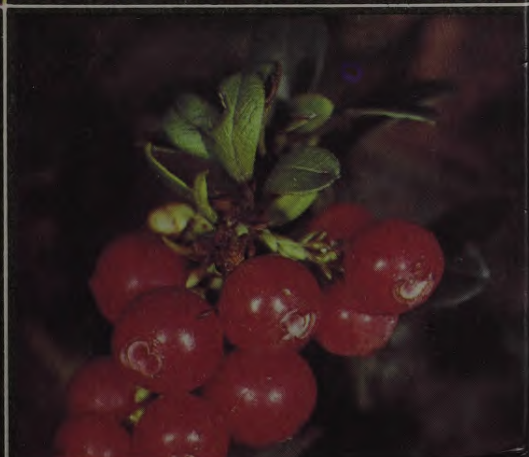


# BIO- LOGIJAS

rokasgrāmata





SĒNES  
50000 sugu,  
5 nodalījumi

1. Gjotsēnes
2. Aļģsēnes
3. Asku sēnes
4. Bazīdiju sēnes
5. Nepilnīgi pazīstamās sēnes

AUGI  
450000 sugu,  
13 nodalījumi

1. Zeltainās aļģes
2. Kramaļģes
3. Dzeltenszaļās aļģes
4. Eiglēnaļģes
5. Zaļāļģes
6. Mieturaļģes
7. Pirofīti
8. Brūnaļģes
9. Sārtaļģes
10. Ķērpji
11. Sūnaugi
12. Paparžaugi
13. Sēklaugi

DZĪVNIEKI  
2 miljoni sugu,  
20 tipi

- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| 1. Vienšūņi       | 11. Posmtārpi          |
| 2. Plakozoji      | 12. Onihofoři          |
| 3. Sūkļi          | 13. Posmkāji           |
| 4. Zarndobumaiņi  | 14. Gliemji            |
| 5. Ktenoforas     | 15. Vainagtaustekļaiņi |
| 6. Nemertīntārpi  | 16. Pogonofori         |
| 7. Plakantārpi    | 17. Saržokļaiņi        |
| 8. Veltņtārpi     | 18. Adatādaiņi         |
| 9. Snuķgalvjtārpi | 19. Pushordaiņi        |
| 10. Kāšgalvjtārpi | 20. Hordaiņi           |

ZĪLAĻĢES  
BAKTĒRIJAS

VĪRUSI



ΕΙΚΑΡΙΟΤΗ

ΕΙΚΑΡΙΟΤΗ



95-4  
L 50

L  
5

# BIO- LOGIJAS

rokasgrāmata

Sastādītājs V. Egle



ZVAIGZNE ABC



573.6(076)

Bi 664

Latvijas Nacionālā  
BIBLIOTĒKA

~~95-6.632~~  
0305032437

**Autori: A. Ilziņa, A. Krūmiņa, I. Liepa, A. Mauriņš,  
N. Sloka, Č. Tima, Z. Vīksne un E. Vimba**

1. izdevums — 1985
- 2., papildinātais izdevums — 1989
3. izdevums, ar labojumiem — 1995

**Recenzente M. Kušīna**

**Vāku noformējumam izmantoti Māra Kundziņa diapozitīvi**

**Redaktores: I. Kindzule un R. Akmene**



## 1. MĀCIBA PAR ŠONU

---

Šūnas atklāja pēc tam, kad XVII gs. tika izgudrots mikroskops. Pirmo reizi šūnas novēroja 1665. gadā angļu zinātnieks R. Huks, aplūkojot mikroskopā plānu korķa griezumu. Viņa šķatītās struktūras īstenībā bija nedzīvu šūnu celulozes apvalki. Šos apvalkus un to aptvertos dobumus viņš nosauca par šūnām (gr. *kytos*, lat. — *cellula*). Daudzu zinātnieku pētījumi par šūnu uzbūvi noslēdzās ar šūnu teorijas radīšanu. Vācu botāniķis M. Šleidens (1838) un zoologs T. Švāns (1839) uz bagātīga citu zinātnieku un personisko pētījumu pamata pierādīja, ka šūna ir visu dzīvo organismu pamatvienība. Zinātnieku formulētā šūnu teorija uzskatāma par vienu no lielākajiem pagājušā gadsimta atklājumiem bioloģijā.

Svarīgu tēzi šūnu teorijā izvirzīja ievērojamais XIX gs. vācu histologs R. Virhovs, kurš pierādīja, ka jaunas šūnas veidojas, tikai šūnām daloties. Daudzu zinātnieku pētījumos tika noskaidrots, ka šūna ir elementāra dzīva sistēma — dzīvo organismu uzbūves, attīstības un darbības pamatvienība. Tā ir bioloģiski autonoma sistēma, kas patstāvīgi spēj veikt svarīgākās dzīvības funkcijas. Zinātni, kas pēta šūnu uzbūvi, ķīmisko sastāvu un funkcijas, sauc par citoloģiju (gr. *kytos* — šūna, *logos* — mācība).

**No šūnām sastāvošās dzīvības formas.** Dzīvajām sistēmām ir raksturīga noteikta ķīmiskā struktūra. To sastāvā ietilpst 1) nukleīnskābes, kurām ir informācijas, vadības un regulācijas nozīme; 2) olbaltumvielas, no kurām galvenokārt veidotas organismu struktūras; 3) adenozintrifosforskābe (ATF) — galvenais enerģijas donors visām dzīvības funkcijām; 4) lipīdi un ogļhidrāti, kas arī ir dažādu struktūru sastāvdaļa un galvenais enerģijas avots adenozintrifosforskābes sintēzei; 6) neorganiskās vielas, kas var būt saistītas ar dažādiem organismiem savienojumiem un ir izšķīdušas organismu iekšējā vidē un šūnās; 7) ūdens — galvenais šķīdinātājs un organismu iekšējās vides sastāvdaļa.

Raksturīga dzīvo sistēmu pazīme ir vielmaiņa — makromolekulu un dzīvo struktūru nepārtraukta sintēze un atjaunošanās, no ārējās vides uzņemto un daļēji paša organisma vielu ķīmiska šķelšana enerģijas iegūšanai. Dzīvie organismi ir atklātas sistēmas, un tās nevar pastāvēt bez nepārtrauktas vielu un enerģijas



pievadišanas. Sintēzes pārsvars pār vielu šķelšanu nosaka dzīvās masas pieaugumu, organismu vairošanās spēju un iedzimtību.

Dzīvībai raksturīga *pašatjaunošanās* un *pašregulācija*. Dzīvīem organismiem piemīt arī citas tiem raksturīgas īpašības, piemēram, *kairināmība*, t. i., spēja atbildēt uz kairinājumu, *uzbudināmība*, *uzbudinājuma vadītspēja*, *spēja kustēties*.

Visas daudzveidīgās dzīvības formas sastāv no šūnām, kurām principā ir vienāda uzbūve. Šūnu struktūra novērojama kā daudzšūnu organismiem (augiem un dzīvniekiem), tā arī viensūņiem, viensūnas augiem (viensūnas aļģēm u. c.) un baktērijām. Izšķir eikariotu (gr. *ei* — labs, *karion* — kodols) un prokariotu (lat. *pro* — vietā, pirms, gr. *karion* — kodols) šūnas. Uzskata, ka prokarioti evolūcijas procesā radušies pirms eikariotiem. Eikariotu šūnas raksturīgas visiem dzīvniekiem, augstākajiem augiem, sēnēm un aļģēm. Šo organismu šūnām kodolviela ir atdalīta no citoplazmas, tās satur noformētu kodolu. Prokariotiem pieskaita baktērijas, arhebaktērijas, zilaļģes un mikoplazmas. Šo organismu šūnām nav diferencēta kodola, kodolviela izkliedēta citoplazmā (parasti kā gredzenveida DNS molekula). Prokariotu organismiem ir īpatnējas šūnas sienīgas un membrānu struktūras, nav mitohondriju, hloroplastu, lizosomu, Goldži kompleksa un mikrocaurulišu, atšķirīgs ir genoms un nukleotīdu secība nukleīnskābēs, dažādi noris arī vielu sintēze. (Par šīm struktūrām sk. turpmāk.)

Daudzšūnu organismu šūnas diferencējas dažādos veidos, kas morfoloģiski atšķiras cits no cita. Sakarā ar specializāciju šūnas kļūst vienpusīgākas, to funkcijas vairs nav tik daudzveidīgas. Piemēram, aknu šūnas veic funkcijas, kas saistītas ar vielmaiņu, gludo muskuļu šūnas realizē saraušanās funkciju, nervu šūnas — uzbudinājuma vadīšanas funkciju utt.

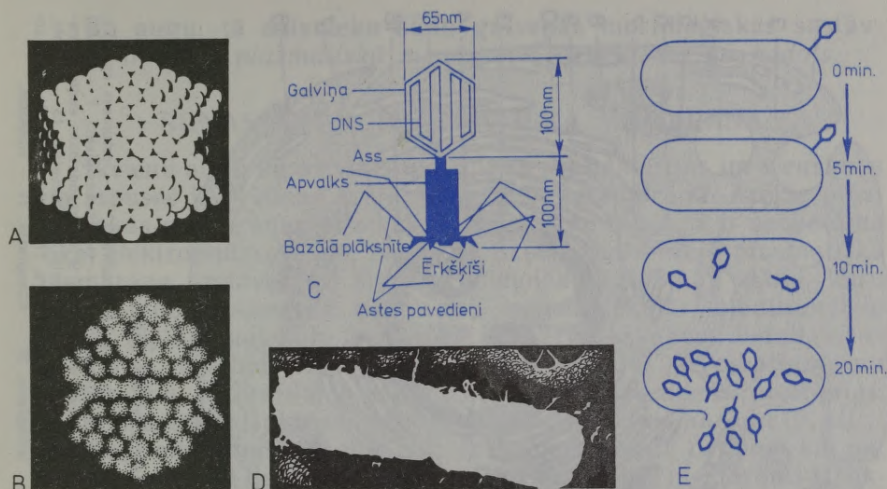
Daudzšūnu organismos sastop struktūras, kam nav visu raksturīgāko šūnas sastāvdaļu. Tie ir *simplasti*, kuru šūnu plazmatiskā membrāna saplūdusi, tāpēc kopējā citoplazmas masā novērojami daudzi kodoli. Tāda simplastiska struktūra, piemēram, ir šķērsvītrotu muskuļu šķiedra, kurā zem kopējās plazmatiskās membrānas var būt ap 100 kodolu. Simplastiska uzbūve ir arī sifonālģēm.

Viensūņi un viensūnas augi sastāv no vienas šūnas, kas reizē ir arī organisms, tāpēc šādām šūnām ir ļoti dažādas funkcijas. Viensūņi ir dzīvnieku valsts pārstāvji ar ļoti daudzveidīgu morfoloģisko uzbūvi un dažādu lielumu (no 2  $\mu\text{m}$  līdz 5 mm).

Zināmā mērā vienkāršotas ir baktēriju šūnas. Tās ir relatīvi mazas (0,2—10  $\mu\text{m}$ ). Baktērijām nav kodola, kodola elementi nav klāti ar apvalku, tāpēc mikroskopā kodolu kā morfoloģisku šūnas struktūru novērot nevar.

**Bezšūnu formas — vīrusi un fāgi.** Vēl mazāki par baktērijām ir vīrusi (0,05—0,25  $\mu\text{m}$ ) un bakteriofāgi — vīrusi, kas inficē baktērijas (0,01—0,10  $\mu\text{m}$ ). Vīrusi pielāgojušies parazitiskam dzīves-





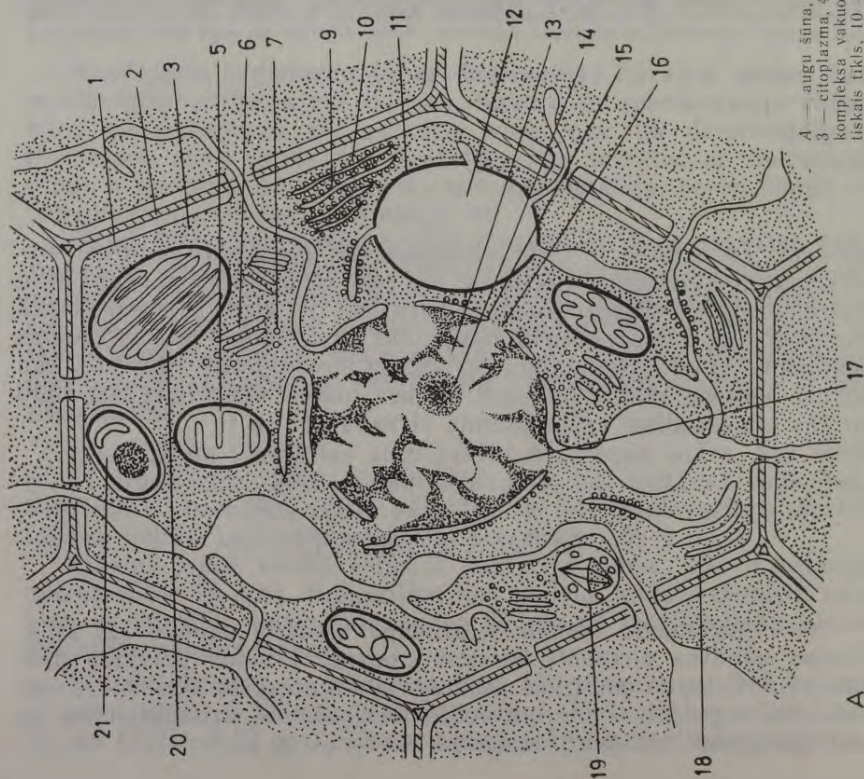
1. att. A — adenovirusa modelis, B — adenovirusa elektronmikroskopiska fotogrāfija (palielinājums 850 000 reizes), C — bakteriofāga T-2 modelis, D — bakteriofāgi uz baktērijas virsmas (palielinājums 850 000 reizes), E — bakteriofāgu vairošanās baktērijā: 5 min pēc bakteriofāga piestiprināšanās baktērijai tā DNS molekula (gēni) iekļūst baktērijā un ieslēdzas baktērijas DNS sastāvā, pēc 10 min jau parādās pirmie no jauna sintezētie bakteriofāgi, bet pēc 20 min baktērijas ķermenis ir pilnīgi piepildīts ar bakteriofāgiem, baktērija pārplīst, vide izkļuvsie bakteriofāgi spēj inficēt citas baktērijas. Līdzīgi, tikai nedaudz komplicētāk, notiek virusu vairošanās cilvēka, dzīvnieku un augu šūnās.

veidam. To uzbūve ir vienkāršojusies, un saglabājušās tikai vis-svarīgākās ķīmiskās struktūras, kas spēj nodrošināt šo organismu vairošanos. Visvienkāršākajiem vīrusiem ir viena nukleīnskābes molekula un olbaltumvielu molekulas, kas sekmē nukleīnskābes iekļūšanu šūnā. Dzīvības norises vīrusā novērojamas tikai tad, kad vīruss iekļuvis saimnieka šūnā. Vīrusa nukleīnskābe piespiež šūnu ar tās organoīdiem ražot jaunus vīrusus (1. att.)

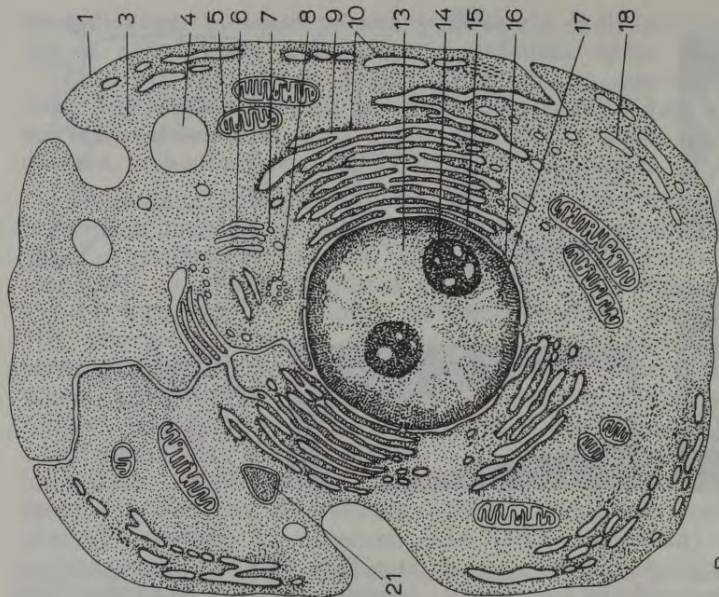
## ŠŪNAS UZBŪVE

Visu organismu šūnām ir principā vienāda uzbūve (2. att.). Šūnas uzbūves elementi kopumā nodrošina visus dzīvības procesus — vielu un enerģijas maiņu, vielu sintēzi un šķelšanos, vairošanos, regulāciju, diferenciāciju, kairināmību, uzbudināmību un uzbudinājuma vadišanu, kustības, sekrēciju u. c.





6



B

2. att. Sūnas uzbūves shema:

A — augu šūna, B — dzīvnieku šūna; 1 — plazmatiska membrāna, 2 — celulozes apvalks, 3 — citoplazma, 4 — pinoctozā vakuola, 5 — mitohondrijs, 6 — Goldži komplekss, 7 — Goldži kompleksa vakuola, 8 — centrāsoma ar divām centriolām, 9 — graudainais endoplazmatiskais tīkls, 10 — ribosomas, 11 — tonoplasts, 12 — vakuola (ar sūnslu), 13 — kodols, 14 — kodoliņš, 15 — kodola apvalks, 16 — kodola apvalka pora, 17 — hromatīns, 18 — gliudaiss endoplazmatiskais tīkls, 19 — leikoplasts, 20 — hloroplasts, 21 — lizosoma.

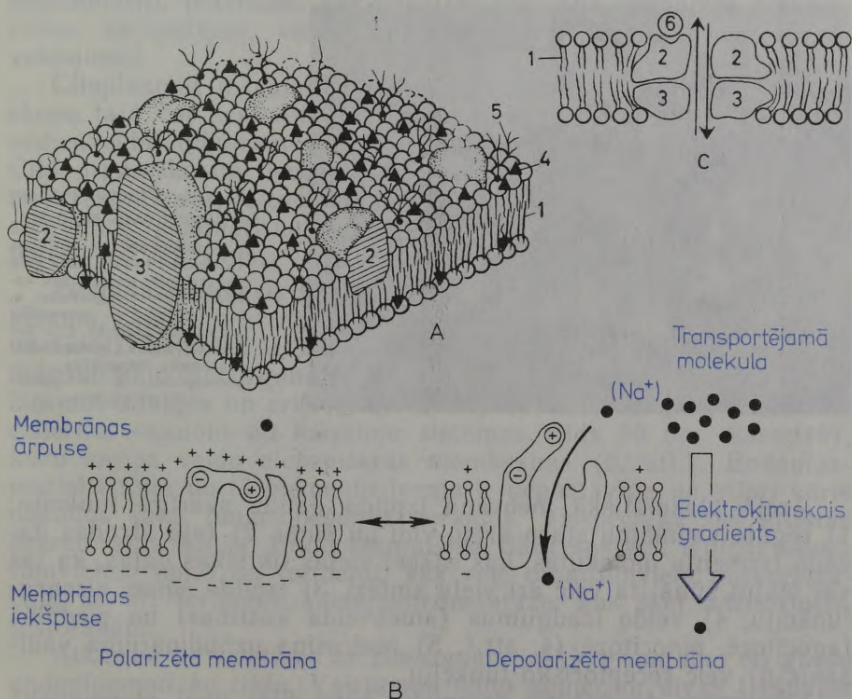


Kā augu, tā dzīvnieku šūnu galvenās morfoloģiskās sastāvdaļas ir *ārējā plazmatiskā membrāna*, *citoplazma* un *kodols*.

### ŠŪNAS ĀRĒJĀ PLAZMATISKĀ MEMBRĀNA

Ikvienam augu un dzīvnieku šūnu, kā arī baktērijas un viensūņus no ārpusē klāj šūnas ārējā plazmatiskā membrāna. Ārējās plazmatiskās membrānas biezums ir ap 7,5 nm, tāpēc tā ir saskatāma tikai elektronmikroskopā. Nedzīvu, fiksētu šūnu ārējā plazmatiskā membrāna sastāv no 3 slāņiem: bimolekulāra lipīdu slāņa, kuru sedz 2 (no ārpusē un iekšpusē) monomolekulāri olbaltumvielu slāņi. Lipīdu molekulu hidroforie gali (tauskābes) vērsti viens pret otru, bet hidrofilie gali (glicerīns) saistās ar olbaltumvielu molekulām. Hidrofilajos slāņos izvietojas arī ūdens molekulas. Šādu trīs slāņu struktūru apzīmē par *elementāro membrānu* (3. att.).

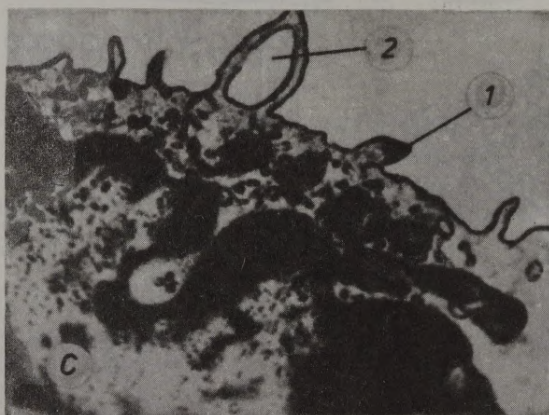
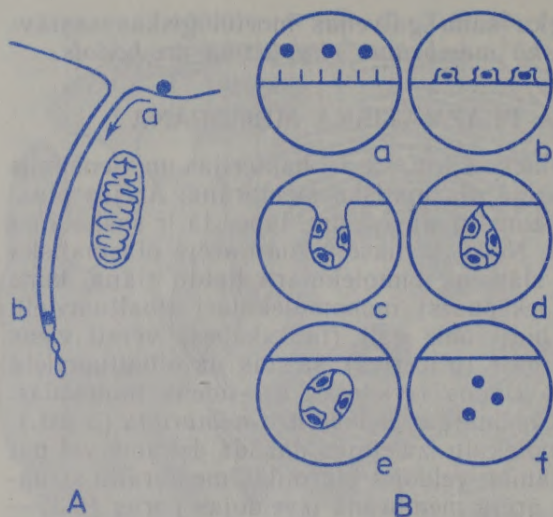
Daļa olbaltumvielu molekulu izvietojas dažādā dziļumā vai pat pilnīgi iet cauri lipīdu slānim, veidojot hidrofilās membrānu struktūras (3. att. A). Šūnas ārējā membrānā izveidojas poras (0,35—0,8 nm diametrā), caur kurām šūnā var iekļūt ūdens, dažādi joni un arī sīkas organisko vielu molekulas (3. att. B).



3. att. Ārējās plazmatiskās membrānas uzbūve:

A — membrānas šķidrums mozaikas struktūras modelis, B — jonu kanāla atvēršanās, depolarizējošas membrānai; cauri šādai porai joni parvieto atbilstoši to elektrokīmiskajam gradientam.





4. att. Pinocitozes un fagocitozes shēma:

A — pinocitoze, vielas daļiņa (a) iekļūst kanālā, kura galā (b) veidojas pinocitozās vakuolas, B — fagocitoze; a, b, c, d, e, f — turpmākās fagocitozes stadijas, C — leikocīta malas elektronmikroskopiska fotogrāfija, 1 — pseidopodija, 2 — pinocitozais pūslītis.

Ārējā plazmatiskā membrāna izpilda daudz svarīgu funkciju: 1) regulē vielmaiņu starp ārējo vidi un šūnu, 2) tajā atrodas dažādu fermentu molekulas, kas sašķel vielas tik sīkās daļās, ka tās var iekļūt šūnā; tā veic arī vielu sintēzi, 3) izpilda šūnas aizsargfunkciju, 4) veido izaugumus (amēbveida kustības) un piedalās fagocitozē, pinocitozē (4. att.), 5) nodrošina uzbudinājuma vadīšanu, 6) veic receptorisko funkciju.

Vairumam daudzšūnu dzīvnieku šūnu klāj tikai plazmatiskā membrāna, tāpēc mikroskopā šūnu robežas nav saskatāmas (gaismas mikroskopa izšķiršanas spēja ir  $0,2 \mu\text{m}$ , t. i.,  $200 \text{ nm}$ , bet membrānas biezums ir tikai  $7,5 \text{ nm}$ ).

Dažos gadījumos šūnu robežas ir labi redzamas. Epitēlijaudu šūnu ārējā membrāna veido daudz kroku un izaugumu, kas saista šūnas un palielina šūnu savienojumu izturību. Nervu šūnu garos izaugumus klāj daudzas cita citai pieguļošas membrānas. Līdzīgi veidots arī vienšūņu apvalks.

Augu šūnām virs ārējās plazmatiskās membrānas izveidojas biezs (0,5—1,0  $\mu\text{m}$ ) šūnapvalks, kas sastāv no celulozes, lignīna, pektīnvielām un vaska (sk. 2. att. A).

## CITOPLAZMA, ŠŪNAS ORGANOĪDI UN IESLĒGUMI

**Citoplazma** ir šūnas iekšējā pusšķidrā vide, kurā atrodas kodols, visi šūnas organoīdi, ieslēgumi un vakuolas. Tā sastāv no ūdens, dažādām organiskām vielām (olbaltumvielām, lipīdiem, ogļhidrātiem) un neorganiskām vielām.

Citoplazmā atrodas šūnas galvenie organoīdi — endoplazmatiskais tīkls, ribosomas, Goldži komplekss, lizosomas, centrosoma, mitohondriji, plastīdas, vakuolas un speciālie organoīdi (miofibrillas, skropstiņas, vicas, mikrobārkstiņas, dažādi receptoriski veidojumi).

Citoplazmai ir smalkgraudaina struktūra. Ar elektronmikroskopu tajā var saskatīt globulāras (lodveida) un fibrilāras (pavedienveida) olbaltumvielu molekulas un mikrocaurulišu sistēmas. Citu organisko un neorganisko vielu sīkās molekulas citoplazmā nav saskatāmas. Citoplazma saista visus šūnas organoīdus, ieslēgumus, plazmatisko membrānu un kodolu vienā veselā sistēmā — dzīvā šūnā.

**Endoplazmatiskais (citoplazmatiskais) tīkls** caurauž visu citoplazmu, saistoties ar šūnu plazmatisko membrānu, kodola apvalku un Goldži kompleksu, bet augu šūnās arī ar citu šūnu endoplazmatisko tīklu. Šis organoīds atrodas visās augu un dzīvnieku šūnās, izņemot zilaļģes un eritrocītus. Endoplazmatiskais tīkls sastāv no cisternu, vakuolu un kanāliņu sistēmas (līdz 50 nm diametrā), kuru sienas veido elementārās membrānas (5. att.). Endoplazmatiskā tīkla un tā elementu forma ir nepastāvīga un stipri variē dažādos šūnu funkcionēšanas periodos. Vispēcīgāk tas attīstās sekretorajās šūnās. Endoplazmatiskā tīkla sastāvā ietilpst olbaltumvielas, lipīdi un fermenti, kas veic olbaltumvielu polimerizāciju, kā arī ferments adenozintrifosfatāze, kas šķel adenozintrifosforskābi.

Atkarībā no saistības ar ribosomām izšķir *graudaino* un *gludo endoplazmatisko tīklu*. Vairumam šūnu apmēram divas trešdaļas endoplazmatiskā tīkla klātas ar ribosomām — blīviem, sikiem ķermenīšiem, tāpēc šis tīkls izskatās graudains.

Gludo endoplazmatisko tīklu veido kanāliņi, kuru sienās šūna sintezē nepieciešamos lipīdus un ogļhidrātus.





5. att. Šūnas vakuolārās sistēmas un kodola telpiska shēma:

1 — graudainā endoplazmatiskā tīkla cisternās ar ribosomām uz ārējās virsmas, 2 — gluda endoplazmatiskā tīkla kanāliņi, 3 — kodola apvalka poras, 4 — hromatina pavedieni kodolā, 5 — brīvās ribosomas, 6 — Goldži komplekss, 7 — mitohondrijs.

**Ribosomas** ir ļoti sīki (10—35 nm diametrā) organoīdi. Tās atrodas uz endoplazmatiskā tīkla un kodola ārējās virsmas, kā arī brīvi citoplazmā (2., 5. att.). Ribosomas ir obligāts organoīds visās šūnās. Tās sastāv no olbaltumvielām un ribonukleīnskābēm (RNS). Ribosomās notiek olbaltumvielu sintēze no citoplazmā esošajām aminoskābēm. Sintezētās olbaltumvielas iekļūst endoplazmatiskā tīkla dobumos, pa kuriem tās tiek transportētas uz Goldži kompleksu.

**Goldži (lamellozais) komplekss** ir samērā liels šūnas organoīds, kuru, tāpat kā mitohondrijus un centrosomu, var saskatīt gaismas mikroskopā (5. att.). Goldži komplekss atrodas visās augu un dzīvnieku šūnās. Tas sastāv no cisternām, ko saista sarežģīta caurulišu sistēma, un no maziem un lieliem pūslīšiem, kuri atrodas caurulišu ārējos galos. Pūslīšu diametrs var būt no 30—60 nm līdz 0,2—0,3  $\mu\text{m}$  (200—300 nm; 6. att. B). Goldži kompleksa lielums un forma variē.

Goldži kompleksa struktūras sastāv no fosfolipīdiem un olbaltumvielām. Tajā atrodas fermenti, kas piedalās ogļhidrātu un lipīdu sintēzē. Pa endoplazmatiskā tīkla kanāliem Goldži kompleksā ieplūst šūnā sintezētās vielas. Pēc tam no cisternām tās noriešas lielākos vai mazākos pūslīšos (vakuolās). Pūslīši ir pildīti ar sekrētu, kas satur olbaltumvielas, taukus, ogļhidrātus. Izvadot pūslīšu saturu sekrēcijas procesā ārpus šūnas, to membrāna saplūst ar ārējo plazmatisko membrānu. Tādā veidā no Goldži kompleksa membrānām var papildināties šūnas plazmatiskā membrāna.

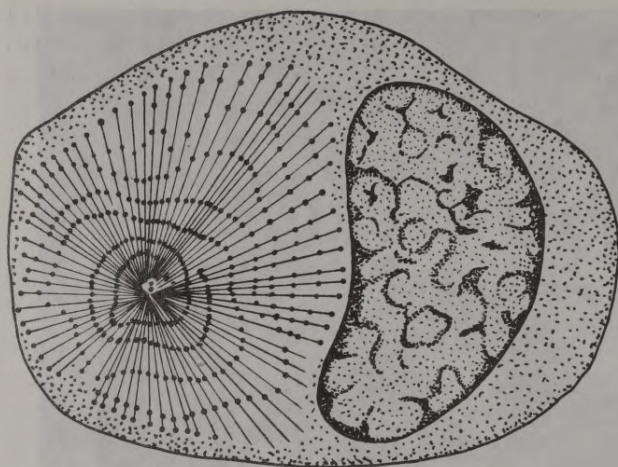


6. att. Goldži komplekss:

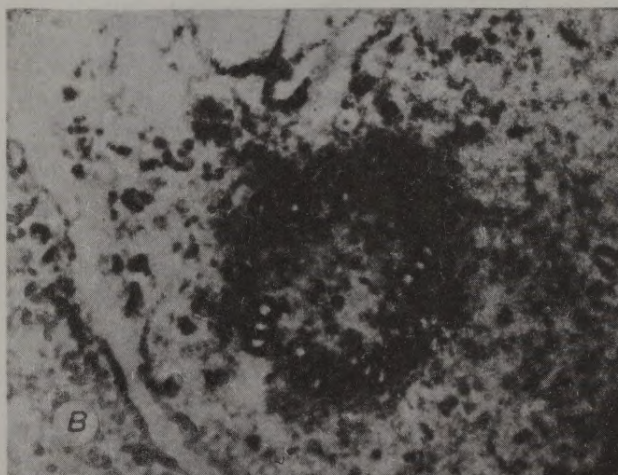
A — spinālā ganglija nervu šūnas, 1 — kodols, 2 — citoplazma, 3 — Goldži komplekss; B — dzīvnieku šūnas Goldži kompleksa elektronmikroskopiska fotogrāfija.

**Lizosomas** ir ieapaļi ķermeņi, kas pēc lieluma līdzīgi mitohondrijiem (0,4—1,0  $\mu\text{m}$  diametrā). Tās klātas ar vienu elementāro membrānu (sk. 2. att.). Lizosomās atrodas hidrolītiskie fermenti, kas spēj sašķelt nukleīnskābes un olbaltumvielas (ogļhidrāti un lipīdi tiek šķelti mitohondrijos). Tādējādi lizosomas piedalās no





A



B

7. att. Centrosoma:

A — salamandras spermatogonijā; centrā divas centriolas, ko ietver centrosfēra un starainā sfēra, B — centriolas šķersgriezums (elektronmikroskopiska fotogrāfija).

ārpuses iekļuvušo vielu (svešķermeņu, barības piciņu) un nevajadzīgu, nolietotu pašas šūnas komponentu ķīmiskā šķelšanā. Lizosomu fermenti var sašķelt atmirstošās šūnu struktūras un pat veselas šūnas (autolīze), tie piedalās atmirstošu orgānu (kurkuļa ašes) resorbcijā.

**Centrosoma (šūnas centrs)** atrodas visās daudzšūnu dzīvnieku un viensūņu šūnās, kā arī zemāko augu (piemēram, aļģu, sēņu) šūnās (7. att.). Tā ir labi saskatāma gaismas mikroskopā, tādēļ centrosomu jau 1875. gadā atklāja neitrofilo granulocītu centrā.

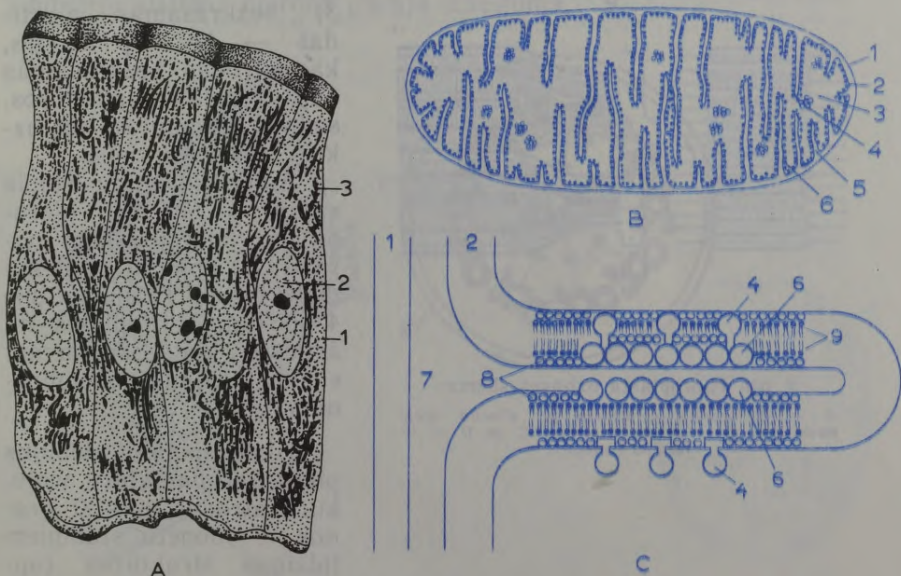
Centrosoma sastāv no divām (mitozes laikā no diviem pāriem) 1  $\mu\text{m}$  garām cilindrvēdīgām centriolām, kuru diametrs ir 0,1—0,2

$\mu\text{m}$ . Centriolas sienīnā redzamas 9 mikrocaurulišu grupas: katrā grupā ir pa 3 mikrocaurulītēm. Apkārt centriolām atrodas centrosfēra — homogēnas citoplazmas slānis. Šūnu mitotiskās dalīšanās (sk. «Mitoze») laikā no mikrocaurulītēm apkārt centriolām veidojas staraina sfēra. Pēc tam centriolas pārvietojas uz šūnas poliem, un starp tām veidojas dalīšanās vārpsta, pie kuras velkošajiem jeb hromosomālajiem pavedieniem piestiprinās hromosomas. Centrosomu funkcija šūnā ir saistīta ar hromosomu pusīšu (hromatīdu) atvilkšanu uz poliem un sadalīšanu pa meitšūnām.

**Mitochondriji** ir obligāts šūnu organoīds visās šūnās. To diametrs —  $0,2\text{--}1\ \mu\text{m}$ , garums — līdz  $7\ \mu\text{m}$ . Mitochondriju forma var būt apaļa, ovāla, nūjiņveida, pavedienveida (8. att.).

Šūnā var būt no 1 (aļģēm, dažiem viencelšiem) līdz 1000 (somatiskās šūnās) un pat līdz 500 000 (gigantiskajai amēbai) mitochondriju. Mitochondriju sienīna sastāv no divām elementārām membrānām. Ārējā membrāna ir gluda, bet iekšējā membrāna veido krokas, izaugumus, ko sauc par *kristām*. Mitochondrijos ir daudz fermentu, kas piedalās ogļhidrātu un citu bezslāpekļa vielu, piemēram, taukskābju, dezaminētu aminoskābju šķelšanā, tātad mitochondrijos notiek šūnu elpošana.

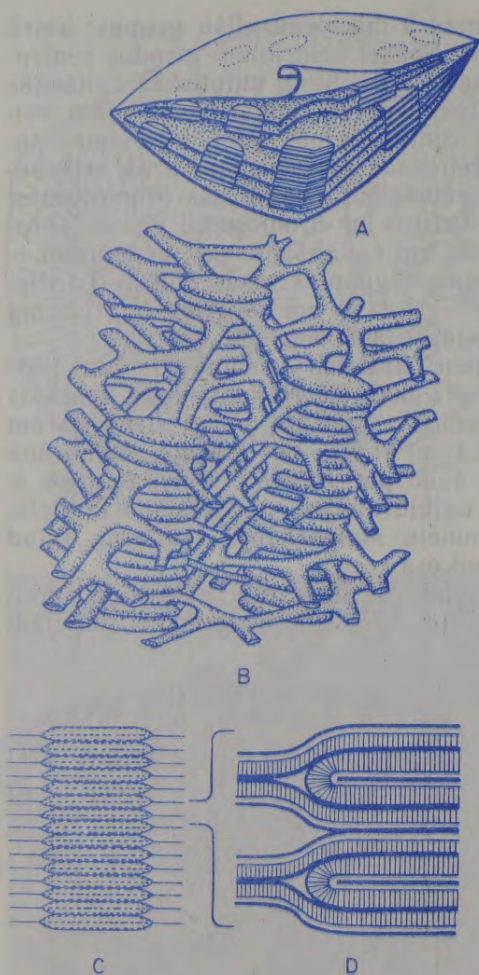
Mitochondriju kristās izvietotas arī elektronu pārnēsēju (citolhromi, flavoproteīdi u. c.) ķēdes un ATF sintēzes fermenti. Tādējādi



8. att. Mitochondriji:

A — žurkas zarnu epitēlija šūnas, 1 — citoplazma, 2 — kodols, 3 — mitochondriji; B — mitochondrija garengriezums; C — mitochondrija ārējā membrāna un krista, 1 — ārējā membrāna, 2 — iekšējā membrāna, 3 — matrice, 4 — mitochondriālās granulas (ATF sintēzes fermentu kompleksi), 5 — krista, 6 — elpošanas ķēdes fermenti, 7 — telpa starp mitochondriju ārējo un iekšējo membrānu, 8 — struktūras olbaltumvielu molekulas, 9 — lipīdu slānis.





9. att. Hloroplasta uzbūves shēma:

A — hloroplasta ceturdaļa ar atlocītu ārējo membrānu, B — granu struktūra, C un D — tilakoidu struktūra.

Tās sastāv no liela skaita plakanu maisiņu — *tilakoidu*, kas atrodas cits uz cita. Granas savā starpā saistās ar īpašām plātnītēm (lamellām) vai caurulītēm, kas kopā veido vienotu sistēmu (9. att.). Granas tilakoida sastāvā bez hlorofila ir arī citas krāsas pigmenti.

oksidatīvās šķelšanās procesā iegūtā enerģija vienlaikus tiek ieslēgta ATF, kas ir universāls enerģijas avots visām šūnu un visa organisma dzīvības norisēm.

**Plastīdas** ir tipiski augu šūnu organoīdi. Izšķir trīs galvenos plastīdu veidus: 1) zaļās plastīdas — hloroplastus, kas satur hlorofilu (ar hlorofila starpniecību zaļie augi, izmantojot saules enerģiju, fotosintēzē sintēzē organiskās vielas — ogļhidrātus); 2) sarkanās, oranžās un dzeltenās plastīdas — hromoplastus, kuri fotosintēzes procesā pastiprina dažāda garuma gaismas viļņu absorbciju; 3) bezkrāsainās plastīdas — leikoplastus, kas atrodas bezkrāsainās augu daļās (stumbros, saknēs, bumbuļos) un uzkrāj rezerves vielas.

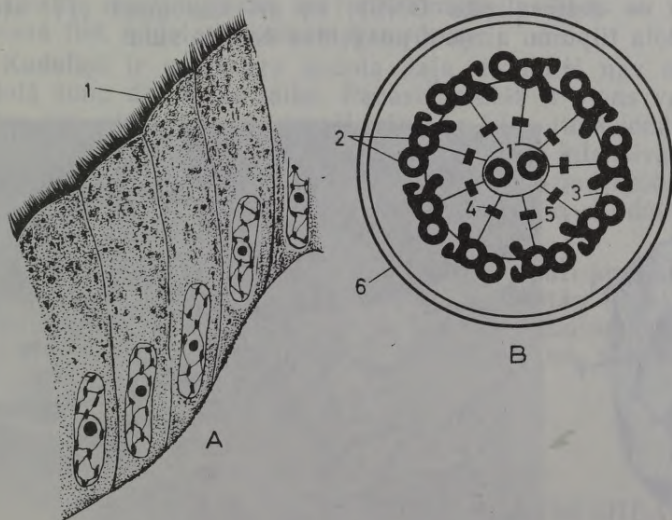
Augstāko augu šūnās vidēji ir 40—60 hloroplastu. Hloroplastiem parasti ir abpusēji izliekta diska forma. To diametrs ir 4—6  $\mu\text{m}$ . Hloroplasts no ārpusē klāts ar divām elementārajām membrānām.

Hloroplasta dobums pildīts ar pusšķidru vielu, kurā atrodas 40—60 *granās* — monētu stabiņiem līdzīgas struktūras (apmēram 1  $\mu\text{m}$  diametrā).

Noteiktos apstākļos plastīdu grupas var pārvērsties cita citā. Tā, piemēram, leukoplasti gaismā pārvēršas hloroplastos (kartupeļu bumbuļi gaismā kļūst zaļi). Arī hromoplasti gaismā spēj pārvērsties hloroplastos. Rudenī, lapām dzeltējot, daļa hloroplastu pārvēršas hromoplastos.

**Vakuolas** ir gan augu, gan dzīvnieku šūnās. Šūnas vakuolāro sistēmu veido endoplazmatiskā tīkla un Goldži kompleksa cisternas un kodola apvalka perinukleārā telpa. Augu šūnās ir lielas vakuolas, kas pildītas ar šūnsulu. *Šūnsula* ir dažādu organisko un neorganisko savienojumu šķīdums ūdenī. Kā augu, tā dzīvnieku šūnās atrodas arī pinocitozās, fagocitozās un Goldži kompleksa vakuolas (pūšļi). Šīs vakuolas klāj elementārā membrāna, un tās pildītas ar kādu šķīdumu — sekrētu, ekskretu (šūnu vielmaiņas galaprodukti) sintezētām olbaltumvielām vai lipīdiem (sk. 2., 4., 6. att.).

**Speciālie organoīdi.** Dažiem šūnu veidiem specifisko funkciju veikšanai izveidojušies speciāli organoīdi (10. att.). Muskuļu šķiedrām tādi organoīdi ir miofibrillas, skropstiņepitēlijam — skropstiņas, spermatozoidiem — vicas, viēnšūņiem (dzelšporaiņiem) — dzelzkapsulas, zarnu epitēlijšūnām — mikrobārkstiņas, dažādu maņu orgānu receptoršūnām (fotoreceptoru, fonoreceptoru, statoreceptoru) — uztverošās struktūras. Neurofibrillas, ko agrāk uzskatīja par speciālu organoīdu, pēc pašreizējā uzskata, ir mikrocaurulišu sistēma neirona garajā izaugumā.



10. att. Šūnu speciālie organoīdi:

A — skropstiņepitēlija šūnu skropstiņas (1), B — skropstiņas šķēsgriezuma shēma, 1 — centrālās fibrillas, 2 — arejās fibrillas, 3 — arejo fibrillu savienojums, 4 — gareniskās fibrillas, 5 — radīālās fibrillas, 6 — membrāna.



**Ieslēgumi.** Šūnu citoplazmā bez organoīdiem var būt arī nepastāvīgi veidojumi — ieslēgumi, kas rodas vai izzūd, šūnai funkcionējot. Ieslēgumi ir šūnu metabolisma produkti. Pēc funkcionālās nozīmes tie var būt 1) *barības rezerves* (tauku pilieni, cietes vai glikogēna graudi, olbaltumvielu granulas); 2) *pigmenti* (melanīns, hemoglobīns, retinīns, lipofuscīns, lipohromi); 3) *sekrēti* (olbaltumvielas, polisaharīdi, lipīdi); 4) *dažādi vielmaiņas produkti* (ēteriskās eļļas, kā arī holesterīna, kalcija oksalāta, antociāna kristāli — augu sārtā, zilā vai violetā krāsvielā).

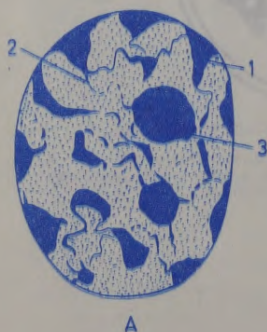
## KODOLS

Kodols ir visās augu un dzīvnieku šūnās kā obligāta šūnas sastāvdaļa. Baktērijām un zilaļģēm nav izveidota kodola, tām kodolviela atrodas citoplazmā. Kodolviela ir arī vīrusos.

Parasti katrā šūnā ir viens kodols, bet dažos orgānos (aknās, nierēs) var būt divkodolu šūnas. Daudzkodolu kaulu šūnas, piemēram, ir osteoklasti. Šķērsvītrotu muskuļu šķiedras ir simplastiski veidojumi, kuros var būt ap simts kodolu.

Kodolu lielums vidēji ir 2—10  $\mu\text{m}$ . To forma var būt apaļa, ovāla, nūjiņveida, diegveida, pakavveida, pupveida, segmentveida.

Apskatot fiksētus un krāsotus histoloģiskus preparātus gaismas mikroskopā, kodolā var izšķirt *kodola apvalku*, *sīkgraudainu hromatīnu* (kondensēta — spiralizēta DNS) un *hromatīna tiklu* (dekondensēta — despiralizēta DNS), kā arī *kodoliņus* (11. att.). Pārējo kodola tilpumu aizņem pusšķidra *kodola sula*.



11. att. Kodols:

A — šūnas kodols gaismas mikroskopā, 1 — hromatīna graudiņi, 2 — hromatīna tikls, 3 — kodoliņš;  
B — poras (1) sipola saknes šūnas kodola apvalkā.

**Kodola apvalks** veidots no divām elementārajām membrānām, starp kurām ir sprauga — perinukleārā telpa (sk. 2. att.). Perinukleārās telpas platums ir 10—100 nm. Perinukleārā telpa saistīta ar endoplazmatisko tīklu un ietilpst šūnas vakuolārajā sistēmā. Kodola apvalkā ir ļoti daudz poru (sk. 4., 10. att.), vidēji 20—30 nm diametrā. Caur porām, kas daļēji noslēgtas ar olbaltumvielām, var notikt vielu apmaiņa starp kodolu un citoplazmu.

**Kodola sulas** sastāvā ietilpst ūdens, olbaltumvielas, lipīdi, fermenti, kas piedalās kodola olbaltumvielu un nukleīnskābju sintēzē, kā arī minerālvielas. Kodola sula, tāpat kā citoplazma, ir sarežģīta koloidāla sistēma, kurā atrodas arī cietas daļiņas — hromatīns un kodoliņi.

**Hromatīns** ir vissvarīgākā kodola struktūra. Tā sastāv no saļiktām olbaltumvielām — nukleoproteīdiem.

Dzīvos organismos atrodas divu tipu nukleīnskābes — dezoksiribonukleīnskābe (DNS) un ribonukleīnskābe (RNS). Kodola hromatīns un hromatīna tīkls veidots no dezoksiribonukleoproteīdiem (DNP), bet kodoliņš un kodola sulā esošās ribosomas — no ribonukleoproteīdiem (RNP; sk. «Olbaltumvielas»).

Šūnu mitotiskās dalīšanās laikā hromatīns un hromatīna tīkls (DNP) kondensējoties veido dažāda garuma un formas cilindiskus veidojumus — hromosomas (sk. 20. att.). Katras sugas organismu šūnām ir noteikts hromosomu skaits. Hromosomu dezoksiribonukleīnskābē iekļauta iedzimtības informācija, kas nosaka organisma morfoloģiskās un funkcionālās īpašības un vairošanās procesā tiek nodota nākamām paaudzēm.

**Kodoliņš** ir pastāvīga kodola daļa. Kodoliņi nav novērojami kodolā šūnu dalīšanās laikā. Parasti kodolā ir viens vai divi kodoliņi (11. att.). To lielums atkarīgs no šūnu funkcionālās aktivitātes. Lielī kodoliņi ir šūnās, kurām raksturīga intensīva olbaltumvielu sintēze. Tādas ir embrionālās šūnas, dziedzeršūnas, oocīti (olšūnu attīstības stadija), nervu šūnas u. c. Kodoliņi parasti ir apaļi.

Kodoliņš saistīts ar noteiktu hromosomu pāri kodoliņa organizatora rajonā. No šī DNS fragmenta norakstās RNS struktūra. Pievienojoties olbaltumvielām, izveidojas ribosomas. Kodoliņa funkcija ir ribosomu veidošana, uzkrāšana un pakāpeniska izvadišana citoplazmā.

## AUGU UN DZĪVNIEKU ŠŪNU UZBŪVES LĪDZĪBA UN ATŠKIRĪBAS

Kā augu, tā dzīvnieku šūnu uzbūve ir visumā vienāda, līdzīgas ir arī šo organismu vispārējās funkcijas. Augu un dzīvnieku šūnu uzbūves salīdzinājums dots 1. tabulā.



## Augu un dzīvnieku šūnu uzbūves salīdzinājums

| Šūnas struktūras        | Augu šūnā             | Dzīvnieku šūnā |
|-------------------------|-----------------------|----------------|
| Plazmatiskā membrāna    | +                     | +              |
| Celulozes apvalks       | +                     | —              |
| Endoplazmatiskais tīkls | +                     | +              |
| Ribosomas               | +                     | +              |
| Goldži komplekss        | +                     | +              |
| Lizosomas               | +                     | +              |
| Centrosoma              | —                     | +              |
|                         | (augstāko augu šūnām) |                |
| Mitohondriji            | +                     | +              |
| Plastidas               | +                     | —              |
| Vakuolas, funkcionālās  | +                     | +              |
| Vakuolas ar šūnsulu     | +                     | —              |
| Kodols                  | +                     | +              |
| Apzīmējumi:             |                       |                |
| + — struktūra ir,       |                       |                |
| — — struktūras nav.     |                       |                |

## ŠŪNAS ĶĪMISKAIS SASTĀVS

Šūnu dzīvījam saturam ir sarežģīta ķīmiskā un fizikāli ķīmiskā uzbūve. Par visbūtiskāko šūnas ķīmisko savienojumu jāuzskata *nukleīnskābes*. Pēc daudzuma šūnu galveno sausas daļas veido *olbaltumvielas*, kurām ir struktūras, t. i., būvmateriāla nozīme. Trešā svarīgākā organisko vielu grupa šūnā ir *makroenerģētiskie savienojumi*, sevišķi ATF. Šūnas sastāvā ietilpst arī lipīdi, ogļhidrāti, minerālvielas un ūdens, kas ir universāls šķīdinātājs.

Šūnu elementārā sastāva galveno masu (98%) veido četri organogēnie elementi: *ogleklis, skābeklis, ūdeņradis un slāpeklis*.

Otrajā grupā ietilpst *makroelementi*, kas šūnā ir relatīvi lielā daudzumā (desmitdaļas un simtdaļas procenta no kopējās šūnu masas), — kālijs, sērs, fosfors, hlors, magnijs, nātrijs, kalcījs un dzelzs.

Trešajā grupā ietilpst *mikroelementi* — cinks, varš, jods, fluors u. c., kuru daudzums šūnā ir ļoti mazs — 0,0001—0,0003% (2. tabula).

## Šūnas elementārais sastāvs

| Elementi                          | Saturs no šūnas<br>kopejās masas,<br>% | Galvenā funkcionālā nozīme dzīvos<br>organismos                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                 | 2                                      | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <i>Organo-</i><br><i>gēnie:</i>   |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C                                 | 15—18                                  | Ietilpst visu dzīvo organismu, organisko vielu un<br>ūdens sastāvā, tāpēc kopā sastāda līdz 98% no<br>šūnu kopejās masas                                                                                                                                                                                                                                      |
| O                                 | 65—75                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| H                                 | 8—10                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| N                                 | 1,5—30                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <i>Makro-</i><br><i>elementi:</i> |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| K                                 | 0,15—0,40                              | Kopā ar $\text{Na}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ ,<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ joniem piedalās šūnu membrānas po-<br>tenciāla radīšanā, uzbudinājuma vadišanā, no-<br>saka šūnas osmotiskās īpašības                                                                                     |
| S                                 | 0,15—0,20                              | Ietilpst vairākās aminoskābēs, kas ir daudzu<br>olbaltumvielu sastāvdaļas                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| P                                 | 0,20—1,00                              | Kā fosforskābes sastāvdaļa ietilpst nukleīnskābju,<br>ATF, daudzu olbaltumvielu, lipīdu, kā arī<br>kaulaudu u. c. struktūru sastāvā                                                                                                                                                                                                                           |
| Cl                                | 0,05—0,10                              | Kopā ar $\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ ,<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ joniem piedalās šūnu membrānas po-<br>tenciāla radīšanā, uzbudinājuma vadišanā, no-<br>saka šūnas osmotiskās īpašības                                                                                      |
| Mg                                | 0,02—0,03                              | Ietilpst hlorofila sastāvā, tāpēc tam ir sevišķi sva-<br>rīga nozīme fotosintēzes procesā, organisko<br>vielu sintēzē un skābekļa veidošanā uz Zemes                                                                                                                                                                                                          |
| Na                                | 0,02—0,03                              | Kopā ar $\text{K}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ ,<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ joniem piedalās šūnu membrānas po-<br>tenciāla radīšanā, uzbudinājuma vadišanā, no-<br>saka šūnas osmotiskās īpašības                                                                                      |
| Ca                                | 0,04—2,00                              | Kopā ar $\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ ,<br>$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ joniem piedalās šūnu membrānas po-<br>tenciāla radīšanā, uzbudinājuma vadišanā,<br>muskulu saraušanās procesā, nosaka šūnas<br>osmotiskās īpašības, ir svarīga kaulu sastāv-<br>daļa, regulē asins sarecēšanu |
| Fe                                | 0,01—0,015                             | Ietilpst hemoglobīna sastāvā, piedalās augstāko<br>organismu un to šūnu apgādē ar skābekli                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <i>Mikro-</i><br><i>elementi:</i> |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Zn                                | 0,0003                                 | Ietilpst svarīga elpošanas fermenta (karboanhid-<br>rāzes) sastāvā                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Cu                                | 0,0002                                 | Ietilpst dažu bezmugurkaulnieku elpošanas pig-<br>mentu sastāvā                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| I                                 | 0,0001                                 | Ietilpst vairogdziedzera hormona tiroksīna sastāvā                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| F                                 | 0,0001                                 | Ietilpst zobu emaljas sastāvā                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Co                                |                                        | Ietilpst $\text{B}_{12}$ vitamīna un kopā ar to dažu fermentu<br>(dehidrogenāžu) sastāvā                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Br                                |                                        | Koncentrējas dažos smadzeņu centros miega laikā                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



Noteikta funkcionālā nozīme ir Mn, Al, Va, Si, Mo, Sr, Ni, kuri šūnās ir necīgā daudzumā.

Šūnās pavisam konstatēti 60 Mendeļejeva periodiskās sistēmas elementi. No minētajiem elementiem sastāv visas šūnu neorganiskās un organiskās vielas (3. tabula).

3. tabula

Šūnas ķīmisko savienojumu saturs

| Ķīmiskie savienojumi                    | Saturs no šūnas kopējās masas, % |
|-----------------------------------------|----------------------------------|
| Ūdens                                   | 75,0—85,0                        |
| Neorganiskās vielas                     | 1,0—1,5                          |
| Ogļhidrāti                              | 0,2—2,0                          |
| Lipīdi                                  | 1,0—5,0                          |
| Olbaltumvielas                          | 1,0—5,0                          |
| Nukleīnskābes                           | 10,0—20,0                        |
| ATF un mazmolekulāras organiskās vielas | 0,1—0,5                          |

## ŪDENS UN NEORGANISKĀS VIELAS

**Ūdens** sastāda šūnas galveno masu — vidēji 80%, bet audos, kuros vielmaiņa ir intensīva, šūnas var saturēt līdz 85% (smadzeņu šūnas) vai pat 95% un vairāk ūdens (embrija šūnas, acs stiklveida ķermenis, tomātu, gurķu šūnas). Mazaktīvu audu šūnās (zobu dentinā, sausos labības graudos) ūdens ir maz — 10—15%.

Ūdens nozīme šūnā ir visai daudzveidīga. Ūdens nosaka šūnas fizikālās īpašības: tilpumu, plastiskumu, turgoru, šūnas osmotiskās un koloidālās īpašības. Tas ir galvenais šķīdinātājs, vide, kurā notiek gandrīz visas fermentatīvās reakcijas. Ar ūdens starpniecību no šūnas (arī no organisma) tiek izvadīti vielmaiņas galaprodukti. Ūdens piedalās siltuma sadalē un izvadīšanā no šūnas, jo tam ir liela siltuma kapacitāte.

**Minerālvielas** šūnā atrodas izšķīdušā stāvoklī, tomēr atsevišķos gadījumos starpšūnu viela var būt cieta, jo tajā daudz minerālvielu (kauli, gliemežvāki). Daļa neorganisko vielu ietilpst šūnu struktūru uzbūvē (sk. 2. tabulu).

No katjoniem svarīgākie šūnās ir  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , bet no anjoniem —  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Nozīmīga ir pozitīvo un negatīvo jonu attiecība ārpus šūnas membrānas (+) un šūnas iekšpusē (—). Jonu izvietojums nosaka šūnas polaritāti, kairināmību un spēju nonākt uzbudinājuma stāvoklī, kā arī specifiski reaģēt uz kairinājumu (nervu šūnām, dziedzeršūnām un muskuļu šķiedrām).

## OGĻHIDRĀTI UN LIPIDI

**Ogļhidrāti** augu un dzīvnieku šūnu dzīvās daļas sastāvā ir nelielā daudzumā — 0,2—2%, bet augu šūnu celulozes apvalki (koksne) veidoti gandrīz tikai no ogļhidrātiem.

No vienkāršajiem ogļhidrātiem jeb monosaharīdiem šūnās ir *triozes*, *pentozes* un *heksozes*, t. i., ogļhidrāti ar 3, 5 un 6 oglekļa atomiem. Triozes šūnā rodas glikolīzes anaerobajā fāzē kā starpprodukts (pirovīnogskābe, pienskābe). Pentozes (riboze un dezoksiriboze) ietilpst RNS, DNS, kā arī ATF un citu makroenerģētisko savienojumu sastāvā. Heksozēm (glikozei, fruktozei, galaktozei u. c.) galvenokārt ir enerģētiska nozīme. Glikoze bez tam ir arī nozīmīgs šūnas struktūras elements — tā ietilpst glikoproteīdu sastāvā, kuriem ir svarīga regulējoša nozīme šūnā.

Šūnās atrodas arī polisaharīdi: *glikogēns* — dzīvnieku šūnās, *ciete* un *celuloze* — augu šūnās.

Ciete un glikogēns ir šūnu barības rezerves, kuras sašķeļot veidojas glikoze. Glikozes šķelšanās procesā šūna iegūst dzīvības procesiem nepieciešamo enerģiju. Sašķeļoties 1 g glikozes, organisms iegūst 16,8 kJ enerģijas.

Augu šūnapvalkus veido *celuloze*.

**Lipīdi** ietilpst ikvienas šūnas membrānas struktūras sastāvā. Tauki ir glicerīna un taukskābju esteri. Organismā tie var uzkrāties kā enerģijas rezerve, piemēram, dzīvniekiem — zemādas tauki, tauki ap iekšējiem orgāniem, piena tauki. Daudz tauku ir augu (saulgriežu, kaņepju, lazdu) sēklās un augļos. Noārdoties taukiem, rodas daudz enerģijas — no 1 g tauku 39,1 kJ.

Tauki izpilda arī aizsargfunkciju. Biezā slānī kā slikti siltuma vadītāji tauki aizsargā dziļāk esošos orgānus no siltuma zuduma un mehāniskiem triecieniem.

Bez taukiem dažādu šūnu (īpaši nervaudu) struktūru sastāvā ietilpst arī taukiem līdzīgas vielas — lipoīdi (fosfatīdi, sterīdi u. c.). Pie šīs grupas pieder *holesterīns*, kas tiek izmantots dzimumhormonu, virsnieru garozas hormonu un citu bioloģiski aktīvu vielu sintēzei.

## OLBALTUMVIELAS

Olbaltumvielas sastāda šūnu sausnas galveno daļu (50—60%). Tām ir samērā pastāvīgs elementārais sastāvs: 50% oglekļa, 22—23% skābekļa, ap 16% slāpekļa, ap 7% ūdeņraža, 1—2% sēra. Dažās olbaltumvielās ir arī fosfors.

Olbaltumvielās ir raksturīga polimēru struktūra, ko veido līdz 20 dažādas aminoskābes (saistītas ar peptīdsaiti), kas sakārtotas noteiktā neperiodiskā secībā. Vienā olbaltumvielas molekulā var būt dažāds aminoskābju molekulu skaits (vidēji ap 300), bet



molekulmasa var būt no dažiem tūkstošiem līdz 2—3 miljoniem. Šādas milzīgas molekulas sauc par *makromolekulām* (*micellām*).

Olbaltumvielu īpašības nosaka aminoskābju sastāvs un to secība.

Peptīdu aminoskābju ķēdes *pirmējā struktūra* ir garš pavediens (ja katras aminoskābes garums ir ap 0,3 nm, bet olbaltumvielas makromolekula sastāv no 300 aminoskābju molekulām, tad pavediena garums būs apmēram 100 nm). Pavedienam telpiski savērpjoties spirālē, veidojas olbaltumvielas *otrējā struktūra*. Molekulas otrējai struktūrai izliecoties un savijoties, veidojas globulāra (lodveida) *trešējā struktūra*. Šāda molekulas uzbūve nodrošina olbaltumvielas stabilitāti un reaģētspēju uz dažādām ietekmēm. Vairākām olbaltumvielu makromolekulām savienojoties, izveidojas *ceturtnējā struktūra*. Tāda struktūra, piemēram, ir hemoglobīnam.

Atkarībā no olbaltumvielas makromolekulas telpiskās struktūras izšķir *pavedienveida* (*fibrillārās*) *olbaltumvielas* (nagu un matu olbaltumviela keratīns, muskuļu olbaltumvielas — miozīns un aktīns, cipslu olbaltumviela kolagēns u. c.) un *lodveida* (*globulārās*) *olbaltumvielas* (fermenti, antivielas, hemoglobīns u. c.).

Olbaltumvielas iedala vienkāršās olbaltumvielās — *proteīnos* un saliktās olbaltumvielās — *proteīdos*. Proteīni sastāv tikai no aminoskābēm, bet proteīdi bez aminoskābēm satur vēl kādu citu vielu — skābi, ogļhidrātu, lipīdu u. c. Vissvarīgākā nozīme ir nukleoproteīdiem (nukleīnskābe + proteīns). Izšķir *dezoksiribonukleoproteīdus* — DNP (DNS + proteīns), kas veido svarīgākās kodola struktūras — hromosomas, un *ribonukleoproteīdus* — RNP (RNS + proteīns), kuri ietilpst kodoliņā un ribosomu sastāvā. Svarīga nozīme membrānu struktūru veidošanā ir lipoproteīdiem (lipīds + proteīns). Citoplazmā atrodas glikoproteīdi (ogļhidrāts + proteīns).

Sarežģītā olbaltumvielu makromolekulu uzbūve un lielie izmēri ietekmē šūnu citoplazmas fizikāli ķīmiskās īpašības. Citoplazma ir koloidāls šķidrums, kas sastāv no dispersijas vides (ūdens) un tajā disperģētām daļiņām (dispersā fāze) — olbaltumvielu makromolekulām, sīkajiem organoīdiem (to lielums ir 0,001—0,1 μm). No lielākajām daļiņām atkarīgas citoplazmas suspensijas un emulsijas īpašības. Tā kā olbaltumvielu makromolekulas ir elektriski lādētas daļiņas, tām apkārt veidojas ūdens apvalki (jo ūdens molekulas viens gals ir lādēts pozitīvi, otrs — negatīvi).

Paaugstinātā temperatūrā, skābju, sārmu un sāļu ietekmē var notikt olbaltumvielu *denaturācija*. Micellas zaudē savu lādiņu un arī ūdens apvalkus — notiek izpārslošanās jeb koagulācija. Šāda parādība ir neatgriezeniska, piemēram, olas baltuma koagulācija karstuma ietekmē.

Citoplazmā var norisēt arī atgriezeniskas olbaltumvielu koloīdu izmaiņas — tie var pāriet no šķidrāka — *sola stāvokļa* recekļveidīgā — *gela stāvokli*. Piemēram, karsējot želatīna recekli kļūst

šķidrš, atdzesējot tas sarec. Šo parādību sauc par želatinizāciju. Šūnu citoplazmas koloīdi ļoti viegli pāriet no sola stāvokļa gela stāvoklī; tā ir dinamiska, kustīga sistēma.

**Olbaltumvielu funkcijas.** 1. Galvenā olbaltumvielu funkcija ir uzbūves funkcija. Olbaltumvielas ir šūnas uzbūves materiāls. Tās ietilpst membrānu, organoīdu, šūnapvalka, hromosomu sastāvā.

2. Olbaltumvielas šūnā izpilda signālfunkciju. Iedarbojoties ārējās un iekšējās vides faktoriem, olbaltumvielu molekulu telpiskā struktūra deformējas, tāpēc mainās to īpašības. Šī parādība ir šūnu kairināmības pamatā. Tā nodrošina organismu imūnreakcijas. Uz tās pamatojas visa humorālā un neirālā regulācija, jo uz šūnu virsmas atrodas īpašas receptorolbaltumvielas, kas reaģē uz mediatoru (specifiskas ķīmiskas vielas, kas izdalās nervu galos) un hormonu iedarbību. Arī fermentu aktivitātes regulācija saistīta ar olbaltumvielu molekulu telpiskās struktūras deformāciju, no kuras atkarīgs ķīmisko reakciju sākums un beigas.

3. Olbaltumvielas izpilda biokatalizatoru funkciju šūnā, regulē visdažādāko reakciju norisi un ātrumu. Visi šūnas biokatalizatori jeb fermenti ir olbaltumvielas. Fermenta molekula sastāv no olbaltumvielas pamata jeb apofermenta un kofermenta (fermenta aktīvā grupa). Kofermenti parasti ir vielas ar mazu molekulmasu — vitamīni vai to atvasinājumi, bet reizēm pat metāla jons ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mo}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  u. c.).

4. Saraušanās funkciju veic muskuļu šķiedru kontraktīlās olbaltumvielas — aktīns un miozīns, kas, sašķeļot ATF, pārveido atbrīvoto ķīmisko enerģiju muskuļu saraušanās mehāniskajā enerģijā.

5. Transporta funkciju izpilda, piemēram, olbaltumviela hemoglobīns, kas piedalās  $\text{O}_2$  un  $\text{CO}_2$  transportā asinīs.

6. Olbaltumviela hlorofils augu šūnās veic fotosintēzi — organisko vielu sintēzi, izmantojot saules enerģiju.

7. Ja organismā iekļūst svešas vielas, imūnsistēma (limfocīti, plazmatiskās šūnas) izstrādā īpašas olbaltumvielas — antivielas, kas organismā realizē aizsargfunkciju (imūnprocesa sākumā piedalās arī fagocīti).

8. Olbaltumvielas organismā tiek izmantotas arī par enerģijas avotu, tātad tām ir arī enerģētiska funkcija. Organismā uzņemtas olbaltumvielas sašķeļas līdz aminoskābēm. Daļa aminoskābju organismā tiek izmantota olbaltumvielu sintēzei, bet daļa tiek sašķelta līdz  $\text{CO}_2$  un  $\text{H}_2\text{O}$ . Pilnīgi sašķeļoties 1 g olbaltumvielu, organismā atbrīvojas 16,8 kJ enerģijas.

## NUKLEĪNSKĀBES. ADENOZĪNTRIFOSFORSKĀBE

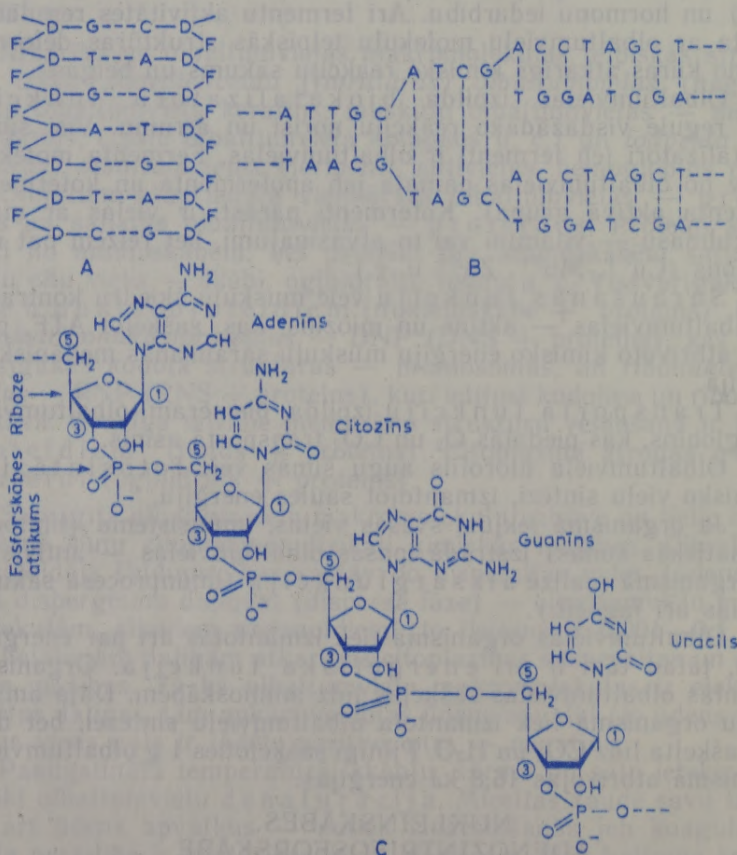
Nukleīnskābes (lat. *nucleus* — kodols) tika atklātas un izdalītas no šūnu kodoliem jau 1890. gadā. Šūnā ir divējāda tipa nukleīnskābes: dezoksiribonukleīnskābe (DNS), kas sasto-



pama gandrīz tikai kodolā, un ribonukleīnskābe (RNS), kura atrodas kā citoplazmā, tā arī kodolā, koncentrējoties galvenokārt kodoliņā.

**Dezoksiribonukleīnskābes** molekulas struktūru izpētīja Dž. Votsons un F. Kriks 1953. gadā. Viņi noskaidroja, ka DNS molekula ir dubultspirāle, kas sastāv no divām savītām spirālēm. Tās garums var sasniegt pat vairākus milimetrus. DNS molekula ir simtiem reizu garāka par olbaltumvielu molekulām, un tās molekulas masa sasniedz desmitiem miljonu.

Pēc ķīmiskās uzbūves DNS ir polimērs, kura monomēri ir nukleotīdi — *slāpekļa bāzes*, ogļhidrāta *dezoksiriboze* un *fosforskābes atlikuma* savienojumi.



12. att. DNS un RNS uzbūve:

A — DNS dubultspirāles shēma, F — fosforskābes atlikums, D — dezoksiriboze, C — citozīns, G — guanīns, T — timīns, A — adenīns, B — DNS replikācijas shēma, C — RNS spirāles fragments.

Katru no spirālēm — polinukleotīdu ķēdi — secīgi veido piec-locekļu ogļhidrāts *dezoksiriboze* un *fosforskābes atlikums*. Spirāles savā starpā saista purīna un pirimidīna bāzes — *adenīns*, *timīns*, *guanīns* un *citozīns*. DNS molekulas shematisks attēls parādīts 12. att. A. Bāzu secība vienā polinukleotīdu ķēdē variē, bet otrā ķēdē tā ir komplementāra (lat. *complementum* — papildinājums), t. i., pretī adenīnam vienmēr atrodas timīns, bet pretī citozīnam — guanīns. (Abas komplementārās ķēdes dotas kā piemērs komplementaritātes principam.)

1. ķēde A T G T T G C C A G C A A C T G  
2. ķēde T A C A A C G G T C G T T G A C

Dažādās DNS molekulās nukleotīdu secība ir atšķirīga, tāpēc *katra DNS molekula ķīmiski un arī pēc nozīmes ir atšķirīga*. DNS ir saistīta ar olbaltumvielām, veidojot dezoksiribonukleoproteīdu (DNP) molekulu. DNP micellas diametrs sasniedz 3 nm. Šādu DNP pavedienu sauc par *hromonēmu*.

DNS struktūra ideāli atbilst tās galvenajai funkcijai — *informācijas glabāšanai*. DNS molekulai ir lineāra struktūra, tāpēc arī tajā ieslēgtā informācija izvietota lineāri. Atbilstošu fermentu klātbūtnē DNS spēj dubultoties (replīcēties, reduplicēties), tāpēc, šūnām daloties, uz meitšūnām tiek pārnesta identiska informatīvā materiāls. Lai šūnu struktūra saglabātos neizmainīta nākamajās paaudzēs, nepieciešams sintezēt aizvien jaunas DNS molekulas, kas pēc savas uzbūves (nukleotīdu secības) būtu identiskas sākotnējām. Šāda sintēze notiek replikācijas procesā. DNS dubultspirāle atvijas un gareniski, sākot no viena gala, sašķēlas (tiek sarautas ūdeņraža saites starp C—G un A—T). Vienlaikus ar fermenta DNS polimerāzes starpniecību pie katras sašķeltās dubultspirāles puses veidojas komplementārās polinukleotīdu ķēdes. Rezultātā vienas DNS dubultspirāles vietā rodas divas identiskas DNS dubultspirāles (12. att. B).

**Ribonukleīnskābes** molekula atšķirībā no DNS molekulas ir vienkārša spirāle. Arī RNS ir polimērs, bet to veido nukleotīdi, kuru sastāvā dezoksiribozes vietā ir *riboze*. Atšķirīgs ir arī bāzu sastāvs — timīna vietā RNS molekulā ir *uracils*. RNS ķīmiskā struktūra redzama 12. att. C.

Atšķirībā no DNS, kuras daudzums katrā šūnā ir nemainīgs, RNS daudzums šūnā var stipri mainīties. Ja šūnā intensīvi noris olbaltumvielu sintēze, tad RNS daudzums tajā palielinās. *RNS galvenā funkcija šūnā ir olbaltumvielu biosintēze*.

Šūnā atrod trīs tipu RNS, kas ir vienas DNS spirāles atsevišķu posmu komplementāri nospiedumi: *ribosomālā RNS* (rRNS), *transporta RNS* (tRNS) un *informatīvā jeb matricē RNS* (iRNS jeb mRNS).

Ribosomālās RNS šūnā ir visvairāk (ap 90%), rRNS atrodas ribosomās, un tās molekula sastāv no 3000—5000 nukleotīdi. rRNS molekulmasa ir 1—1,5 milj.



Transporta RNS sastāda līdz 10% no kopējā RNS daudzuma. Tās molekula sastāv no 80—100 nukleotīdiem, bet molekulmasa ir 25 000—30 000. Olbaltumvielu biosintēzē tRNS pārnēs uz sintēzes vietu aminoskābes, tāpēc katrai aminoskābei ir sava tRNS. Tātad šūnā atbilstoši aminoskābju skaitam ir atrodamas 20 tipu tRNS.

Informatīvā RNS atrodas šūnu citoplazmā un arī kodolā. Tās daudzums šūnā ir vismazākais — līdz 1%. Kvalitatīvi iRNS molekulas ir ļoti dažādas. To molekulā var būt 300—3000 nukleotīdu, bet molekulmasa — 100 000—1 000 000. Katra iRNS molekula satur informāciju par vienas olbaltumvielas struktūru. iRNS pārnēs informāciju no DNS uz olbaltumvielu.

**Adenozintrifosforskābe** (ATF) sastāv no purīna bāzes adenīna, ribozes un trīs fosforskābes atlikumiem, kas savā starpā saistās ar makroergisko saiti. No ATF atšķēloties vienam molam fosforskābes, izdalās 41 kJ enerģijas.

ATF atrodas visās augu, dzīvnieku, viēnšūņu un baktēriju šūnās. Vidēji šūnās ATF daudzums sastāda 0,02—0,05% no kopējās šūnu masas, bet skeleta muskuļaudos tas sasniedz pat 0,2—0,5%.

ATF sašķēloties veido adenozīndifosforskābi (ADF) un adenozīnmonofosforskābi (AMF), kurām arī ļoti svarīga nozīme šūnas dzīvības procesos.

Vienlaikus ar ATF šķelšanu šūnu mitohondrijos notiek arī ATF sintēze. No ADF un AMF, pievienojoties fosforskābei un pievadot enerģiju (enerģija rodas, sašķēloties galvenokārt glikozei un taukskābēm), atkal sintezējas ATF.

## ENERĢIJAS MAINA UN VIELMAIŅA ŠŪNĀ

Pēc enerģijas iegūšanas un organisko vielu sintēzes veida visus dzīvus organismus iedala *autotrofos* (gr. *autos* — pats, *trophe* — barība) un *heterotrofos* (gr. *heteros* — cits, *trophe* — barība).

**Autotrofie organismi** spēj no oglekļa dioksīda, neorganiskajām vielām un ūdens sintezēt organiskās vielas, izmantojot saules enerģiju (*fotosintēze*) vai enerģiju no neorganiskajiem savienojumiem (*hemosintēze*). Fotosintēze raksturīga visiem zaļajiem augiem, bet hemosintēze — baktērijām.

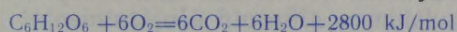
**Heterotrofie organismi** (dzīvnieki, sēnes, daudzi mikroorganismi) iegūst enerģiju no gatavām, ar enerģiju bagātām organiskām vielām, kuras tie izmanto arī savu organisko vielu sintēzei.

**Miksotrofi** (lat. *miksos* — jaukts) ir nedaudzi organismi. Šie organismi gaismā sintezē organiskās vielas (fotosintēze), bet tumšā spēj izmantot jau gatavas organiskās vielas. Tāda, piemēram, ir zaļā eīglēna.

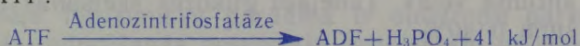
Šūnā notiekošo ķīmisko reakciju kopumu sauc par vielmaiņu jeb metabolismu (gr. *metabole* — pārmaiņa, pārveidošanās). Vielmaiņas ķīmiskās reakcijas ir nepārtrauktas, dinamiskas. Tās ir stingri organizētas telpā un laikā, jo fermentu molekulas ir izvietotas uz membrānām (mitohondriju, endoplazmatiskā tīkla u. c.) noteiktā secībā, veidojot īpašu «katalītisku konveijeru». Šūnā atklāts ap 1000 dažādu fermentu.

Šūnā notiek vielu biosintēzes un noārdīšanās reakcijas. Biosintēzes reakcijas ir saistītas ar enerģijas uzņemšanu, un kopumā tās apzīmē par plastisko vielmaiņu (anabolismu, asimilāciju). Noārdīšanās reakcijās, kuras sauc par enerģētisko vielmaiņu (katabolismu, disimilāciju), saliktas lielmolekulāras, ar enerģiju bagātas vielas fermentatīvi tiek sašķeltas līdz vienkāršiem, ar enerģiju nabadzīgiem savienojumiem ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ). Šajās reakcijās atbrivojas enerģija, kas nepieciešama visiem dzīvības procesiem.

**Plastiskajai vielmaiņai** šūnā izmanto organiskās vielas (olbaltumvielas, ogļhidrātus, taukus), minerālvielas un papildvielas. Daļa uzņemto vielu tiek izmantotas biosintēzes reakcijām, bet pārējās tiek sašķeltas disimilācijas procesā enerģijas ieguvei. sevišķi svarīga enerģētiskā nozīme šūnā ir glikozes katalītiskās šķelšanās procesam, ko summāri attēlo vienādojums:



Lielo atbrīvotās enerģijas daudzumu uzreiz nevar izmantot, tāpēc šūnā ir izveidojusies enerģijas akumulācijas sistēma, kurā galvenā nozīme ir adenozīntrifosforskābei. Enerģiju jebkurai endotermiskai reakcijai (ar enerģijas saistišanu) šūnā iegūst, sašķēlot ATF:



Tādējādi ATF ir universāls enerģijas avots visiem šūnā notiekošajiem dzīvības procesiem — biosintēzei, mehāniskam darbam (kustībām), dažādu vielu transportam, uzbudinājuma pārraidei u. c. Bez ATF svarīga nozīme dažādu biosintēzes reakciju norisē ir arī citiem makroenerģiskiem savienojumiem: uridīntrifosfātam (UTF), guanīntrifosfātam (GTF), citozīntrifosfātam (CTF), timidīntrifosfātam (TTF), kas tomēr savu enerģiju saņem no ATF, kā arī kreatīnfosfātam, kuram ir svarīga nozīme bioķīmiskajās reakcijās, kas saistītas ar muskuļu saraušanos.

ATF sintēze notiek mitohondrijos, izmantojot enerģiju, kas šeit atbrivojas, sašķēlot šūnā iekļuvušās barības vielas (glikozi, taukskābes, glicerīnu, bezslāpekļa atlikumu pēc aminoskābju dezaminēšanas).

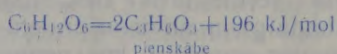
**Šūnas enerģētisko vielmaiņu** var iedalīt trīs posmos.

Sagatavošanās posmā ar enerģiju bagātās ogļhidrātu (polisaharīdu), tauku, olbaltumvielu un nukleīnskābju molekulas hidrolītiskie fermenti noārda līdz monomēriem savienojumiem. Ciete un glikogēns noārdās līdz glikozei, tauki — līdz glicerīnam



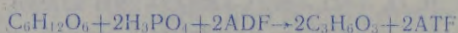
un taukskābēm, olbaltumvielas — līdz aminoskābēm, nukleīnskābes — līdz nukleotidiem vai pat purīna un pirimidīna bāzēm, ribozei vai dezoksiribozei un fosforskābei. Līdzīgi noārdās arī citas barībā esošās lielmolekulārās vielas (lipoidi, proteīdi u. c.). Visu šo vielu hidrolītiskā šķelšanās izdala maz enerģijas, kas šūnā netiek izmantota un izkļiedžas siltuma veidā.

Anaerobās (bezskābekļa) šķelšanās jeb glikolīzes posmā monomērie savienojumi šķeļas daļēji. Sīkāk apskatīsim tikai glikozes anaerobo šķelšanos, ko sauc par *glikolīzi*. Glikoze ir galvenais enerģijas devējs ATF sintēzei. Glikolīzē piedalās 13 fermenti, kas glikozi pakāpeniski sašķeļ līdz pienskābei:



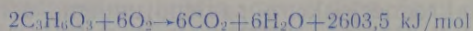
Anaerobi notiek arī rūgšana, tikai glikozes anaerobās šķelšanās beigu posmā piedalās vēl citi fermenti. To darbības rezultātā veidojas spirts un oglekļa dioksīds (*spirta rūgšana*), sviestskābe (*sviestskābā rūgšana*) vai kā galaprodukts rodas tieši pienskābe (*pienskābā rūgšana*).

Vienlaikus ar glikozes šķelšanos mitohondrijos notiek arī ATF sintēze:

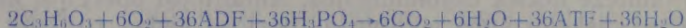


No ADF veidojoties diviem moliem ATF, tiek patērēti 82 kJ enerģijas. Tā kā glikolīzē atbrīvojas 196,8 kJ enerģijas uz 1 molu, bet ATF tiek ieslēgti 82 kJ (ap 40%), tad 114,8 kJ enerģijas (ap 60%) izkļiedžas siltuma veidā. Tādējādi glikozes šķelšanās lietderības koeficients šūnā ir 40%.

Aerobās šķelšanās jeb pilnīgas noārdīšanās posmu sauc arī par *šūnas elpošanu*. Elpošanas procesā iepriekšējā posmā radusies pienskābe noārdās līdz galam, atbrīvojot daudz enerģijas:



Noārdoties 2 moliem pienskābes, no ADF sintezējas 36 moli ATF, bet pārējā enerģija izkļiedžas siltuma veidā:



Tā kā, sintezējoties vienam molam ATF, saistās 41 kJ enerģijas, aerobajā glikozes šķelšanās posmā šūnā saistās apmēram 1480 kJ (41 kJ · 36) jeb 56% visas atbrīvotās enerģijas. Kopējais enerģijas ieguvums, noārdoties glikozei līdz CO<sub>2</sub> un H<sub>2</sub>O, ir 1562 kJ/mol, kas tiek ieslēgti 38 molos ATF. Gandrīz 55% no visas glikozes sašķelšanās procesā iegūtās enerģijas saglabājas šūnā ATF veidā, bet 45%, izkļiedžas siltuma veidā.

## VIELMAIŅAS ĪPATNĪBAS AUGU ŠŪNĀS. FOTOSINTĒZE

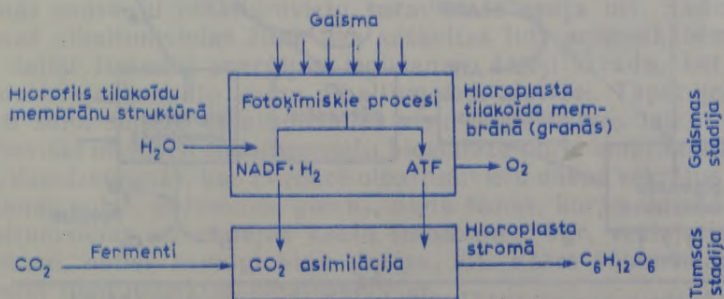
Augu vielmaiņas īpatnības saistītas ar to autotrofiju un fotosintēzes spējām.

Fotosintēzi 1771. gadā atklāja D. Prīstlijs. Lielu ieguldījumu šī procesa izpētē devis K. Timirjazevs (1843—1920).

Fotosintēze ir sarežģīts fermentatīvs daudzpakāpju process, kurā galvenā nozīme ir zaļajam pigmentam — *hlorofilam*. Fotosintēzes sākumā augi pārvērš gaismas enerģiju ķīmiskajā enerģijā un uzkrāj to ATF un ļoti aktīvos reducētājos — nikotīnamīdadenīnnukleotīdfosfātā ( $\text{NADF} \cdot \text{H} + \text{H}^+$ ) un ferredoksīnā. Tas notiek fotosintēzes gaismas stadijas divās fotosistēmās (FS I un FS II), turklāt otrā no tām saistīta ar ūdens fotolīzi. Fotosintēzes tumšās stadijā notiek  $\text{CO}_2$  reduktīvā asimilācija (izmantojot  $\text{NADF} \cdot \text{H} + \text{H}^+$  un ATF enerģiju), kuras rezultātā veidojas savienojumi ar 3 (fosfoglicerīnskābe) vai 4 (ābolskābe un asparģīnskābe) oglekļa atomiem. No šīm vielām tālāk sintezējas glikoze un citi savienojumi (13. att.).

Hloroplastu tilakoīdu membrānās kopā ar olbaltumvielām abās fotosistēmās (FS I un FS II) izvietotas 200—400 hlorofila, kā arī citu pigmentu (karotīna, ksantofila) molekulas. Katrā FS I ir viena aktīva, fotosintezējošā hlorofila *a* molekula, kas absorbē gaismu ar 700 nm viļņu garumu un nosaukta par pigmentu 700 ( $\text{P}_{700}$ ), bet FS II darbīgā ir hlorofila *a* molekula, kas absorbē 680 nm garus gaismas viļņus. Fotosintēzi veic tikai aktīvā molekula, bet pārējās pigmentu molekulas ir gaismas kvantu kolektori, kas tos nodod aktīvajai molekulai.

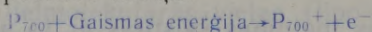
Sākotnējā fotoķīmiskā parādība ir elektronu pārnese pretēji oksidēšanās-reducēšanās potenciāla gradientam uz gaismas enerģijas rēķina. Hlorofila *a* ( $\text{P}_{700}$ ) molekula pēc gaismas kvanta saistīšanas nonāk ierosinātā stāvoklī. Viens no elektroniem nokļūst



13. att. Fotosintēzes vispārējā shēma.

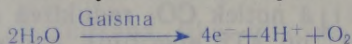


augstākā enerģijas līmenī. Šāds elektrons var tikt izsviests no molekulas. Molekula  $P_{700}$  oksidējas, un hlorofila molekulas struktūrā paliek lokāls pozitīvs lādiņš:

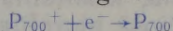


Ierosinātā hlorofila molekula elektronu atdod membrānā blakus izvietotajai elektronu akceptora molekulai. Centrālais process fotosintēzē, kas norisinās hloroplastu tilakoidu struktūrās, ir elektrisko lādiņu — elektronu un protonu ( $H^{+}$ ) nošķiršana un pārnesana uz oksidētāju vai reducētāju molekulām. Šajā procesā gaismas enerģija pārvēršas ķīmiskajā enerģijā (veidojas ATF un  $NADF \cdot H + H^{+}$ ).

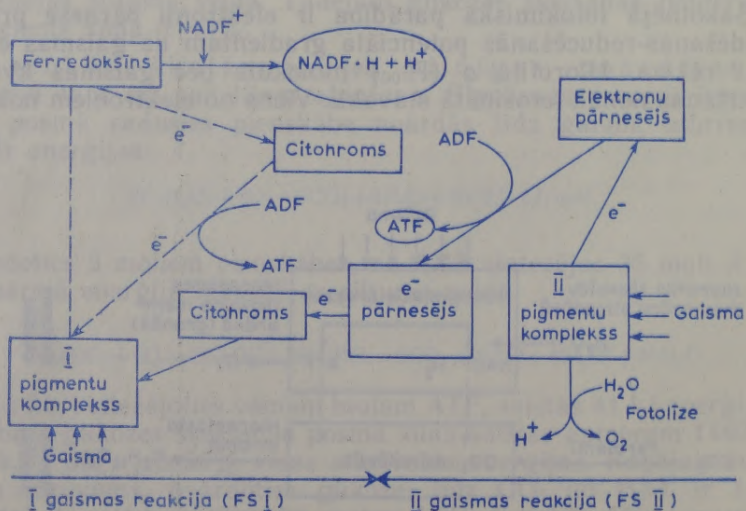
Otrajā fotosistēmā gaismas ietekmē aktīvā hlorofila  $a$  klātbūtnē notiek ūdens fotolīze. No  $H_2O$  tiek atrauti elektroni, ūdens molekula sabrūk, un veidojas elektroni, protoni un  $O_2$ :



Elektronu pārneses rezultātā veidojas ATF un  $NADF \cdot H + H^{+}$ , kā arī elektroni, kas ar elektronu pārnesējiem tiek pārnesti uz I fotosistēmu. Šie elektroni reducē hlorofila ( $P_{700}$ ) molekulu, kas atgriežas izejas stāvoklī. FS II hlorofila  $a$  molekulu reducē elektroni, kuri rodas otrajā fotosistēmā. Saņemot  $e^{-}$  no FS II, hlorofila  $a$  molekula reducējoties atgriežas izejas stāvoklī:



Ilustrācijai sniedzam šī procesa shēmu (14. att.).



14. att. Elektronu pārnesana fotosintēzē.

Gaismas stadijai seko tumsas stadija, kurā notiek  $\text{CO}_2$  reduktīvā asimilācija. Tās rezultātā sintezējas ogļhidrāti (cukuri, ciete). Vairumam augu raksturīgs oglekļa *fotosintētiskais cikls* ( $\text{C}_3$  cikls). Tā fermentatīvo reakciju rezultātā, izmantojot ATF un NADF  $\cdot \text{H} + \text{H}^+$  enerģiju, sintezējas fosfoglicerīnskābe, kuras sastāvā ieiet 3 oglekļa atomi.

Visu šo reakciju kopumā augos sintezējas ogļhidrāti. Zaļo augu autotrofijas pamatā ir to spēja organisko vielu sintēzei izmantot oksidētās neorganiskās vielas: ne tikai  $\text{CO}_2$ , bet arī nitrātus, sulfātus, iepriekš tos reducējot. Tādējādi augi sintezē visas organiskās vielas — ogļhidrātus, olbaltumvielas, lipīdus, organiskās skābes u. c. Fotosintēze plašā nozīmē ir asimilācija.

Fotosintēzes produktivitāte atkarīga no vairākiem faktoriem. Zemstikla platībās fotosintēzes intensitāte palielinās, paaugstinot  $\text{CO}_2$  koncentrāciju (nedrīkst pārsniegt 5—8%). Pieaugot  $\text{CO}_2$  daudzumam gaisā, labāk tiek izmantots arī apgaismojums. Pastiprinot apgaismojumu, fotosintēzes intensitāte ātrāk pieaug saulmīļiem nekā ēnmiļiem. Optimālā temperatūra fotosintēzei ir robežās no 25° līdz 35° C. Paaugstinoties temperatūrai, paātrinās gāzu difūzijas ātrums, kas savukārt veicina fotosintēzi. Fotosintēzi pozitīvi ietekmē arī minerālelementi kālija, fosfora, slāpekļa savienojumu, cinka un vara sāļu šķīdumu veidā. Fotosintēzes produktivitāte atkarīga arī no augu bioloģiskajām īpatnībām: šķirnes, hlorofila daudzuma lapās un lapu kopējās virsmas.

## OLBALTUMVIELU SINTĒZE ŠŪNĀ

Olbaltumvielas ir visu šūnu galvenā struktūras sastāvdaļa. Tas nepieciešamas kā organisma augšanas periodā, kad notiek intensīva šūnu vairošanās, tā arī pārejā dzīves laikā, jo šūnu normālo dzīves procesu norise saistīta ar olbaltumvielu molekulu nolietošanu: fermentu molekulas zaudē savu katalītisko aktivitāti, samazinās struktūras olbaltumvielu spēja saistīt ūdeni, pavājinās muskuļu olbaltumvielu saraušanās spēja utt. Šādas nolietotas olbaltumvielas šūnā tiek sašķeltas līdz aminoskābēm, kuras daļēji izmanto enerģijas iegūšanai, daļēji izvada, bet daļu aminoskābju izmanto jaunu olbaltumvielu sintēzei. Tāpēc jebkura dzīva šūna sintezē olbaltumvielas visu savas dzīves laiku.

Sevišķi intensīvi olbaltumvielu biosintēze noris embrionālās šūnās, dziedzeršūnās, kas producē olbaltumvielu dabas sekrētus (gremošanas sulas, hormonus, pienu), aknu šūnās, kuras sintezē asins olbaltumvielas, sarkanajās kaulu smadzenēs, kur, veidojoties eritrocītiem, notiek hemoglobīna sintēze, utt. Katrs šūnu veids spēj sintezēt tikai noteiktas olbaltumvielas.

Olbaltumvielu sintēzē vadošā nozīme ir DNS, kas nosaka visu šūnas, resp., organisma olbaltumvielu struktūru, kā arī ražo RNS, kura tieši veic olbaltumvielu biosintēzi. *DNS dubultspirāles frag-*



mentu, kas nosaka kādas olbaltumvielas struktūru, sauc par gēnu. Bez šiem struktūrgēniem DNS dubultspirāles sastāvā ietilpst gēni, kas dod informāciju par RNS uzbūvi, — regulatorgēni, operatorgēni. Visu gēnu kopumā — genomā — ir ietverta arī programma visai šūnas (organisma) attīstībai telpā un laikā. Cilvēka šūnā kopumā ir līdz 7 milj. gēnu, tajā skaitā līdz 100 000 struktūrgēnu.

DNS ieslēgto informāciju nosaka purīna un pirimidīna bāzu triplete (tris nukleotīdu) secība gar vienu (aktīvo) spirāli. Var viegli aprēķināt, ka četras bāzes pa trim var dot  $4^3=64$  variantus (tripleus jeb kodonus iRNS).

Katrs triplets (kodons) nosaka vienu aminoskābi sintezējamā olbaltumvielā. Ir izdevies atšifrēt DNS kodu. Tam komplemen-tārs ir iRNS kods (4. tabula).

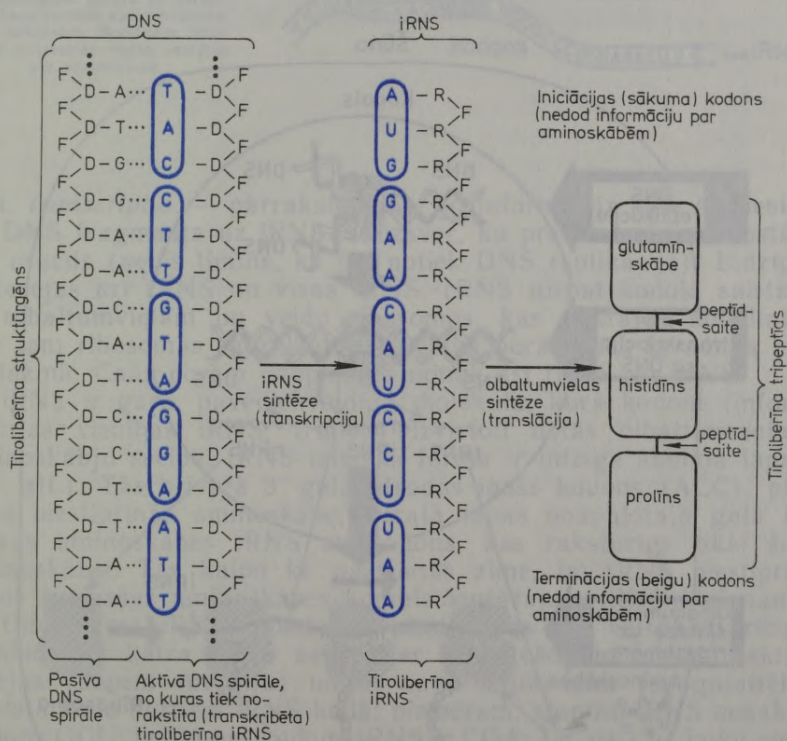
4. tabula

iRNS kods

| Pirmais nukleotids | Otrais nukleotids   |     |             |             | Trešais nukleotids |
|--------------------|---------------------|-----|-------------|-------------|--------------------|
|                    | U                   | C   | A           | G           |                    |
| U                  | fen                 | ser | tir         | cis         | U                  |
|                    | fen                 | ser | tir         | cis         | C                  |
|                    | lei                 | ser | terminators | terminators | A                  |
|                    | lei                 | ser | terminators | tri         | G                  |
| C                  | lei                 | pro | his         | arg         | U                  |
|                    | lei                 | pro | his         | arg         | C                  |
|                    | lei                 | pro | gln         | arg         | A                  |
|                    | lei                 | pro | gln         | arg         | G                  |
| A                  | ile                 | tre | asn         | ser         | U                  |
|                    | ile                 | tre | asn         | ser         | C                  |
|                    | ile                 | tre | liz         | arg         | A                  |
|                    | met<br>(iniciators) | tre | liz         | arg         | G                  |
| G                  | val                 | ala | asp         | gli         | U                  |
|                    | val                 | ala | asp         | gli         | C                  |
|                    | val                 | ala | glu         | gli         | A                  |
|                    | val                 | ala | glu         | gli         | G                  |

64 atšķirīgi tripleti kodē 20 dažādu aminoskābju secību sintezējamā olbaltumvielā. Koda tabula lasāma, sameklējot pirmā, otrā un trešā nukleotīda (īsuma dēļ tiek rakstīts tikai mainīgais attiecīgās bāzes pirmais burts) krustpunktā kodējamās aminoskābes nosaukumu. Piemēram, preti pirmā nukleotīda burtam C (horizontāli pa labi), otrā nukleotīda burtam G (vertikāli uz leju) un trešā nukleotīda burtam U (horizontāli pa kreisi) atrodam saīsinātu aminoskābes apzīmējumu arg. Tātad aminoskābi arginīnu nosaka kodons CGU. Analógiski glutamīnskābi nosaka GAA, histidīnu — CAU, prolinu — CCU utt. Ķedes fragments CTT—

GTA—GGA transkripcijā informācijas ribonukleīnskābē (iRNS) veidos šādu komplementāru nukleotīdu secību: GAA—CAU—CCU, kas translācijā dos šādu tripeptīdu: glutamīnskābe—histidīns—prolīns (15. att.). Galvas smadzeņu zempaugures (hipotalāma) neirosekretorajās šūnās šis no jauna sintezētais tripeptīds nedaudz izmainās ķīmiski, un veidojas hipotalāma neirosekretorais hormons tiroliberīns (piro—Glu—His—Pro—NH<sub>2</sub>), kurš stimulē tireotropā hormona izdali no hipofīzes. Savukārt tireotropais hormons iedarbojas uz vairogdziedzeri, kas sāk pastiprināti izdalīt svarīgu vielmaiņas un enerģijas maiņas regulatoru — hormonu tiroksīnu. Tādējādi, ja ir zināma aminoskābju secība olbaltumvielā, tad, zinot nukleīnskābju kodu, var uzkonstruēt šīs olbal-



15. att. Informācijas pārnese no tiroliberīna gēna (DNS fragmenta vienā no cilvēka hromosomām) uz iRNS transkripcijas procesā un tālāk uz sintezējamās olbaltumvielas aminoskābju secību translācijas procesā (vienkāršota shēma);

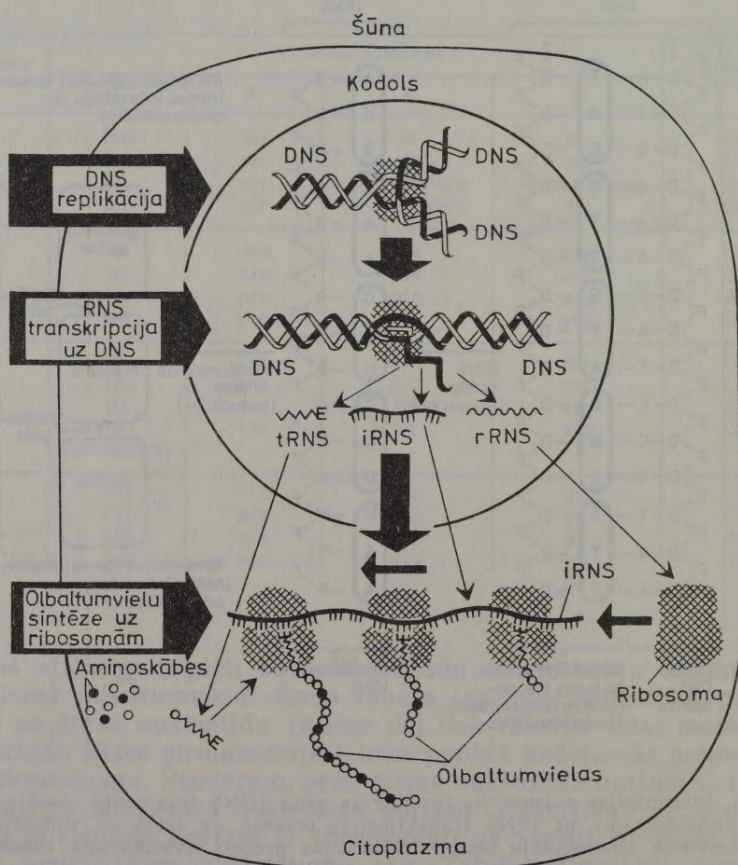
F — fosforskābes atlikums, D — dezoksiriboze, R — riboze, A — adenīns, T — timīns, C — citozīns, G — guanīns, U — uracils. Hipotalāma neirosekretorā hormona sintēzes tālākajā gaitā tiek pievienota —NH<sub>2</sub> grupa un glutamīnskābe pārveidota par piroglutamīnskābi. Veidojas aktīvs hormons — tiroliberīns (pGlu—His—Pro—NH<sub>2</sub>).



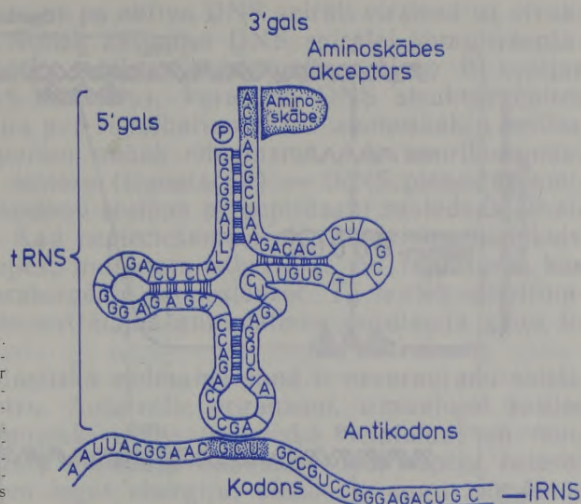
tumvielas iRNS struktūrformulu, bet no tās — šīs olbaltumvielas gēnu (DNS fragmenta struktūrformulu).

Tā kā 64 tripleti kodē 20 aminoskābes, tad vairāki atšķirīgi tripleti var kodēt vienu un to pašu aminoskābi, t. i., kods ir se-  
dzošs, piemēram, leicīnu kodē 6 dažādi tripleti, serīnu — 4 tripleti  
utt. Vienam tripletam ir iniciācijas nozīme — no tā sākas gēna lasī-  
šanas beigas. Lai precīzi nodotu informāciju no DNS uz iRNS vai  
no iRNS uz olbaltumvielu, visi tripleti jānolasa precīzā secībā,  
neizlaižot nevienu nukleotīdu.

Olbaltumvielu biosintēze šūnā notiek interfāzes laikā (16. att.).  
Kodolā uz vienas no garās DNS molekulas spirālēm ar fermenta  
RNS polimerāzes starpniecību kā šīs spirāles fragmenta spoguļ-  
attēls sintezējas iRNS. Šo procesu apzīmē par transkripciju



16. att. Olbaltumvielu biosintēzes shēma.



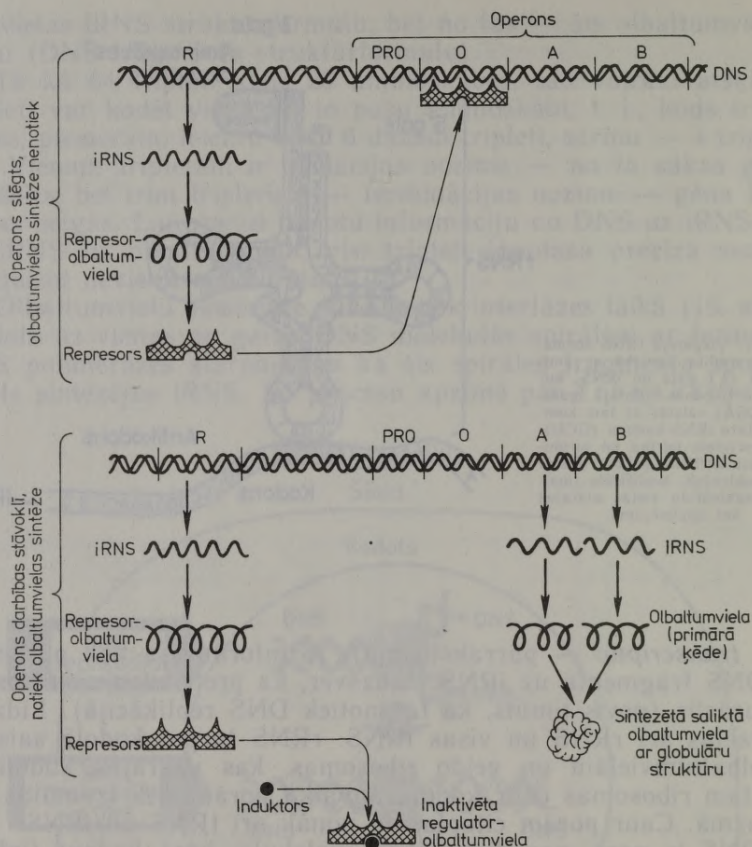
17. att. Vispārēja tRNS shema. tRNS parādīta saistībā ar aminoskābi (3' galā un iRNS, kur tRNS antikodons (dotajā gadījumā CGA) saistās ar tam komplementāro iRNS kodonu (GCU). Ar attiecīgiem purīna un pirimīdīna bāzu burtiem apzīmēti pastāvīgie nukleotīdi. Modificēto (maiņīgo) nukleotīdu vietas atstātas bez apzīmējuma.

(lat. *transcriptio* — pārrakstīšana), jo informācija tiek pārnesta no DNS fragmenta uz iRNS. Jāuzsver, ka preti adenīnam nostājas uracils (nevis timīns, kā tas notiek DNS replikācijā). Līdzīgi sintezējas arī rRNS un visas tRNS. rRNS turpat kodolā saistās ar olbaltumvielām un veido ribosomas, kas uzkrājas kodoliņā. Pēc tam ribosomas caur kodola apvalka porām tiek izvadītas citoplazmā. Caur porām citoplazmā nonāk arī tRNS un iRNS.

iRNS ir gara, pavedienvēidīga molekula, kurā kodoni (informācijas vienības iRNS, tripleti) izvietoti dotās olbaltumvielas aminoskābju secībā. tRNS telpiskā forma ir līdzīga āboliņa lapai (17. att.). Tās brīvajā 3' galā atrodas īpašs kodons (ACC), pie kura piestiprinās aminoskābe. Otrajā lapas noapaļotajā galā ir katras aminoskābes tRNS antikodons, kas raksturīgs tikai šai aminoskābei. Tas kalpo kā pazišanās zīme, lai tRNS piestiprinātos šīs pašas aminoskābes komplementārajam iRNS kodonam.

Citoplazmā iRNS molekulas piestiprinās pie vairākām ribosomām, bet katra tRNS saistās ar atbilstošo aminoskābi, aktivizējas (uzņem enerģiju) un ar savu antikodonu (spoguļattēls tripleta koda burtiem iRNS kodā; piemēram, alanīnu iRNS nosaka kodons GCU, bet tā antikodons tRNS ir CGA; 17. att.) uz laiku piestiprinās iRNS ribosomu padziļinājumā. Ribosoma veic iepriekšējās aminoskābes un pienestās aminoskābes saslēgšanu ar peptidsaiti. Veidojas dipeptīds. iRNS attiecībā pret ribosomu pārvietojas par vienu tripletu tālāk. Nākamā tRNS pienes savu aminoskābi, kas pieslēdzas iepriekšējām divām ar peptidsaiti. Veidojas tripeptīds. Tā, nolasot visus secīgos iRNS kodonus, sintezējas olbaltumviela. Informācija no nukleīnskābju valodas tiek pārtulkota olbaltum-





18. att. Olbaltumvielu biosintēzes regulācijas vienkāršota shēma:

Pro — gēna promotorais rajons, R — regulatorgēns, O — operatorgēns, A un B — struktūrgēni.

vielu valodā, tāpēc šo procesu sauc par translāciju (lat. *translatio* — pārņemšana, pārtulkošana).

Olbaltumvielu biosintēze tiek regulēta gēnu līmenī. Šajā procesā piedalās vairāki gēni, īpašas represorolbaltumvielas, kas pārtrauc operatorgēna darbību (transkripcijas procesu), un vielas — induktori, kas rodas saistībā ar sintezējamās olbaltumvielas izlietošanos (iztrūkumu; 18. att.). Ja olbaltumviela, kuras struktūru (aminoskābju secību) nosaka struktūrgēni A un B, ir izlietojusies, šūnā tās koncentrācija ir samazinājusies, bet uzkrājušies tās skaldprodukti, tad tiek ierosināta šīs olbaltumvielas sintēze. Kad šie skaldprodukti vai citas no tiem radušās vielas — induktori — saistās ar represorolbaltumvielu, atbrīvojas operatorgēns. Tādā gadījumā ar operona promotoro rajonu saistītais ferments

RNS-sintetāze pārvietojas pa aktīvo DNS spirāli virzienā uz struktūrgēniem A un B. Notiek aktīvajai DNS spirālei komplementāras iRNS sintēze, t. i., veidojas struktūrgēnu A un B kopijas (nospiedumi no DNS matricēs), kurās no DNS struktūrgēniem ir pārnesta informācija par šīs olbaltumvielas aminoskābju secību. iRNS caur kodola porām nonāk citoplazmā, kur uz ribosomām notiek olbaltumvielu sintēze (translācija) — tRNS pienestās aminoskābes pēc iRNS kodonu secības ar peptīdsaiti saslēdzas olbaltumvielas molekulā. Kad nepieciešamais olbaltumvielas molekulu daudzums ir sintezējies, induktors atbrīvojas no represora, kas atkal saistās ar operatorgēnu, to noslēdzot. Tā notiek olbaltumvielas vajadzīgās koncentrācijas automātiska regulācija gēnu līmenī.

Enerģētiskā un plastiskā vielmaiņa šūnā ir nesaraujami saistītas, nosaka viena otru. Autotrofie organismi, izmantojot saules enerģiju, sintezē organiskās vielas (plastiskā vielmaiņa) un vienlaikus izdala atmosfērā skābekli. Skābeklis dod iespēju heterotrofajiem organismiem iegūt enerģiju, oksidējot augu saražotās organiskās vielas. Heterotrofie organismi enerģiju iegūst, arī sadalot citu heterotrofo organismu (dzīvnieku) organiskās vielas. Iegūtā enerģija kā augu, tā dzīvnieku organismā tiek izmantota organisko vielu sintēzei, augšanai. Palielinās organisma masa — organisko vielu un tātad arī potenciālās enerģijas krājumi.

## ŠŪNU KAIRINĀMĪBA UN KUSTĪBA

Uz šūnām var iedarboties dažādi ārējās vides faktori — kairinātāji, kas nes siltuma, ķīmisko, mehānisko, gaismas, skaņas vai elektrisko enerģiju. Kairināmība ir šūnas spēja reaģēt uz kairinātāju. Brīvi pārvietoties spējīgu viēnšūņu, kā arī augu un zemāko dzīvnieku organismu vai šūnu ātras reakcijas uz kairinājumu sauc par *taksijām*. Augu un dažu dzīvnieku organismu un šūnu lēnas reakcijas uz kairinājumu sauc par *tropismiem*.

Atkarībā no kairinājuma veida izšķir *hemotaksijas* (reakcija uz ķīmisko vielu ietekmi), *fitotaksijas* (reakcija uz gaismas ietekmi), *reotaksijas* (šūnu kustība pretī straumes virzienam), *galvanotaksijas* (reakcija uz elektriskās strāvas ietekmi).

Augu virszemes daļām raksturīgs *negatīvs*, bet saknēm — *pozitīvs ģeotropisms* (augu virszemes daļas aug pretēji zemes pievilkšanas spēka virzienam, bet saknes — zemes pievilkšanas spēka virzienā), *pozitīvs fototropisms* — augu kustība pretī gaismai u. c.

Īpatnējas augu kustības ir *nastijas* — ziedu atvēršanās un aizvēršanās, ātra lapu sakļaušanās mehāniska kairinājuma ietekmē (kautrīgajai mimozai) u. c.

**Šūnu kustību veidi** var būt dažādi. Šūnā var novērot šādas citoplazmatiskās kustības: strāvo citoplazma, pārvieto-



jas organoīdi, pulsē pulsējošās vakuolas, saīsinoties dalīšanās vārpstas elementiem, pārvietojas hromosomas, saīsinoties viēšūņu mionēmām (sarautiesspējīgas pavedienveida struktūras, ko veido muskuļu olbaltumvielas aktīns un miozīns), izmainās to ķermeņu forma utt.

Amēbveida kustības novērojamas dažiem viēšūņiem, kā arī daudzšūņu organismu leukocītiem, histiocītiem un amebocītiem. Šūna izbīda māņkājiņas (pseudopodijas), kurās pārlejas citoplazma, — notiek kustība uz priekšu. Amēbveida kustības ir arī leukocītu fagocitozes funkcijas pamatā.

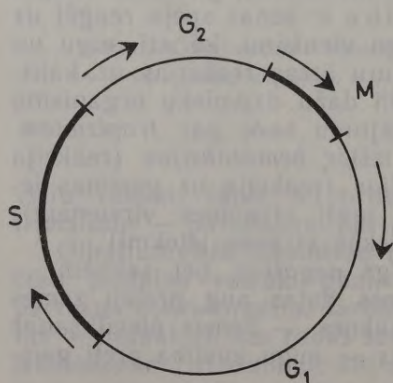
Skropstiņu un vicu kustības novērojamas attiecīgās viēšūņu tipa klasēs (skropstaiņiem un vicaiņiem), kā arī augu valstī, piemēram, aļģu zoosporām. Skropstiņu kustības ir arī daudzšūņu organismiem (skropstiņepitēlija skropstiņu kustība, spermatozoīdu vicu kustības).

Muskuļu kustības ir visplašāk izplatītais kustību veids. Šo kustību pamatā ir muskuļu olbaltumvielu aktīna un miozīna molekulu savstarpējā pārvietošanās muskuļu šķiedru struktūrās.

## ŠŪNU DALĪŠANĀS

### ŠŪNU DZĪVĪBAS CIKLS. DNS SINTĒZE

XX gs. piecdesmitajos gados veica vispārinātus pētījumus par šūnas dzīvības ciklu un par šūnu dalīšanās nozīmi. Šūnu vairošanās procesā bioloģiski svarīgākā norise ir šūnas iedzimtības struktūru dubultošanās (DNS replicēšanās). Tā notiek inter-



19. att. Šūnas dzīvības cikla shēma:

M — mitozes periods, G<sub>1</sub> — pirmssintēzes periods, S — sintēzes periods, G<sub>2</sub> — pēc-sintēzes periods.

fāzē — periodā starp divām dalīšanās reizēm. Interfāzē šūna veic savas specifiskās funkcijas (epitēlijšūnas — robežfunkciju, nervu šūnas — uzbudinājuma vadišanas funkciju, dziedzeršūnas — sekrēta producēšanas un izvadišanas funkciju, muskuļu šķiedras — saraušanās funkcijas utt.). Šajā laikā šūnā vielmaiņas procesi ir sevišķi intensīvi.

Par šūnas dzīvības cikla sākumu uzskata momentu pēc šūnas dalīšanās, bet par tā beigām — jaunas dalīšanās beigas (19. att.). Šūnas dzīvības cikla ilgums vidēji ir apmēram 20 stundas, un tas sadalās interfāzē un šūnas dalīšanās periodā; daži šūnu veidi dalās ik pēc 11, citi — pēc 120 stundām, vēl citi — pēc dzimšanas vispār nedalās.

**Interfāze** aizņem šūnu dzīvības cikla lielāko daļu. To iedala *pirmssintēzes*, *sintēzes* un *pēcsintēzes periodos*. Pirmssintēzes periods ( $G_1$ ) ilgst vidēji 9—11 stundas. Šajā laikā šūna aug, atjaunojas iepriekšējais organoīdu daudzums (kā mātšūnā), uzkrājas olbaltumvielas un DNS sintēzei nepieciešamās vielas. Šūna izpilda savas specifiskās funkcijas.

Sintēzes periods (S) ilgst 6—7 stundas. Šajā laikā notiek DNS materiāla dubultošāns (replikācija).

Trešajā interfāzes periodā — pēcsintēzes periodā ( $G_2$ ), kas ilgst 3—4 stundas, šūna gatavojas jaunam dalīšanās procesam. Veidojas speciālas olbaltumvielas, kas nepieciešamas dalīšanās aparāta izveidei, šūna noapaļojas, ievēl izaugumus, tāpēc palielinās. Šūna izdala ieslēgumus, mainās gaismas laušanas koeficients. Centrosomā blakus katrai centriolai veidojas meitcentriolas. Pirms pašas dalīšanās endoplazmatiskais tīkls un Goldži komplekss sadalās sīkos pūslīšos, kas vēlāk savukārt sadalās pa meitšūnām. Mitochondriji vispirms nostājas ekvatorā un tad sadalās pa meitšūnām.

Visizplatītākais ir šūnu netiešās dalīšanās veids — mitoze (gr. *mitos* — pavediens) jeb kariokinēze (gr. *karyon* — kodols, *kinesis* — kustība).

Otrs šūnu dalīšanās veids ir tiešā dalīšanās jeb amitoze (gr. *a* — negācija, *mitos* — pavediens).

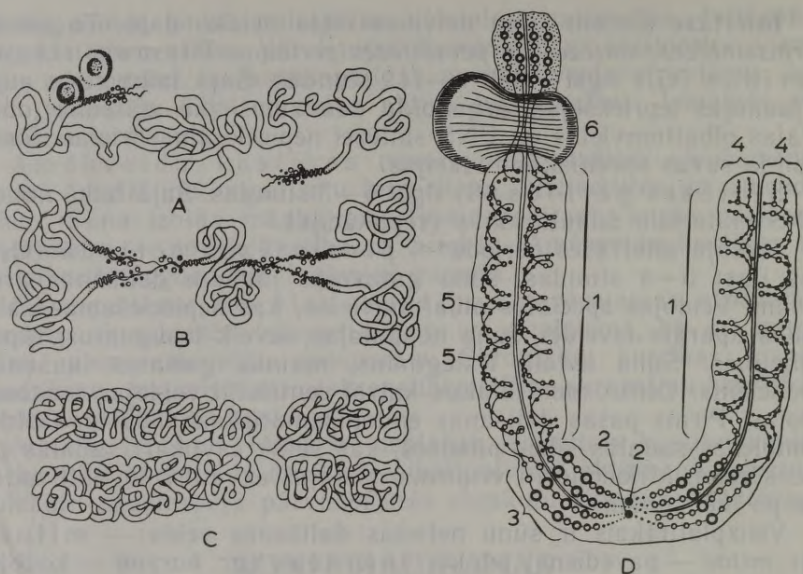
## MITOZE

Lai ērtāk varētu analizēt šūnu netiešo dalīšanos, mitotzi iedala 4 fāzēs: profāzē, metafāzē, anafāzē un telofāzē.

**Profāze** (gr. *pro* — priekšā, *phasis* — parādība) sākas ar izmaiņām centrosomā. Tā kļūst staraina. Dzīvnieku šūnās uz poliem atiet centriolu pāri. Starp tiem sāk veidoties dalīšanās vārpsta, kas sastāv no pavedieniem (mikrocaurulītēm). Augu šūnām centriolas neveidojas. To vietā rodas koniski veidojumi — polu cepures. Zem kodola apvalka notiek dezoksiribonukleoproteīdu (DNP) materiālā kondensēšanās (spiralizēšanās), veidojot hromatīna graudiņus, kas ir labi redzami arī gaismas mikroskopā un ko saista savā starpā vēl dekoncentrēti (despiralizēti), mikroskopā neredzami DNS pavedieni (11. att. A, 20. att. A,B). Saplūstot hromatīna graudiņiem, veidojas tievi, gari pavedieni, kas savijas blīvā kamolā. Hromatīna kondensācijas pakāpei palielinoties, veidojas īsi, resni ķermeņi — hromosomas (gr. *chroma* — krāsa, *soma* — ķermenis), kas kodolā izskatās pēc irdena kamola (20. att. D).

Profāzes laikā kodoliņš izzūd (tā sastāvā esošās ribosomas un olbaltumvielu matrice izkliedējas pa visu kodolu). Profāzes beigās kodola apvalks sairst, veidojot endoplazmatiskā tīkla mi-





20. att. Hromatina kondensācija, veidojoties hromosomām:

A — dekodensēta hromosoma, B — kondensācijas sākums — veidojas hromatina graudiņi, C — kondensēta hromosoma metafāzē, D — hromosomas uzbūves shēma (metafāzē); 1 — hromosomas pleci, 2 — centromēra ar divām hromomērām, ar kurām hromosoma piestiprinās dalīšanās vārpstas pavedieniem, 3 — iepatnējais hromosomas plecu rajons ar despiralizētu DNS, 4 — hromatidas, 5 — hromonēmas, 6 — kodoliņš, kas piestiprināts pie hromosomas kodoliņa organizatora rajonā.

kropušlīšus. Šo kodola apvalku sairšanas periodu mēdz izdalīt kā īpašu fāzi — prometafāzi. Profāzē ilgst apmēram pusstundu.

**Metafāzē** (gr. *meta* — pēc) centriolu pāri (dzīvnieku šūnās) ir novietojušies pretējos polos. Starp centriolām atrodas dalīšanās vārpsta, bet hromosomas bez kādas kārtības brīvi izvietojušās šūnas citoplazmā. Lai izpētītu hromosomas, ar indi kolhicīnu pārtrauc mitotzi metafāzi, kad hromosomas ir vislabāk novērojamas, un tās krāso ar īpašām krāsvielām (parasti ar orseīnu vai acetokarmīnu). Hromosomu uzbūvē var izšķirt divus *plecus* (garo un īso), kurus atdala *primārā iežmauga* jeb *centromēra*. Dažām hromosomām ir arī *sekundārā iežmauga*. Katra metafāzes hromosoma sastāv no divām hromatīdām (hromosomu pusītēm), ko var saskatīt gaismas mikroskopā. Katrā hromatīdā ir divas hromonēmas (ar olbaltumvielām saistītas DNS dubultspirāles, kuras var redzēt elektronmikroskopā (20. att. C, D). Gaismas mikroskopā hromosomas var saskatīt tikai šūnu dalīšanās laikā, kad DNS materiāls ir maksimāli kondensēts (sekundāri spirālizēts). Interfāzes laikā dekodensētā hromosomu DNS un tātad arī hromosomas gaismas mikroskopā nav redzamas.

Hromosomām kā pēc uzbūves, tā arī pēc funkcijām piemīt individualitāte. Katrā hromonēmā (tās DNS molekulā) un atbilstoši katrā hromosomā lineāri ir izvietoti noteikti gēni, kas nosaka

dažādu olbaltumvielu uzbūvi, organisma struktūras, īpašības, regulē dažādas dzīvības norises (sk. «Ģenētikas un selekcijas pamati»). Katrā hromosomu komplektā ir 22 pāri autosomu (ne dzimumhromosomu) un viens pāris dzimumhromosomu. Vīriešiem šajā pāri ir X un Y hromosomas, sievietēm — divas X hromosomas.

Metafāzes beigās hromosomas ar savām centromērām piestiprinās pie dalīšanās vārpstas pavedieniem un novietojas ekvatoriālajā plaknē. Metafāze ilgst 2—3 min.

**Anafāzē** (gr. *ana* — uz, virs) hromatīdas, kas līdz tam atradās cieši līdzās viena otrai, centromēru rajonā atgrūžas viena no otras. Dalīšanās vārpstas pavedieni (mikrocaurulītes, kuru ķīmiskajā sastāvā ietilpst sarautiesspējīgas olbaltumvielas) atvelk hromatīdas (kas tagad bioloģiski iegūst hromosomu nozīmi) uz poliem (meitas zvaigžņu stadijā).

**Telofāzē** (gr. *telos* — gals) hromosomas koncentrējas tuvu centriolām, ap tām veidojas kodola apvalks. Zem kodola apvalka telofāzes sākumā hromosomas redz irdena kamola veidā. Hromosomas dekondensējoties pagarinās, veidojas blīvā kamola stadija. Turpinoties dekondensācijai, kodolā kļūst redzami hromatīna graudiņi un hromatīna tīkls, un beidzot dekondensētās DNP molekulas gaismas mikroskopā vairs nav redzamas. Vienlaikus notiek arī visas šūnas pārdalīšanās (citokinēze).

**Šūnu tiešās dalīšanās** — **amitozes** gadījumā šūnas ģenētiskais materiāls dalās interfāzē. Dalīšanās vārpsta neveidojas. Notiek dekondensētu hromosomu dalīšanās hromatīdās. Tad ar iežmaugu pārdalās kodols un citoplazma. Amitozi novēro embrionālos audos, dažos specializētos audos (šķērssvītoto muskuļu šķiedras simplasta attīstībā) reģenerācijas un deģenerācijas gadījumos. Nav noskaidrots, kā amitozē notiek dekondensētā ģenētiskā materiāla (DNS) sadalīšanās meitšūnās.

**Hromosomas** veidotas no DNS un olbaltumvielām. Tās labi krāsojas ar bāziskām krāsām. Gaismas mikroskopā hromosomas ir novērojamas tikai šūnu mitozes laikā, kad DNS materiāls ir maksimāli kondensēts. Interfāzes laikā dekondensētā hromosomu DNS gaismas mikroskopā nav saskatāma.

Ikvienai organismu sugai katrā somatiskajā šūnā ir noteikts divkārsš jeb *diploidāls hromosomu skaits*. Zirga cērmei tas ir 4, drozofilai — 8, pelei — 40, cilvēkam — 46, sipolam — 16 utt. Šo pašu organismu dzimumšūnās ir uz pusi mazāks — vienkārsš jeb *haploidāls hromosomu skaits*, piemēram, cilvēka dzimumšūnu haploidālais hromosomu skaits ir 23. Hromosomas vienmēr ir pa pāriem līdzīgas (*homoloģiskie hromosomu pāri*).

Hromosomas uzbūvē var izšķirt divus plecus (garo un īso), kurus atdala *primārā iežmauga* jeb *centromēra*.

Metafāzes laikā var redzēt, ka ikviena hromosoma sastāv no divām hromatīdām (hromosomu pusītēm) un katrā hromatīdā ir divas hromonēmas (DNS dubultspirāles saistībā ar olbaltumvielām; 19. att. D).



## ŠŪNU DALĪŠANĀS VEIDI, DIFERENCIĀCIJA, NOVECOŠANA UN NĀVE

Pēc šūnu dalīšanās veida izšķir vairākus mitozes tipus. Simetriskā mitoze dod daudzas pilnīgi vienādas šūnu paaudzes, piemēram, eritrocītus. Asimetriskā mitoze notiek īpašos gadījumos, piemēram, daloties mikrosporai, kā arī attīstoties olšūnai, kad dalīšanās rezultātā veidojas liela šūna (olšūna) un maza šūna (polārķermenītis). Transformējošā mitoze novērojama, šūnām diferencējoties. Meitšūnās rodas neatgriezeniskas izmaiņas, un tāpēc tās atšķiras no mātsūnām. Šādā veida rodas visi dažādo audu šūnu veidi. Uzskata, ka, šūnām diferencējoties, vairums gēnu (DNS fragmenti hromosomās) tiek bloķēti ar īpašām olbaltumvielām. Tādējādi samazinās darbīgo gēnu skaits un šūnas iegūst šauru specializāciju.

Veselā organismā nereti var novērot arī anomālas, atipiskas mitozes, piemēram, monocentriskas, tricentriskas vai policentriskas mitozes, kad šūnas centrs satur tikai vienu centriolu vai veidojas trīs un vairākas dalīšanās vārpstas. Tādā gadījumā meitšūnās būs izmainīts hromosomu skaits. Piemēram, tricentriskas mitozes gadījumā 46 hromosomu hromatīdas (kopā  $46 \cdot 2 = 92$ ) sadalīsies trīs daļās, tātad meitšūnās būs pa 31 vai 30 hromosomām. Homoloģisko hromosomu skaita izmaiņas var novērot, piemēram, ja anafāzē dalīšanās vārpstas defekta dēļ abas hromatīdas aiziet uz vienu šūnas polu. Tad vienā šūnā būs tikai viena hromosoma no attiecīgā homoloģisko hromosomu pāra, bet otrā meitšūnā būs viena lieka hromosoma. Šādu parādību var novērot dažu iedzimtības slimību gadījumā (Dauna slimība, Ternerā—Sereševska slimība u. c.).

**Šūnu mūžs** organismā var būt ļoti dažāds. Sarkanie asinsķermenīši cirkulē asinsrites sistēmā apmēram 130 dienas, balto asinsķermenīšu mūžs var būt no dažām stundām līdz dažām dienām, bet nelielas to grupas var saglabāties pat gadus. Zarnu epitēlijsūnas nomainās nedaudzu stundu laikā. Tas nozīmē, ka visu organisma mūžu notiek šo šūnu intensīva vairošanās. Atšķirībā no iepriekš minētajiem šūnu veidiem šķērssvītrotu muskuļu šķiedras un nervu šūnas postembrionālajā periodā vairs nevairojas, tātad tās funkcionē visu organisma mūžu.

Šūnas var iet bojā, atmirt pēkšņi (mehāniski bojājumi, augstas temperatūras ietekme, indes iedarbība) vai arī lēnām, pakāpeniski izbeidzoties dzīvības procesiem, šūnām deģenerējoties. Fizioloģiskā šūnu deģenerācija novērojama, piemēram, epitēlijam no ārpusē pārragojoties un šūnām atmirstot. Patoloģiskā deģenerācija notiek, ja uz šūnām iedarbojas kaitīgi faktori, piemēram, alkohols iedarbojas uz aknu šūnām, tās atmirst, aknas sarūk; nikotīns izraisa elpošanas ceļu gļotādas šūnu deģenerāciju, atmirstānu. Rodas hroniski elpošanas ceļu iekaisumi, kam sekas var būt plaušu vēzis.

## 2. ORGANISMU VAIROŠANĀS UN INDIVIDUĀLĀ ATTĪSTĪBA

---

Organismu vairošanās ir viens no svarīgākajiem procesiem dzīvajā dabā. Vielu un enerģijas piegāde organismam (barošanās, fotosintēze, ūdens un skābekļa piegāde) nodrošina tā dzīvību, bet vairošanās nosaka sugas eksistenci, iespējamību palielināt sugas indivīdu skaitu un sugas pastāvēšanu daudzās paaudzēs. Organismu vairošanās nodrošina dzīvības nepārtrauktību. Vairošanās funkcija saistīta ar iedzimtību un mainību, ar visas dzīvās dabas evolūciju.

### ORGANISMU VAIROŠANĀS FORMAS

Dzīvajā dabā novērojami ļoti daudzveidīgi vairošanās veidi, tomēr visus tos var iedalīt 2 grupās — *bezdzimumvairošanās* un *dzimumvairošanās*.

**Bezdzimumvairošanās** procesā piedalās tikai viens vecāku organisms, no kura somatiskajām šūnām vai atsevišķām daļām veidojas divi vai vairāki jauni organismi. Bezdzimumvairošanās izplatīta dažādām organismu grupām — baktērijām, aļģēm, sēnēm, augiem, vienšūņiem, sūkļiem, zarndobumaiņiem, dažādu tipu tārpiem u. c. Tās veidi ir dažādi: 1) dalīšanās, 2) pumpurošanās, 3) fragmentācija, 4) vairošanās ar sporām, 5) vairošanās ar vegetatīvajiem orgāniem vai to pārveidnēm (augstākajiem augiem), kā arī ar īpašiem vairķermeņiem un pumpuriem.

**Dzimumvairošanās** procesā piedalās dzimumšūnas. No specializētām dzimumšūnām — gametām (olšūnas un spermatozoidi) apaugļošanās procesā, tām saplūstot, veidojas zigota (apaugļota olšūna). Dzimumvairošanās ir raksturīga kā augiem, tā arī dzīvniekiem. Veidojoties un saplūstot dzimumšūnām, notiek abu vecāku gēnu materiāla un iezīmju pārkombinēšanās. Dzimumvairošanās gadījumā var būt izogāmija, kad dzimumprocesā piedalās divas vienādas gametas, un heterogāmija jeb anizogāmija, kad gametas ir atšķirīgas (olšūna un spermatozoīds). Organismi var būt šķirtdzimumu (vīrišķie un sievišķie) un kopdzimuma (hermafrodīti, kuru organismā ir kā sievišķie, tā arī vīrišķie dzimumdziedzeri). Parasti tomēr arī hermafrodītiem ir svešapaugļošanās, piemēram, sliekai, kaut gan atsevišķos gadījumos,



piemēram, lenteņiem, novērojama pašapaugļošanās. Visos gadījumos dzimumšūnās ir haploīdāls hromosomu skaits.

Īpašs dzimumprocesa variants ir partenogēnēze (jaunavīgā attīstība jeb attīstība bez apaugļošanās). Izšķir fakultatīvo partenogēnēzi un periodisko partenogēnēzi. *Fakultatīvās partenogēnēzes* gadījumā attīstās kā apaugļotās, tā neapaugļotās olšūnas. Bitēm, piemēram, no neapaugļotajām olšūnām attīstās trani, bet no apaugļotajām — darba bites un bišu mātes (tās tiek speciāli barotas). *Periodiskās partenogēnēzes* gadījumā vasaras periodā novērojama partenogēnētiskā attīstība, bet, tuvojoties ziemai, tā tiek nomainīta ar dzimumprocesu.

Partenogēnēzi var izsaukt mākslīgi, iedarbojoties ar dažādiem faktoriem (ķīmiskiem, temperatūru, pH, mehāniskiem u. c.) uz olšūnu. To ir izdevies panākt zīdtauriņiem, vardēm, tritoniem.

## TIEŠĀ UN NETIEŠĀ ATTĪSTĪBA

Organismu individuālā attīstība ir ļoti daudzveidīga un sarežģīta. Kaut gan šis process ir nepārtraukts, tajā var izdalīt embrionālo periodu, kurā dīgļis attīstās zem dīgļapvalkiem, un pēcembrionālo (postembrionālo) periodu, kad organisms sāk patstāvīgu eksistenci.

**Tiešās attīstības** gadījumā embrionālās attīstības rezultātā rodas vecākiem līdzīgs indivīds. Jaunais organisms aug, tā orgāni diferencējas, un organisms pakāpeniski attīstās pieauguša formā. Tiešā attīstība novērojama dažiem bezmugurkaulniekiem (galvājājiem) un augstākajiem mugurkaulniekiem.

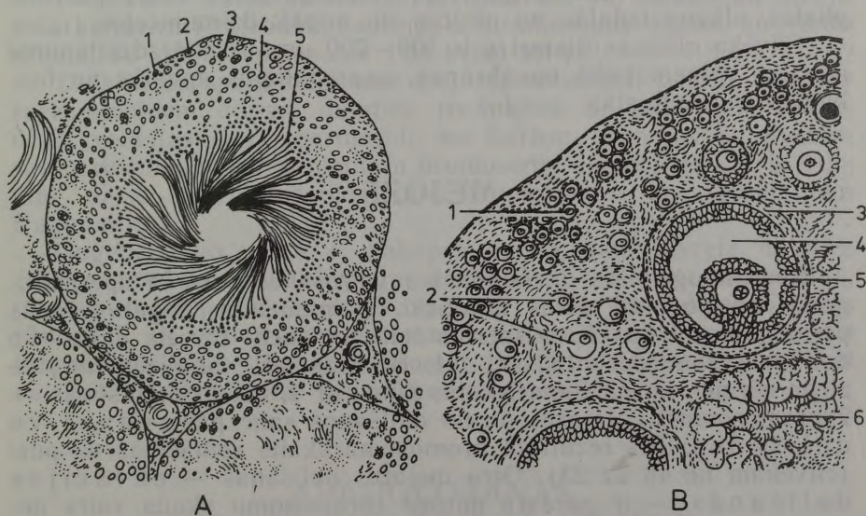
**Netiešā attīstība** (attīstība ar pārvēršanos — *metamorfoze*) novērojama daudziem bezmugurkaulniekiem (sūcējtārpiem, gliemjiem, vēžveidīgajiem, kukaiņiem u. c.) un arī hordaiņiem (zemākajiem hordaiņiem, daudziem abinieku klases pārstāvjiem). Šo dzīvnieku dzīves ciklu pēc dzīves veida var iedalīt divās atšķirīgās stadijās — *kāpura* un *pieauguša dzīvnieka (imaginālajā) stadijā*. Kāpura stadiju raksturo ļoti intensīva barošanās un paātrināta augšana, turklāt kāpuri dzīvo citā vidē (ūdenī, augsnē, uz zemes) nekā pieaugušās formas (piemēram, mušas, vaboles, odi). Metamorfoze šiem dzīvniekiem rada iespēju pilnīgāk izmantot apkārtējo vidi. Ar migrējošo formu starpniecību suga izplatās. Vairumam augstāko kukaiņu kāpura stadijai seko kūniņas stadija. Kūniņā vairums kāpura audu un orgānu noārdās, nenoārdās tikai nervu sistēmas un dzimumorgānu aizmetņi. Kūniņā izveidojas dzimumnobriedis, pieaudzis organisms.

## DZIMUMŠŪNU (GAMETU) ATTĪSTĪBA

Gametoģenēze notiek dzimumdziedzeros no primārajām dzimumšūnām — *spermatogonijiem* un *oogonijiem*.

**Spermatogēnēze** (spermatozoīdu attīstība) notiek sēkliniekos — ieapaļos ķemeņos, ko veido gari, izlocīti kanāliņi. Kanāliņu sienās ir primārās dzimumšūnas — *spermatogoniji*, kas intensīvi dalās. Pieauguša cilvēka sēkliniekos katru dienu var veidoties desmitiem miljonu spermatozoīdu (21. att. A).

Spermatogēnēzē izšķir *vairošanās*, *augšanas*, *nogatavošanās* un *formēšanās periodu*. Spermatogoniji, mitotiski daloties, vairojas visā organisma dzimumbrieduma periodā. Augšanas periods spermatogēnēzē ir vāji izteikts: no spermatogonijiem izaug (interfāzē) nedaudz lielāki pirmās pakāpes spermatocīti. Nogatavošanās periodā pirmās pakāpes spermatocīti divas reizes dalās (mejoze). Pēc pirmās dalīšanās (!) veidojas otrās pakāpes spermatocīti ar haploīdālu hromosomu skaitu (bet ar divām hromatīdām katrā hromosomā). Daloties otrās pakāpes spermatocītiem, veidojas *spermatīdi* (ar vienu hromatīdu katrā hromosomā), no kuriem formēšanās periodā attīstās spermatozoīdi.



21. att. A — žurkas sēklinieka kanāliņa histoloģisks griezumš (palielinājums 200 reizes), 1, 3, 4, 5 — spermatozoīda attīstības stadijas; B — kaķa olšūnas histoloģiska griezumš (palielinājums 200 reizes), 1 un 2 — olšūnas attīstības stadijas, 3 — Grāfa pūslītis, 4 — Grāfa pūslīša dobums, 5 — nogatavojusies olšūna (pirms ekvācijas dalīšanās) ar kodolu, 6 — dzeltenuma ķermenītis, kas izdala sievišķo dzimumhormonu.



Dzīvnieku spermatozoīdu forma un lielums ir atšķirīgi. Cilvēka spermatozoīdi sastāv no *galviņas*, *kakliņa* un *astītes*. Galviņā atrodas šūnas kodols ar haploidālu hromosomu skaitu (cilvēkam 23). Galviņas priekšgalā ir citoplazmas veidojums, kas izdala fermentu (hialuronidāzi) olšūnas apvalku šķīdināšanai. Kakliņā atrodas centrosoma un tālāk — mitohondriji. Cauri kakliņam iet centrālais ass pavediens (*vica*), kas turpinās astītē. Cilvēka spermatozoīda garums kopā ar vici sasniedz 60 μm, bet galviņas garums ir tikai 4—5 μm (22. att. B).

**Ooģenēze** (olšūnu attīstība) notiek olnīcās. Mugurkaulnieku olnīca ir blīvs ķermenis, ko no ārpusē klāj olnīcas apvalks. Zem tā embrionālajā periodā vairojas primārās dzimumšūnas — oogoniji. Augšanas periodā (interfāzē) izaug pirmās pakāpes oocīti, ko aptver folikulārās šūnas, izveidojot folikulus, kuri šādā veidā saglabājas līdz dzimumgatavībai. Pēc tam folikuli sāk nobriest, pārvēršoties par Grāfa pūslīšiem. Stipri izaugušais pirmās pakāpes oocīts Grāfa pūslītī meiotiski dalās. *Reduktīvās dalīšanās* rezultātā veidojas viena liela šūna — otrās pakāpes oocīts un viena maza šūna — pirmais polārķermenītis (abās šūnās hromosomu skaits ir haploīdāls, bet katrā hromosomā ir divas hromatīdas). Pirmais polārķermenītis parasti vairs nedalās un iet bojā (21. att. B). *Ekvācijas dalīšanās* rezultātā no 2. pakāpes oocīta veidojas olšūna un otrais polārķermenītis (abu šūnu hromosomās ir tikai viena hromatīda; 21. att. A).

Ik mēnesi sievietei nogatavojas viena olšūna. Grāfa pūslītīm plīstot, olšūna izdalās no olnīcas un nonāk dzimumceļos.

Cilvēka olšūnas diametrs ir 100—200 μm. To klāj dzeltenuma apvalks (plazmatiskā membrāna), caurspīdīgais apvalks un folikulāro šūnu apvalks.

## MEJOZE

Spermatogēzes un ooģenēzes vairošanās periodā spermatogoniji un oogoniji dalās mitotiski. Dzimumšūnu nogatavošanās periodā pirmās pakāpes spermatocīti un oocīti divreiz dalās. Šo dalīšanos sauc par mejozi (II, III krās. att.; analizēta mejoze zirga cērmei, kuras somatiskajās šūnās ir 4, bet dzimumšūnās — 2 hromosomas). Mejozes pirmo dalīšanos sauc par reduktīvo dalīšanos. Tās rezultātā hromosomu skaits samazinās uz pusi (cilvēkam no 46 uz 23). Otrā mejozes dalīšanās — ekvācijas dalīšanās — ir parasta mitoze (hromosomu skaits vairs nemainās, tas ir haploīdāls).

**Mejoze sākas** ar garu, sarežģītu I profāzi. Vispirms notiek DNS kondensācija, veidojas tievas, garas hromosomas, kas novietojas gareniski šūnas dalīšanās vārpstai, veidojot t. s. buketi. Homoloģisko hromosomu pāri satuvinās, un to iekšējās hromatīdas savienojas (konjugējas) vienā vai vairākos punktos. Pastiprinoties

kondensācijai, hromosomas saīsinās un homologisko hromosomu pāri savijas. Rodas iespāids, it kā hromosomu skaits būtu reducējies līdz haploidālam, kaut gan katra tāda hromosoma ir bivalenta (dubulta), tātad tetraploīda.

Pēc tam konjugējošās hromosomas sāk atvīties un atgrūsties viena no otras, bet krustojuma vietās — *hiasmās* — tās saglabā saistību. Šajās vietās notiek atsevišķu hromosomu iekšējo (kas vērsti viens pret otru) hromatīdu posmu apmaiņu (krustmija).

Šajā brīdī hromosomas ir maksimāli kondensētas. Hiasmu vietās hromosomas atraucas viena no otras, saglabājot apmainītos posmus, un reduktīvās dalīšanās metafāzē *nostājas ekvatoriālajā plaknē pa pāriem* (atšķirībā no mitozes, kur hromosomas ekvatoriālajā plaknē nostājas pa vienai).

Anafāzē *uz poliem atiet veselas hromosomas* (ne hromatīdas, kā tas ir mitozē), tāpēc katrā meitšūnā nonāk pa vienai hromosomai no homologisko hromosomu pāra (vai nu tēvhromosoma, vai mātēhromosoma), bet kopējais hromosomu skaits samazinās līdz haploidālam ( $n$ ). Tiesa, katra hromosoma reduktīvās dalīšanās telofāzē satur divas hromatīdas (nevis vienu, kā tas ir mitozē).

**Mejozes otrā jeb ekvācijas dalīšanās** iestājas pēc īsas interfāzes, kurā nav sintētiskā perioda (!). Tā ir parasta mitoze ar tai raksturīgajām fāzēm. Metafāzē ekvatoriālajā plaknē hromosomas nostājas pa vienai, bet anafāzē *uz poliem atiet hromatīdas*.

Telofāzē katrā meitšūnā (spermatīdos vai olšūnā un otrajā polārķermenītī) atrodas haploīdāls hromosomu skaits ar vienu hromatīdu katrā hromosomā (III krās. att.).

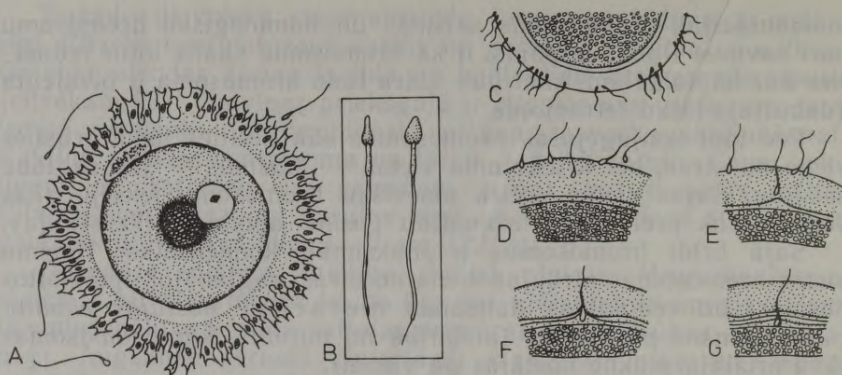
Tādā veidā spermatogēnēzē mejozes rezultātā, pirmās pakāpes spermatocītiem divreiz daloties (reduktīvā un ekvācijas dalīšanās), veidojas četri spermatīdi, no kuriem formējas pa vienam spermatozoidam (ar haploīdālu hromosomu skaitu) no katra. Turklāt divos spermatozoidos būs hromosomas ar apmainītiem fragmentiem.

Oogēnēzē no viena 1. pakāpes oocīta, tam divreiz daloties (mejozes reduktīvā un ekvācijas dalīšanās), veidojas viena olšūna, viens pirmais polārķermenītis (parasti ekvācijas dalīšanās vairs nenotiek) un viens otrais polārķermenītis. Olšūnā būs haploīdāls hromosomu skaits, bet hromosomas ar apmainītiem fragmentiem var būt vai nu olšūnā, vai arī polārķermenīšos.

## APAUGĻOŠANĀS UN TĀS BIOĻOGISKĀ NOZĪME

Apaugļošanās ir divu dzimumšūnu (vīrišķās un sievišķās) saplūšana, kuras rezultātā veidojas apauglota olšūna — zigota. Zigotā apvienojas spermatozoīda haploīdālais hromosomu komplekts ar olšūnas haploīdālo hromosomu komplektu, veidojot





22. att. A — cilvēka olšūnas uzbūves shēma, B — cilvēka spermatozoīda uzbūves shēma, C — apaugļošanās procesa shēma, D, E, F un G — atsevišķas apaugļošanās procesa stadijas.

diploidālu hromosomu skaitu ( $2n$ ). Bez tam spermatozoīds zigotā ienes centrosomu.

Apaugļošanās var būt ārēja (ūdenī — daudziem bezmugurkaulniekiem) vai iekšēja (citiem bezmugurkaulniekiem, putniem, zīdītājiem).

Apaugļošanās augstākajiem mugurkaulniekiem un cilvēkam norisinās olvada augšējā trešdaļā. Olšūnai tuvojas milzīgs skaits (pat miljoni) spermatozoīdu. Spermatozoīdi ar īpašu fermentu (hialuronidāzi) šķīdina olšūnas apvalkus. Pēc folikulāro šūnu un caurspīdīgā apvalka izšķīdināšanas kāds no spermatozoīdiem ar savu galviņu pirmais pieskaras olšūnas dzeltenuma apvalkam (22. att. A, C, D, E, F, G). Olšūna ievieļ sevī spermatozoīda galviņu un kakliņu, olšūnas dzeltenuma apvalks atslāņojas, pārvēršoties par apaugļošanās apvalku. Tagad olšūna vairs neizraisa citu spermatozoīdu hemotaksiju, tie zaudē orientāciju uz olšūnu un iet bojā. Olšūnā iekļuvušā spermatozoīda galviņā esošie orgānoidi izvietojas olšūnas citoplazmā. Spermatozoīda kodols piebriest. Olšūnas un spermatozoīda haploidālie kodoli tuvojas viens otram, izveidojas divi hromosomu komplekti (diploidāls skaits), kas izvietojas dalīšanās vārpstas ekvatorā. Sākas apaugļotās olšūnas (zigotas) mitotiskā dalīšanās — drostalošanās.

Dzimumprocesam ir ļoti svarīga nozīme organiskās pasaules evolūcijā. Apaugļošanās procesā, saplūstot divām dzimumšūnām, zigotā kombinējas abu vecāku iedzimtība, tāpēc jaunās paaudzes iedzimtība bagātinās, papildinās. Bez tam mejozes I profāzē, attīstoties dzimumšūnām, notiek homologisko hromosomu hromatīdu fragmentu apmaiņa, iedzimtības informācijas pārkombinēšanās. Dzimumvairošanās procesam ir lielas priekšrocības salīdzinājumā ar bezdzimumvairošanos. Dzimumprocesa rezultātā pēcnācēji iegūst lielāku dzīvotspēju un labāku pielāgotiespēju jaunās vides

apstākļiem nekā viņu vecāki. Bez tam gametoģenēzes un zigotas drostalošanās laikā iespējamās ģēnu mutācijas, kas dod pavisam jaunu informāciju.

Ģēnu pārkombinēšanās, mutācijas, mainība un organismu dabiskā izlase nosaka dzīvās dabas evolūciju.

## APAUĢĻOTĀS OLŠŪNAS ATTĪSTĪBA

Apaugļošanās procesā spermatozoīds ienes zigotā citoplazmatiskos organoīdus un stimulē attīstības sākumu. Daudzkārtīgo zigotas mitotisko dalīšanos, kas sākas pēc olšūnas apaugļošanās, sauc par drostalošanos. Tā kā, olšūnai drostalojoties, starp atsevišķām mitozēm interfāzē ir ļoti īsa, vielu asimilācija un šūnu augšana netiek līdzī dalīšanās ātrumam. Šūnas — blastomēri —, kas rodas drostalojoties, kļūst aizvien sīkākas. Rievas, kas izveidojas starp blastomēriem, sauc par *drostalošanās rievām*. Izšķir *meridionālās*, *ekvatoriālās* un *tangenciālās rievās*, kas zigotu sadala gareniski tās asij starp animālo (lat. *animalis* — dzīvnieka, augšējā olšūnas daļa) un *veģetatīvo polu* (*vegeto* — augšana, apakšējā olšūnas daļa), kur atrodas augšanai nepieciešamās barības vielas. Drostalošanās rievu virzienu nosaka dalīšanās vārpstas stāvoklis zigotā un pēc tam blastomēros. Drostalošanās rezultātā veidojas vienslāņains daudzšūnu dīgļis — *blastula*, kas ir tikai nedaudz lielāka par zigotu. Blastulas centrālo daļu aizņem dobums — *blastocels*.

Drostalošanās dažādiem dzīvniekiem notiek atšķirīgi. To nosaka olšūnas uzbūves īpatnības, it sevišķi dzeltenuma (barības rezerves) daudzums un sadalījums olšūnā.

Ja olšūnā dzeltenuma ir maz vai vidēji daudz, drostalojas visa zigota. Šādu drostalošanos sauc par *pilnīgu*. Ja olšūnā ir daudz dzeltenuma, tad drostalojas tikai tā zigotas daļa, kurā dzeltenuma ir mazāk (animālais pols), bet apakšējā, ar dzeltenumu pildītā, smagākā daļa (veģetatīvais pols) nedalās. Drostalošanās veidu nosaka arī dzeltenuma izvietojums un organisma attīstības īpatnības.

## BLASTULAS UN GASTRULAS STADIJAS

Noskaidrojot hordaiņu tipa dzīvnieku individuālo attīstību, izdevīgi sākt ar **lancetnieka attīstību**, jo lancetnieks ir viens no vienkāršākajiem šā tipa pārstāvjiem.

Lancetnieka *zigotas pirmā drostalošanās rievā* iet meridionālā virzienā, jo olšūna ir nedaudz saplacināta un tāpēc dalīšanās vārpsta atrodas horizontālā plaknē. Veidojas divi vienādi blastomēri. *Otrā drostalošanās rievā* (arī meridionālā) vienlaikus (sinhroni) abus blastomērus sadala 4 šūnās. Nākamā — *ekvatoriālā*



*rieva* — sadala šīs šūnas 8 blastomēros. Katrā dališanās reizē blastomēru skaits dubultojas.

Apmēram 32 blastomēru stadijā veidojas avenes ogai līdzīgs dīgļis — morula. Morulai dobuma nav. Drostalošanās procesam turpinoties un šūnu skaitam palielinoties, dīgļa šūnas sāk uzsūkt vides šķidrums. Veidojas vienslāņains dīgļis — blastula. Blastulas sienu nevar uzskatīt par dīgļlapu, jo tajā izvietotas šūnas, nno kurām attīstās visas trīs dīgļlapas. Ar blastulas izveidošanos drostalošanās noslēdzas.

Nākamais dīgļa attīstības periods ir gastrulācija — divslāņu dīgļa — gastrulas vairošanās. Izveidotas lancetnieka blastulas veģetatīvais pōls ir platāks, tā šūnas ir nedaudz lielākas, jo satur dzeltenuma graudus. Ieliecoties un aktīvi ieaugot veģetatīvajā polā, šūnas veido gastrulas *iekšējo dīgļlapu* — entodermu. Animālā pola šūnas paliek gastrulas ārpusē un veido *ārējo dīgļlapu* — ektodermu. Ieliekšanās vietu apzīmē par gastroporu (gastrulas atveri), bet gastrulas dobumu — par primārās zarnas dobumu jeb gastrocelu, kura sienīņas veido entoderma. Ir izveidojusies divslāņu dīgļa stadija — gastrula. Gastrulācijas laikā dīgļis aug garumā, bet gastropora atvere neaug vai pat sašaurinās.

Šūnu materiāls gastrulā ir izkārtots noteiktā veidā. Entodermas mugurdaļā gareniskās ass virzienā atrodas šūnu materiāls, no kura turpmāk attīstās horda. Virs hordas esošā ektoderma veido nervu plātnīti, bet viss pārējais ārējais šūnu kārtas slānis, tālāk attīstoties, veido ādas epitēliju. Iekšējā kārtā abās pusēs gareniski hordai atrodas materiāls, no kura tālāk veidojas *trešā dīgļlapa* — mezoderma. Entodermas apakšējā daļa attīstības procesā veido zarnu dobuma epitēliju.

Dabādās dzīvnieku klasēs gastrulācija notiek atšķirīgi.

## DĪGĻLAPAS UN DĪGĻA ASS ORGĀNŪ AIZMETŅU VEIDOŠANĀS

Gastrulācijai sekojošais attīstības etaps saistīts ar dīgļlapu diferenciāciju un dīgļa ass orgānu veidošanos. Diferencējas ektoderma, entoderma un trešā dīgļlapa — mezoderma, veidojas dīgļa ass orgāni — horda, nervu caurulīte, zarnu kanāls, segmentētā muguras mezoderma (somīti), arī sekundārais ķermeņa dobums — *celoms*. Dīgli, kurā veidojas nervu caurulīte, sauc par *neirulu*.

Neirulā hordas aizmetnis atrodas iekšējā šūnu slāņa mugurdaļā gareniskās ass virzienā. Hordas šūnu materiāls inducē ektodermā nervu sistēmas attīstību. Nervu plātnītes materiāls pakāpeniski iegrimst zem ektodermas un ieliecoties veido nervu caurulīti. No kopējā entodermas aizmetņa nodalās hordas materiāls, kas, šūnām vairojoties, noapaļojas un veido garenisku, blīvu muguras stiegru. Abās pusēs hordai izvietotie mezodermas aizmetņi, kabatveidīgi izliecoties, atdalās no zarnas entodermas un hordas un

ieaug spraugā starp ādas ektodermu un zarnas entodermu. Gare-niskā virzienā mezoderma sadalās atsevišķos segmentos — *mezo-dermas somītos*. Vēderdaļā mezoderma sašķēļas divās lapās (iek-šējā un ārējā mezodermas lapā), kas veido sekundāro ķermeņa dobumu (sprauga, kas atrodas starp iekšējiem orgāniem — ak-nām, zarnām utt.) izklāju. Pēc mezodermas atdalīšanās brīvās entodermas malas tuvinās un saaug kopā, izveidojot zarnas ka-nālu (zarnas gļotādas epitēlijs).

No katras digļlapas attīstās noteiktas organisma struktūras. Mugurkaulniekiem no ektodermas attīstās daudzkārtainais ādas epitēlijs, nervu sistēma un maņu orgānu uztverošā daļa (receptori), gremošanas trakta sākuma un beigu daļas (mutes un deguna dobuma, taisnās zarnas beigu daļas) gļotāda, acs radzene un lēca, ādas sviedru un tauku dziedzeri, daži iekšējās sekrēcijas dziedzeri. No entodermas veidojas gremošanas ka-nāla gļotāda, gremošanas dziedzeri, elpošanas orgānu izklājs (endotēlijs). No mezodermas attīstās muskulatūra, sekundārā ķermeņa dobuma izklājs, barības vada, kuņģa un zarnu mus-kulatūra, asinsrites sistēmas orgāni (sirds, asinsvadi un to mus-kulatūra), skeleta elementi, īstā āda, saistaudi, kas izvietoti zem ādas, ap iekšējiem orgāniem, kā arī blīvie saistaudi.

## ABINIEKU UN PUTNU EMBRIONĀLĀS ATTĪSTĪBAS ĪPATNĪBAS

Evolūcijas procesā abinieku un putnu attīstība salīdzinājumā ar lancetnieka attīstību ir komplicējusies.

**Abinieku attīstībā** novērojamas dažādas īpatnības, ko nosaka samērā liels dzeltenuma daudzums olšūnā un attīstība seklās ūdenstīlpēs. Dzeltenuma graudi sava smaguma dēļ nosēžas olšū-nas veģetatīvajā polā, bet augšējā — animālajā polā dzeltenuma ir ļoti maz. Abinieku zigotas drostalošanās ir pilnīga, bet nevien-mērīga.

Gastrulācija tāpat kā lancetniekam notiek, ieliecoties blastulas sienai, tikai gastropora atveri gandrīz pilnīgi noslēdz lielās veģe-tatīvā pola šūnas (dzeltenuma aizbāznis), kas veido sekundārās zarnas sienīņu.

Sakarā ar entodermas šūnu lielo inertumu mezodermas mate-riāls agri atraujas no entodermas un brīvas malas veidā aug starp ektodermu un entodermu. Tālākā attīstība principā maz atšķiras no lancetnieka attīstības.

**Putnu attīstības** īpatnības nosaka ļoti liels dzeltenuma dau-dzums olšūnā (olas dzeltenums), kā arī olas attīstība ārpus ūdens vides. Lielā dzeltenuma daudzuma dēļ drostalojas tikai animālajā polā diskveidā izvietotā no dzeltenuma brīvā digļa daļa.

Drostalošanās rezultātā rodas diskoblastula. Šūnām tan-genciāli šķeloties, veidojas gastrula, kas sastāv no ektodermas un entodermas un veido digļa vairodziņu.



Dīgļa ass orgānu veidošanās novērojama dīgļa vairodziņa vidū. Ektodermas šūnām sablīvējoties, veidojas *pirmatnējā sloksnīte*, no kuras attīstās horda un trešā dīgļlapa — mezoderma. Virs hordas esošais nervu plātnītes materiāls pārvēršas par nervu caurulīti. Tādējādi uz olas dzeltenuma virsmas attīstās plakans dīgļlis.

Attīstība ārpus ūdens vides nosaka īpašu ārpusdīgļa (provizorisko) orgānu veidošanos. Apkārt dīglim izveidojas ūdens apvalks jeb amnijs. Vienlaikus attīstās arī serozais apvalks. Veidojoties amnija dobumam, rodas amnija kroka, bet dīgļa ķermeni (gredzenveida) kroka norobežo no dzeltenuma, kuram apaug visas trīs dīgļlapas.

Entoderma un mezodermas iekšējā lapa veido dzeltenuma maisu. Dzeltenums, putna dīglim attīstoties, tiek izlietots par barības avotu un pakāpeniski uzsūcas. Dzeltenuma maiss tiek ievilkts ķermenī.

No zarnu kanāla pakalējās daļas starp abām mezodermas lapām izeaug caurule, kas dīglim apaug plakana maisa veidā starp amnija sienu un serozo apvalku. Tas ir alantojs jeb asinsvadu apvalks — embrionāls asinsrites, elpošanas orgāns un izvadorgāns.

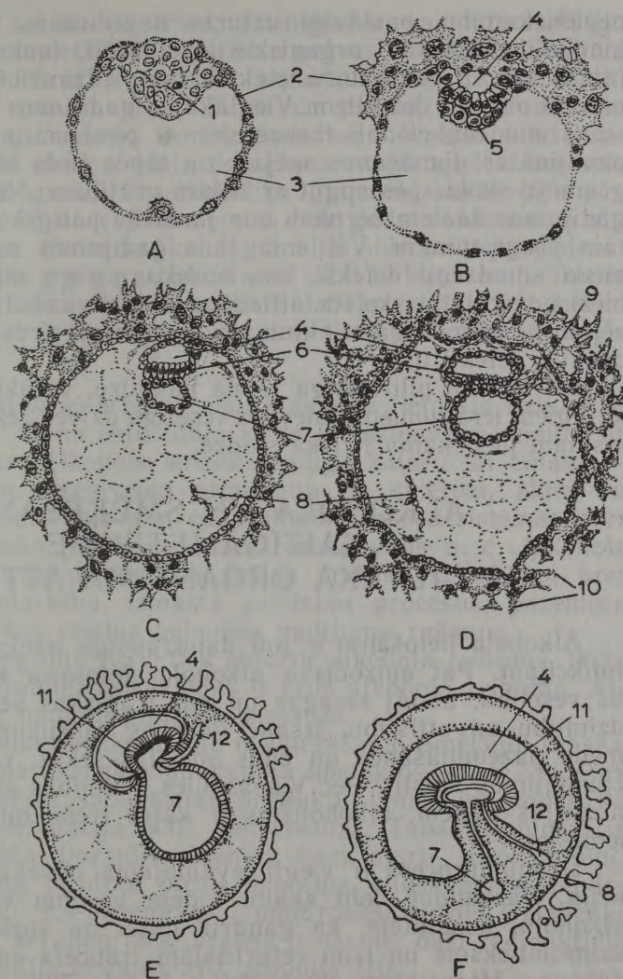
## CILVĒKA UN CITU ZIDĪTĀJU ATTĪSTĪBAS ĪPATNĪBAS

Zidītāji, to skaitā arī cilvēks, ir dzīvdzemdētāji, kuriem iekšēja attīstība (dzemdē), tāpēc dīgļa veidošanās procesā novērojamas vairākas īpatnības. Tāpat kā putniem, zidītāju un cilvēka dīgļiem veidojas trīs svarīgākie ārpusdīgļa (provizoriskie) orgāni — *ūdens apvalks* (amnijs), *asinsvadu apvalks* (alantojs) un *amnija ārējā siena* (seroza).

Zidītāju un cilvēka dīgļa pūslītim (tā sienīņa — *trofoblasts*) augot, rodas vēl viens provizorisks orgāns — horijs. Šis maisveidīgais orgāns apgādā dīgli ar barības vielām (jo olšūnā dzeltenuma nav). Horija sienīņas ārpusē attīstās bārkstiņas, kas palielina uzsūkšanas virsmu (23. att.). Horija daļa, kas vērsta pret dzemdes sienu, intensīvi aug, veidojas sekundārās bārkstiņas; pret dzemdes dobumu vērstā horija daļa, dīglim augot, kļūst gluda. Bārkstainā horija daļa cieši saistās ar dzemdes gļotādu (cilvēkam pat to daļēji šķīdina) un kopā ar to veido dīgļa vietu jeb *placentu*, caur kuru notiek dīgļa apgāde ar skābekli un barības vielām, kā arī vielmaiņas galaproduktu ( $\text{CO}_2$ , urīnvielas utt.) aizvadišana no dīgļa visu turpmāko dīgļa augšanas laiku.

Cilvēka dīgļa normālai attīstībai sevišķi svarīgi ievērot higiēnas noteikumus pirms apaugļošanās un grūtniecības perioda sākumā.

Pirmsapaugļošanās periodā, vismaz pēdējās divās nedēļās, ne nākamais tēvs, ne māte nedrīkst lietot alkoholu, smēķēt, lietot



23. att. Cilvēka embrija agrīe attīstības etapi:

A — digļa pūslīša stadija, B — 8 dienas veca cilvēka digļa griezumā shēma, C — 12 dienas veca cilvēka digļa griezumā shēma, D — 13—14 dienas veca cilvēka digļa griezumā shēma, E un F — cilvēka digļa provizorisko orgānu veidošanās; 1 — digļšūnu kaudzīte (embrioblasts), 2 — trofoblasts, 3 — digļa puslītis, 4 — amnija dobums, 5 — entodermas šūnas, 6 — digļa disks, 7 — dzeltenuma maisis, 8 — arpusdigļa mezoderma, 9 — digļa kajiņa, 10 — horija bārkstiņas, 11 — ektoderma, 12 — alantojs.

medikamentus, nedrīkst būt slimi. Visu minēto faktoru ietekmē var veidoties nepilnvērtīgi spermatozoīdi vai olšūna (ar DNS un citu ķīmisko struktūru defektiem). Pat pēc vienreizējas alkohola lietošanas rodas nepilnvērtīgas dzimumšūnas.

Topošajai mātei sevišķi jāsaņem pirmajos trīs grūtniecības mēnešos, it īpaši t. s. kritiskajos periodos — apmēram 7. dienā pēc apaugļošanās, kad notiek digļa ieligzdošanās dzemdes sienā, 4. nedēļā, kad notiek galveno ass orgānu attīstība, un 11. nedēļā, kad veidojas placenta. Cilvēka digļa attīstības traucējumus var izraisīt alkohols, veneriskās slimības, vīruslimības (to skaitā gripa), nikotīns (arī pasīvā smēķēšana —, ja grūtniece atrodas piesmēķētās telpās), medikamenti (tetraciklīns, sulfadimezīns u. c.), skābekļa trūkums (ja grūtniece slimo ar sirdsdarbības



nepietiekamību, pastāvīgi uzturas nevēdinātās telpās), dažādas ķīmikālijas (dažādi organiskie šķīdinātāji, lauksaimniecībā lietotajām indes). Šo faktoru ietekmē var piedzimt bērni ar smadzeņu un citu orgānu defektiem. Viegļākajos gadījumos bērnam būs tikai smadzeņu funkcionāli traucējumi — pavājināta atmiņa, uztvere, pavājinātas domāšanas spējas, un tāpēc šāds bērns mācību programmu skolā spēs apgūt ar lielām grūtībām. Nedaudz smagākos gadījumos šādiem bērniem būs jāmacās palīgskolās pēc atvieglo-tām programmām. Vēl smagākos gadījumos novērojami anatomi-ski smadzeņu defekti, kas nosaka garīgu atpalicību. Relatīvi bieži novērojami skeleta attīstības defekti, zaķalūpa, redzes trau-cējumi līdz pilnīgam aklumam, kurlums, sirds un citu iekšējo orgānu defekti utt.

Lai dzimtu pilnvērtīga jaunā paaudze, vecākiem jāatsakās no kaitīgiem ieradumiem, jāievēro veselīgs dzīves režīms, jādod orga-nismam pietiekama fiziskā slodze.

## ALKOHOLA UN SMEĶĒŠANAS KAITĪGĀ IETEKME UZ CILVĒKA ORGANISMA ATTĪSTĪBU

Alkohola lietošanai ir ļoti daudzpusīga ietekme uz organisma funkcijām. Pat epizodiska alkohola lietošana kaitīgi iedarbojas uz veselību, atstāj smagas un pat traģiskas sekas uz bērna iedzimtību un attīstību, izsauc ģimenes sabrukumu, tikumības lī-meņa pazemināšanos un citas sociālas sekas, rada ekonomiskus zaudējumus valstij. Pēc Vispasaules Veselības aizsardzības orga-nizācijas datiem, alkoholisms ir katra trešā miršanas gadījuma iemesls.

Dzimumprocess ir viegli ievainojama cilvēka organisma fun-kcija. Pārbaudot lielu skaitu vidēja vecuma vīriešu, kuri lieto alkoholu, konstatēts, ka gandrīz pusei no viņiem ir pavājināta dzimumtieksme un trim ceturtdaļām traucēta spermatozoidu vei-došanās. Hroniskiem alkoholiķiem ir līdz 70% nepilnvērtīgu ne-kustīgu spermatozoidu. Sievietēm — alkoholiķēm — veidojas de-fektīvas olšūnas, jau 30—35 gadu vecumā ir traucētas menstruā-cijas, iestājas klimakterijs. Šāda alkohola ietekme saistīta ar to, ka eiforijas (pacilāta garastāvokļa) sasniegšanai tiek lietotas ļoti lielas alkohola devas. Spirtam LD<sub>50</sub> (letālā deva) ir 600 g, t. i., trīs pudeles degvīna pusei cilvēku ir nāvējoša deva. Tātad vienā reizē izdzertais alkohola daudzums var būt tuvs šai robežai. Al-kohola intoksikācija pirms bērna ieņemšanas (pat pēc vienreizējas 50 g degvīna iedzeršanas) izraisa bērna fizisku un garīgu atpa-licību, jo samazinās nervu šūnu dalīšanās ātrums, tāpēc embrio-nālajā periodā neveidojas pietiekami liels nervu šūnu skaits. Bieži bērni piedzimst nedzīvi vai ar organiskiem attīstības traucējumiem un kropļībām: kopā saauguši pirkstiem, šķielēšanu, iedzimtu kurlumu, mugurkaula šķēlumu ar muguras smadzeņu izspiešanos

zemādā, galvas smadzeņu trūci, ūdensgalvu vai mikrocefāliju (neattīstītām vai nepietiekoši attīstītām galvas smadzeņu lielajām puslodēm). Šādi bērni ir psihiski atpalikuši vai pilnīgi idioti. Šķietami veselie dzērāju bērni fiziski un psihiski lēnāk attīstās (vēlāk sāk staigāt, runāt), tiem ir smadzeņu funkcionālie traucējumi, pavājināta atmiņa, trula domāšana, vājas spriešanas spējas. Apsekojot 28 gadus 10 alkoholiķu ģimenes, kurās bija piedzimuši 57 bērni, 25 no viņiem nomira līdz gada vecumam, 5 slimoja ar epilepsiju (kritamā kaite), 5 bija hidrocefālija (ūdensgalva), 12 izpaudās garīga atpalicība un tikai 10 bija veseli. Tomēr arī šādi «veselie bērni» nespēj saņemt labāku atzīmi par bezizmēra trijnieku. Tur ir vainīgi vecāki, kas lietojuši alkoholu, nevis bērnu slinkums.

Alkohols negatīvi iedarbojas arī uz paša tā lietotāja fizioloģiskajām sistēmām. Viena ceturtdaļa sirds un asinsvadu slimību ir alkohola izraisītas. Alkohols ierosina kuņģa kataru un čūlas slimību, aknu šūnu perēkļveida atmiršanu un sklerozi, aknu un aizkuņģa dziedzera iekaisumu, cukurslimību, nervu sistēmas darbības un bioķīmisko procesu norises traucējumus u. c. Alkohols pazemina organisma pretestības spējas pret infekcijām un pret toksisku vielu iedarbību, izmaina psihiskos procesus, pazemina uztveres asumu, kas veicina nelaimes gadījumu rašanos.

50—70% noziegumu ASV tiek izdarīti alkohola reibumā, 96% huligānisma gadījumu noziedznieks ir bijis alkohola reibumā. Alkoholisms bieži ir pamata ģimenes iziršanai.

Otra ļoti bīstama toksikomānija ir smēķēšana. Smēķējot tabaka sadeg nepietiekama skābekļa daudzuma apstākļos, tāpēc veidojas daudz indīgu daļējas sadegšanas produktu. Smēķējot notiek šo produktu sausā destilācija 300° temperatūrā. Tabakas dūmos ir tvana gāze, oglekļa dioksīds, aldehīdi, ēteri, spirti, fenoli, amīni, nikotīns, piperidīns, piridīns, pirols, hinolīns, etiķskābe un skudrskābe, akroleīns, 3,4-benzpirēns, dihidrooksibenzols, slāpekļa oksīdi, amonjaks, sērūdeņradis, arsēna trioksīds, daži radioaktīvie elementi — svins-210, bismuts-210, polonijs-210.

Smēķētājs ieelpo gaisu, kurā tvana gāzes koncentrācija 840 reižu pārsniedz maksimālo pieļaujamo koncentrāciju, cianīda — 160 reižu, acetaldehīda — 16 reižu utt. 20 papirosi satur 0,1 g nikotīna (dažādu šķirņu tabakā ir no 0,6 līdz 9,9% nikotīna), kas ir vienreizēja nāvējoša deva nepieradušam cilvēkam. Smēķētāja dzīvoklī iet bojā istabas putni.

Neskatoties uz tabakas dūmos esošajām daudzajām indēm, nikotīns īslaicīgi tonizē (aktivizē), bet pēc tam novājina nervu šūnas, pazemina to darbaspējas.

Smēķēšana saīsina dzīves ilgumu, veicina saslimšanu ar visdažādākajām slimībām. Smēķētājs nevar būt labs sportists. Smēķētāja elpošanas ceļu gļotāda ir nepārtraukti iekaisusi, bieži tūskaina, tāpēc tā fiziskās slodzes traucē elpošanu. Smēķētāja plaušas un sirds nespēj izturēt lielas slodzes — organismā ātri



iestājas skābekļa nepietiekamība. Muskuļu spēks 10—15 min pēc cigaretes izsmēķēšanas pazeminās par 15%, cieš kustību koordinācija. Basketbolistu trāpīgums soda metienu izpildē pazeminās par 12%. Palēninātā reakcija ir stipri jūtama sporta spēlēs — basketbolā, tenisā u. c. Šāvējam, kas parasti sašauj 96 punktus no 100, pēc divu cigarešu izsmēķēšanas rezultāts ir 40 punkti. Šaha maču laikā telpā kategoriski aizliegts smēķēt, jo tabakas dūmi pavājina domāšanu, pazemina rezultātus.

Smēķēšana pavājina dzimumspējas, negatīvi ietekmē dzimumšūnu veidošanos, dzimumprocesu un dīgļa attīstību, jo tvana gāze saistās ar asiņu hemoglobīnu 300 reīzu aktīvāk nekā ar skābekli. Tāpēc smēķētāja un arī pasīvā smēķētāja (grūtnieces) organismā ir pastāvīgs skābekļa trūkums, organisms tiek hroniski saindēts ar minētajām indēm. Šo iemeslu dēļ uzturēšanās piesmēķētās telpās vai smēķēšana grūtniecēm izraisa spontānus abortus, cilvēka auglis attīstās nepilnvērtīgs, bieži notiek priekšlaicīgas dzemdības. Smēķētāju bērniem ir mazāka masa, pazemināts fiziskās un psihiskās attīstības līmenis.

Šo iemeslu dēļ smēķēt aizliegts tādu profesiju pārstāvjiem kā skolotājiem, medicīnas darbiniekiem. Smēķēt aizliegts sabiedriskās vietās (teātros, skolās, vilcienos, sabiedriskās lietošanas telpās). Smēķēt nedrīkst nevienā vietā, kur bez smēķētāja ir kaut viens nesmēķētājs, īpaši bērni, kurus nedrīkst pieradināt pie tabakas dūmu smakas. Smēķētāji veicina netīrību — splauj, nosviež cigarešu galus un sērkoņus jebkurā vietā (tāpēc vajadzētu aizliegt smēķēt arī uz ielas), absolūti nerēķinās ar citiem cilvēkiem. Lai cīnītos pret smēķēšanu, jāapgrūtina cigarešu un citu tabakas izstrādājumu iegāde, tiem regulāri jāpaaugstina cena, pret smēķētājiem jāpiemēro tādas pašas sankcijas kā pret alkohola lietotājiem.

Sabiedriski vēl bīstamāka ir narkotiku un dažādu citu toksisku vielu lietošana, kas rada pieradumu un psihisko atkarību. Narkomāni un toksikomāni, lai panāktu eiforiju (paasinātu psihisku un fizisku uzbudinājumu) un tai sekojošu nomierinošu (atslābinošu) efektu, spiesti lietot šīs vielas aizvien lielākās devās. Organisma hroniskai saindēšanai seko abstinences sindroms, kas saistīts ar narkotikas vai toksiskās vielas (arī alkohola un nikotīna) izdalīšanos no organisma. Šīs izjūtas psihiski un fiziski ir ļoti mokošas, tāpēc jau pēc nepilnas diennakts rodas nepārvarama prasība pēc narkotikas.

Šo iemeslu dēļ narkomāni un toksikomāni drīz iet bojā (saindēšanās, psihozes, kriminālnozieģumi, pašnāvības).

Sievietēm — narkomānēm, kas lietojušas narkotiku grūtniecības laikā, bērni bieži dzimst nedzīvi vai jaundzimušajiem dažas stundas pēc dzimšanas rodas abstinences sindroms — organisma prasība pēc narkotikas, iestājas vispārējs nemiers, krampji, vemšana, caureja, apgrūtināta elpošana, kritas asinsspiediens, apstājas sirdsdarbība (kolapss), iestājas nāve.

### 3. BOTĀNIKA

---

Botānika ir bioloģijas nozare, kas pēta augus. Augu ārējo uzbūvi pēta *augu morfoloģija*, bet iekšējo — *augu anatomija*. Augos noritošos procesus un to likumsakarības skaidro *augu fizioloģija* un *augu bioķīmija*. Augu sugas apraksta, dod tām nosaukumus un klasificē *augu sistemātika*. Ar dažādu augu sugu izplatības jautājumu skaidrošanu nodarbojas *augu ģeogrāfija*, bet sugu sastāvu noteiktā teritorijā pēta *floristika*.

Atsevišķas augu grupas pēta īpašas botānikas nozares: aļģes — *algoloģija*, baktērijas — *mikrobioloģija*, sēnes — *mikoloģija*, ķērpjus — *lihenoloģija*, sūnas — *brioloģija*. Baktērijas un sēnes šodien izdala atsevišķās organismu valstīs, taču pēc tradīcijas, tāpat kā skolu mācību grāmatās, mēs tās aplūkosim kopā ar augiem botānikas nodaļā.

Botānika cieši saistīta ar ģenētiku, selekciju, lauksaimniecību, dārzkopību, mežkopību. Botānikas un ar to saistīto zinātņu sa-  
sniegumi dod iespēju iegūt augstas ražas, labāk un racionālāk izmantot savvaļas augu bagātības.

Augu valsts ir dzīvās dabas sastāvdaļa. Tajā ietilpst ļoti dažādi, ļoti daudzveidīgi augi. Augi uz Zemes ir ļoti plaši izplatīti: tie sastopami gan uz sauszemes (mežos, pļavās, purvos un, protams, arī cilvēka dēstītos dārzos un iesētos tīrumos), gan arī ūdeņos — saldūdeņos, okeānos un jūrās. Sauszemes veģetācijā galvenā nozīme ir dažādiem sēkļaugiem, turpretī jūrās un okeānos zemūdens «pļavas» veido aļģes.

Šodien ir pazīstamas ap 300—350 tūkst. augstāko augu sugas un ap 120—160 tūkst. zemāko augu (tradicionāli šajā skaitā ietverot arī sēnes) sugas. Šiem organismiem ir milzīga nozīme ne tikai cilvēka dzīvē, bet arī dabā. Atgādināsim, ka zaļie augi ir skābekļa producenti uz Zemes un nodrošina dzīvnieku un cilvēka eksistenci. Baktērijas un sēnes piedalās atmirušu organismu noārdīšanā un pārveidošanā, ķērpji ir pionieraugi, kas uz kailām klintīm un akmeņiem vai neaugļīgiem cilmiežiem veido pirmās augsnes daļiņas, utt.

Daudzveidīgo augu valsti atkarībā no veģetatīvā ķermeņa izveidojuma iedala divās lielās grupās: *zemākajos augos* un *augstākajos augos*. Zemāko augu veģetatīvais ķermenis ir pamatorgānos nediferencēts vai vāji diferencēts. Tādu veģetatīvo ķermeni sauc par *laponi* (piemēram, aļģēm, ķērpjiem). Turpretī augstāko augu veģetatīvais ķermenis parasti diferencēts trīs galvenajos



pamatorgānos — *stumbrā, lapās un saknē*. Stumbrs, lapas un sakne ir auga veģetatīvie orgāni, šiem orgāniem izveidojušās dažādas pārveidnes, kas saistītas gan ar augu pielāgošanos dažādiem dzīves apstākļiem, gan arī ar augu ģeneratīvo un veģetatīvo vairošanos.

Botānikas kursa uzdevums ir iepazīt augu daudzveidību, to pielāgošanos konkrētai dabas videi.

## AUGU ŠŪNU UZBŪVE. JĒDZIENS PAR AUDIEM

Augu uzbūves pamatvienība ir šūna. Šūnu ietver plāna *plazmatiskā membrāna*, virs kuras ārpusē ir *šūnapvalks* jeb *šūnas sienīņa*, kas sevišķi labi izveidota prokariotu un augu šūnām. Šūnas iekšējais saturs ir *kodols* un *citoplazma*. Jaunās šūnās dzīvais saturs aizpilda visu šūnas tilpumu. Tikai vēlāk vielmaiņas rezultātā izveidojas īpaši dobumi — *vakuolas*, kas pildītas ar šūnsulu un novietojas šūnas centrālajā daļā, bet pārējā citoplazma ar tajā ieslēgto kodolu atrodas šūnas perifērijā — gar plazmatisko membrānu. Augu šūnu dzīvo saturu (bez šūnapvalka un vakuolām) sauc par *protoplastu*. Ar šūnsulu pildītās vakuolas un plastīdas ir specifiski, tikai augu šūnām raksturīgi komponenti.

Šūnapvalks norobežo šūnu no šūnas. Šūnas bez šūnapvalka sauc par *kailām*. Augu valstī kailas šūnas ir sārtalģu karposporas savas attīstības sākumā.

Augu šūnu grupas, kuras ir līdzīgas pēc savas izcelsmes, uzbūves un izpilda vienādas funkcijas, sauc par *audiem*. Izšķir *veidotājaudus* (meristēmas jeb nediferencētos audus) un *specializētos* (diferencētos) *audus*. Specializētie audi attīstījušies no veidotājaudiem. Pēc veicamajām funkcijām izšķir šādas galvenās audu grupas: pamataudus, segaudus, mehāniskos audus un vadaudus.

### SEGAUDI

Segaudu uzdevums ir aizsargāt augu no kaitīgiem apkārtējās vides apstākļiem, reizē saglabājot saistību ar šo vidi. Auga orgānus to veidošanās sākumā sedz primārie segaudi — *epiderma*, bet vēlāk uz vecākajām augu daļām attīstās sekundārie segaudi — *periderma* un terciārie segaudi — *kreve*.

**Epiderma** sedz lapas, stumbru, sakni (izņemot tās uzmavu un augšanas konusa galu). Epiderma parasti sastāv no vienas šūnu kārtas (24. att.). Tās šūnu apvalki satur īpašu vielu — *kutīnu*, kas, izdaloties virs epidermas, veido plānu nepārtrauktu *kutikulas slāni*. Dažkārt uz epidermas veidojas matiņi, kuru funkcija galvenokārt ir sargāt augus no pārkaršanas saulē, pārmērīgas transpirācijas, straujām temperatūras maiņām.

Epidermā atrodas atveres — atvārsnītes. To funkcijas saistās ar auga gāzu maiņu un transpirāciju (ūdens iztvaikošanu no auga). Atvārsnišu visvairāk ir lapu epidermā, it sevišķi to apakšpusē. Taču atvārsnītes ir arī vainaglapu, putekšņīcu un citu orgānu epidermā. Ūdensaugu peldošajām lapām atvārsnītes ir tikai lapas virspusē, bet lapām ūdenī vispār nav atvārsnišu. Spilgtā apgaismojumā augošām lapām ir vairāk atvārsnišu nekā vājā apgaismojumā augošām lapām.

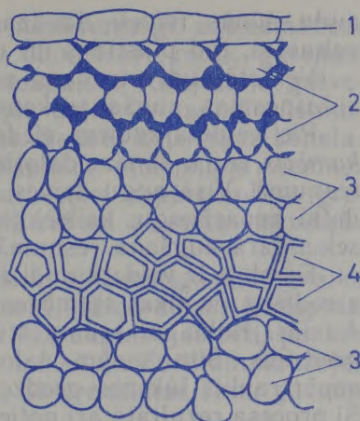
Sakņu epidermu sauc par *rizodermu*.

**Periderma** veidojas daudzgadīgām kailsēkļu un segsēkļu daļām — stumbram un saknei. Tā sastāv no trim kārtām. Vidējās

kārtas — *korķa kambija* — šūnām daloties, uz āru veidojas *korķa kārta*, bet uz iekšu — *korķa miza*. Dažiem augiem korķa kārta ir sevišķi bieza (Amūras korķakokam, korķa ozolam); to izmanto siltuma izolācijai, glābšanas jostu, pudeļu aizbāžņu gatavošanai.

Periderma ir gāzu un ūdens necaurlaidīga. Taču arī tajā veidojas atveres — lenticēles, kas nodrošina saskari ar apkārtējo vidi. Lenticēles redzamas kārpīņu vai pauguriņu veidā. Labi redzamas bērzu lenticēles — vairākus centimetrus garu tumšu svītru veidā uz baltās korķa kārtas.

Dažiem augiem veidojas arī **kreve** (sk. «Stumbra anatomiskā uzbūve»).



24. att. Segaudi, mehāniskie audi un pamataudi ķirbja stumbkā (šķērsgriezuma shēma):

1 — epiderma, 2 — kolenhima, 3 — parenhima, 4 — sklerenhima.

## VEIDOTĀJAUDI

Visā augu dzīves laikā to dažādajos orgānos notiek šūnu dalīšanās un audu veidošanās. Tas vērojams gan viengadīgiem, gan daudzgadīgiem lakstaugiem, krūmiem un pat kokiem. Augos ir veidotājaudi, kuru raksturīgākā īpašība ir šūnu spēja dalīties un veidot arvien jaunas šūnas un jaunus audus.

Veidotājaudi jeb meristēmas sastāv no nelielām šūnām, kurām ir plāns celulozes šūnapvalks. Šūnas dobumu pilnīgi aizpilda citoplazma, kurā vakuolu vai nu nemaz nav, vai arī tās ir sīkas. Tikai retos gadījumos veidotājaudu šūnās ir lielas vakuolas. Kods veidotājaudu šūnās ir relatīvi liels.

Veidotājaudu šūnām daloties un jaunajām šūnām diferencējoties, attīstās pārējo audu šūnas. Diferenciācijas gaitā veidotāj-



audu šūnās notiek daudzas izmaiņas. Vispirms tajās veidojas vakuolas, tad plastidas un uzkrājas dažādas vielas.

Veidotājaudi atrodami sakņu, stumbru un zaru galos, vasas vidusposmos, augšanas konusus.

Pie veidotājaudiem pieder *kambijs*, *kūlišu kambiji* un *korķa kambiji*, kuru šūnām daloties notiek stumbru sekundārā augšana resnumā. Visā augu dzīves laikā stumbri sekundāri aug resnumā daļai paparžaugu, kailšekļiem un divdīgļlapjiem. Viendīgļlapjiem sekundārā augšana resnumā nav raksturīga.

Kambijs ir veidotājaudi (sk. «Vadaudi»). Jāatceras, ka kambiji atrodams ne tikai stumbros, bet arī saknēs un pat lapu lielajās dzīslās. Koku un krūmu stumbros ir nepārtraukts kambija šūnu gredzens. Šīm šūnām daloties, uz ārpusi no kambija veidojas nepārtraukts lūksnes gredzens, bet uz iekšpusi — koksnes šūnas. Šī procesa rezultātā arī notiek sekundārā augšana resnumā. Lakstaugiem šāda nepārtraukta šūnu gredzena nav. Te kambiji sakopots kūlišos, un to sauc par *kūlišu kambiju*. Kambija šūnas ir izstieptas. To garums vairākkārt pārsniedz platumu.

## PAMATAUDI

Pamataudi (parenhīma) aizpilda telpu starp pārējiem audiem (vadaudiem, mehāniskajiem audiem, izdalītājaudiem u. c.), bieži vien aizņemot augu orgānu lielāko daļu. To var redzēt koku un krūmu stumbros, sulīgajos augļos, saknēs, bumbuļos, sīpolos un gumos.

Pamataudi parasti sastāv no dzīvām noapaļoti daudzstūrainām šūnām, starp kurām veidojas starpšūnu telpas (sk. 24. att.). Šūnapvalks ir plāns, sastāv no celulozes. Pamataudi salīdzinājumā ar citām diferencēto audu grupām ir mazāk izmainījušies. Tie spēj atgriezties sākotnējā stāvoklī, t. i., spēj kļūt par veidotājaudiem. Tas, piemēram, novērojams, izaudzējot jaunu begoniju no begonijas lapas, pavairojot gerberas un neļķes audu kultūrās u. c.

## MEHĀNISKIE AUDI

Mehānisko audu (balstaudu) uzdevums, kā to rāda nosaukums, ir nodrošināt dažādu auga daļu mehānisko izturību. Mehāniskā izturība ir nepieciešama gan lakstaugiem, gan krūmiem un kokiem. Sevišķi liela ir koku mehāniskā izturība, noturot stumbru līdz ar kuplo vainagu vertikālā stāvoklī. Mehāniskie audi augā izpilda tādu pašu lomu kā dzelzs stiegras dzelzsbetonā. Mehāniskie audi augā atbilst dzelzs stiegrām, bet pamataudi — betonam.

Izšķir trejāda tipa mehāniskos audus: *kolenhīmu*, *sklerenhīmu* un *sklereīdas*.

**Kolenhīmas** šūnas ir dzīvas, ar nevienmērīgi uzbiezinātiem apvalkiem, izodiametriskas (vienāda diametra), retāk garenas, sasniedz 1—2 mm garumu, to gali noapaļoti. Kolenhīma galvenokārt sastopama divdīgļlapju augšējās daļās — jaunajos stumbros, lapu kātos un plātnēs, ziedu daļās. Saknēs kolenhīma konstatēta reti. Tā nav raksturīga viendīgļlapjiem. Kolenhīma vienmēr atrodas augu orgānu perifērijā. Tā var veidot nepārtrauktus gredzenus, var būt pārtrauktas lentes veidā vai arī izvietota atsevišķās grupās.

**Sklerenhīmas** šūnu būtiska pazīme ir vienmērīgs šūnapvalka uzbiezinājums. Šūnas ir nedzīvas, garas, šķiedrainas, izstieptas, ar smailiem galiem. Celulozes šūnapvalks saglabājas reti, parasti tas pārkoksņējas, t. i., starp celulozes molekulu fibrillām uzkrājas lignīns. Šūnas dobumu piepilda gaiss. Sklerenhīmas šūnu garums sasniedz vairākus centimetrus.

Arī tekstilrūpniecībā izmantojamās augu šķiedras ir sklerenhīmas šūnas. Mūsu apstākļos populārākais šķiedraugs ir līni, kuru šķiedru garums ir 4—60 mm. Pazīstams šķiedraugs ir arī kaņepes.

**Sklereīdas** sauc arī par *akmensšūnām*. Tās var veidot t. s. akmensaudus vai arī atrasties pa vienai. No sklereīdām sastāv dažādu augļu apvalki (riekstiem, zīlēm), sēklapvalki (ķiršu un plūmju kauliņi). Tās sastopamas bumbieru ziedgultnē, koku mizā, ādainās lapās utt. Parasti sklereīdas ir izodiametriskas, bet var būt arī citāda veida. Tās ir nedzīvas šūnas ar biezu pārkoksņējušo šūnapvalku, kurā dažkārt sastopami kalcija un silīcija savienojumu ieslēgumi.

## VADAUDI

Vadaudi nodrošina augu dzīvības procesiem nepieciešamo vielu transportu. Zemākajiem augiem īpaša vadaudu sistēma nav izveidojusies. To lapoņi ūdeni ar minerālvielām parasti uzņem ar visu virsmu. Gan neorganiskās, gan organiskās vielas lapoņos difūzijas rezultātā pārvietojas no šūnas uz šūnu. Arī zemāk attīstītajiem augstākajiem augiem — šūnām — nav izveidojušies īsti vadaudi.

Īstie vadaudi ir paparžaugiem un sēklaugiem. Paparžaugiem, kas atrodas uz zemākas evolūcijas pakāpes, tie ir primitīvāki. Vadaudi sevišķi labi attīstīti kāpelētājaugiem. Ķeraiņu madarai ar kāpelējošu stublāju ir 6 reizes vairāk vadaudu nekā īstajai madarai, kurai stublājs ir stāvs. No tropu meža augiem labi attīstīta vadaudu sistēma ir liānām. Vadaudu nav vai tie ir vāji attīstīti augiem ar reducētu stumbru, piemēram, ūdensziediem, kā arī vispār ūdensaugiem. Ūdensaugi ūdeni un tajā izšķīdušās minerālvielas uzņem ar visu ķermeņa virsmu.



Vielu transportā augstāko augu organismos izšķir divas plūsmas — augšupejošo un lejupejošo. *Augšupejošajā plūsmā* ūdens ar tajā izšķīdušajām minerālvielām plūst no saknēm uz lapām, bet *lejupejošajā plūsmā* no lapām fotosintēzē producētās vielas plūst uz dažādiem auga orgāniem. Tāpēc šīs plūsmas virziens var būt ne tikai uz leju, bet dažreiz arī uz augšu, piemēram, uz ziediem un augliem, kas atrodas auga zaru galotnēs.

Vadaudu elementi ir *traheidas*, *trahejas*, *sietstobri* un *pavadītājšūnas*. Pa traheīdām un trahejām ūdens ar izšķīdušajām minerālvielām plūst no saknēm uz lapām. Savukārt organiskās vielas (fotosintēzes produktus) augā transportē sietstobri ar pavadītājšūnām.

**Traheidas** ir garas nedzīvas šūnas, kuru garums sasniedz 1—4 mm (tikai retumis vairākus centimetrus), bet diametrs — apmēram līdz 0,1 mm. Traheīdu šūnapvalks ir pārkoksnējies, nevienmērīgi uzbiezīnāts vai tajā ir poras. Traheidas ir paparžaugu un kailsēkļu vadaudu galvenais elements. Tās sastopamas arī zemāk attīstītajiem segsēkļiem, bet augstāk attīstītajiem segsēkļiem un liānām to nav. Tāpēc arī uzskata, ka traheidas ir primitīvāks vadaudu elements nekā trahejas.

**Trahejas** pēc formas atgādina mazas caurulītes. Tās veidojušās no dzīvām šūnām, starp kurām izzudusi šķērssiena. Tādējādi traheja kopumā veidojas no daudzām šūnām — trahejas segmentiem. Šādu traheju garums sasniedz 10 cm, bet diametrs — līdz 0,7 mm. Visgarākās trahejas (3—5 m un pat vairāk) ir konstatētas liānām. Tātad traheju vidējais garums ir lielāks nekā traheīdu vidējais garums. Traheju šūnapvalks pabiezīnās, tajās veidojas poras. Trahejas sastopamas tikai segsēkļiem.

**Sietstobri** ir dzīvas prozenhimatiskas (garas) šūnas, kuras citu ar citu rindā savieno porainas sietplātnes. Šādas šūnu rindas aizvada organiskās vielas no lapām uz dažādiem auga orgāniem. Sietstobra (vienas šūnas) garums sasniedz 150—350 μm, bet diametrs — 20—30 μm.

**Pavadītājšūnas** atrodas blakus sietstobriem.

Trahejas, traheidas, sietstobri un pavadītājšūnas augā izvietojas noteiktā kārtībā. Trahejas un traheidas atrodas koksnē (ksilēmā), bet sietstobri ar pavadītājšūnām — lūksnē (floēmā). Kā lūksnē, tā arī koksnē vadaudu elementi ir pamataudos jeb parenhimā. Lakstaugiem lūksne un koksne apvienota *vadaudu kūlišos*. Šūnas un audi nodrošina augu dzīvības pamatfunkcijas — elpošanu, barošanu, augšanu un vairošanu.

## SAKNE

Sakne ir viens no augstāko augu orgāniem, kas parasti atrodas augsnē. Tikai tropu augiem ir pazīstamas t. s. gaisa un cita veida saknes, kuras atrodas virs augsnes. Sakņu nav sūnām, kā arī tiem

augiem, kas peld uz ūdens vai arī attīstās ūdenī, piemēram, peldošajai salvīnijai, pūslenēm, raglapēm u. c.

Uz saknēm pretstatā stumbram nekad neveidojas lapas vai arī to pārveidnes. Saknes aug garumā ar galotni, un augšana nav ierobežota. Saknes galu sedz *uzmava*.

Galvenā saknes funkcija ir auga nostiprināšana augsnē, kā arī ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu uzsūkšana. Ja augu saknēm ir iespēja uzņemt ūdeni un minerālvielas, augus var audzēt arī ārpus augsnes. Šo audzēšanas metodi sauc par hidroponiku. Tā ietver gan augu audzēšanu ūdenī, gan arī dažādos augsnes aizstājējos (keramzitā, šķembās, oļos, akmeņogļu izdedžos, sfagnu kūdrā u. c.). Šī metode dod iespēju audzēt dārzeņus, puķes, zaļbarības un citus augus tādās vietās, kur tos nav iespējams nodrošināt ar augsni, piemēram, Galējos Ziemeļos, sausos dienvidu apgabalos, pilsētās. Pie metodes priekšrocībām jāmin arī agrākas un augstākas ražas. Augu apgāde ar barības šķīdumu ir automatizēta un mehanizēta. Hidroponikā augi jānodrošina ne tikai ar barības vielām, bet arī ar nepieciešamo skābekli, jo saknes elpo. To panāk, aerējot substrātu. Šis apstāklis jāatceras arī, augus audzējot augsnē. Lai saknēm piekļūtu skābeklis, augsne jāirdina un jāsaglabā tās struktūra.

Saknēs dažkārt notiek primāro organisko vielu sintēze, un tajās uzkrājas rezerves barības vielas. Augi arī vairojas ar saknēm.

Auga sakņu kopums veido tā sakņu sistēmu. Tajā ietilpst dažādi sakņu veidi — *galvenā sakne*, *sānsaknes* un *adventīvās saknes* jeb *piesaknes*.

## SAKNES ATTĪSTĪBA NO DĪĢSAKNES. SAKŅU TIPI

Saknes aizmetnis dīģsaknes veidā atrodas jau sēklas dīglī. Dīģsakne, sākoties dīģšanai, pārplēš sēklapvalku un nostiprinās augsnē. Dīģsaknei tālāk attīstoties, kailsēkļiem un divdīģlapjiem veidojas galvenā sakne. Starp sakni un stumbru atrodas *saknes kakls*, kas dīgstiem ir ievērojami tievāks par stumbru. Zarojoties galvenajai saknei, no pericikla attīstās sānsaknes. *Pericikls* ir saknes centrālā cilindra ārējais slānis. Sānsakņu veidošanos var sekmēt, galvenajai saknei nokniebjot vai nogriežot galotni. Tad galvenā sakne vairs neaug garumā, bet dod daudz sānsakņu. To izmanto dārzkopības un lauksaimniecības praksē, pārstādot dažādus dārzeņus.

Jo spēcīgāk attīstīta sakņu sistēma ir augam, jo lielāka ir arī sakņu virsma un vairāk barības vielu šādas saknes var uzņemt no augsnes. Tādi augi spēcīgāk aug un labāk attīstās.

**Mietsakne** ir sakņu tips, kuram spēcīgi attīstīta galvenā sakne, bet vājāk sānsaknes. Tā attīstās tieši no dīģsaknes. Šis sakņu tips



raksturīgs gan kailsēkļiem, gan arī divdiģļlapjiem. Mietsaknes forma var būt ļoti dažāda, piemēram, *vārpstveida* (sīnepēm), *lodveida* (bietēm, kāļiem, redisiem), *koniska* (burkāniem). Pēc konsistences izšķir *mikstas* (burkāniem, bietēm, pienenēm) un *cietas* (kokaugiem) *mietsaknes*.

**Bārkšsaknes** ir otrs galvenais sakņu tips. Tām nav redzama galvenā sakne — visas saknes ir apmēram vienāda garuma. Tās raksturīgas viendiģļlapjiem, no kuriem labāk pazīstamas ir dažādas graudzāles. To sēklām dīgstot, izveidojas 3—5 diģļsaknes. Tās ātri pārtrauc augšanu, un to vietā no jaunā stumbra apakšējās daļas attīstās daudzas jaunas piesaknes. Bārkšsaknes ir arī daudziem paparžaugiem.

Piesaknes jeb adventīvās saknes veidojas gan no stumbra apakšējās daļas, gan arī no zariem, bumbuliem, sīpoliem un pat lapām, bet nekad neveidojas no saknēm. Šo dažādo auga daļu īpašība ir pamatā augu pavairošanai ar spraudeņiem, bumbuliem, sīpoliem un lapām. Sakņu veidošanos var sekmēt ar zemes pieraušanu, kā arī augšanas stimulatoriem.

Daudzu augu saknes atrodas ciešās anatomiskās un fizioloģiskās attiecībās ar gumiņbaktērijām un mikorizas sēnēm.

Jāuzsver, ka saknes augsnē sasniedz ievērojamu dziļumu, piemēram, cukurbietēm — 3 m, bet tuksnešu augiem, pustuksnešu augiem — pat 20 m, tādējādi gūstot iespēju izmantot gruntsūdeņus.

## SAKNES JOSLAS

Saknes anatomiskā uzbūve cieši saistīta ar tās galvenajām funkcijām — auga nostiprināšanu augsnē, ūdens un minerālvielu uzņemšanu un to aizvadišanu uz stumbru. Anatomiskā uzbūve un arī funkcijas mainās visā saknes garumā. Atbilstoši tam saknei izšķir 4 morfoloģiski un fizioloģiski specializētas joslas: *saknes dališanās joslu* (augšanas konuss), kuru klāj saknes uzmava, *šūnu stiepšanās joslu*, *uzsūcējjoslu* jeb spurgaliņu joslu un *pārējo saknes daļu*, kuru apzīmē arī par vadišanas jeb zarošanās joslu.

**Saknes dališanās josla** ietver *augšanas konusu*, kuru sedz saknes uzmava. Saknes augšanas konusam atšķirībā no stumbra augšanas konusa nav lapu un zaru aizmetņu. Tāpēc tas augšanas laikā nemaina apjomu. Tā aizsardzības funkcijas veic *uzmava*, kura sastāv no šūnām ar plānu apvalku. Šīs šūnas nepārtraukti attīstās no dališanās joslas veidotājiem. Uzmavas galotnē ārējās vecākās šūnas nolibās un iet bojā, bet to vietā stājas jaunas šūnas. Tādējādi uzmavas biezums ir nemainīgs. Uzmava parasti ir ļoti sīka, tikai ap 0,2 mm gara. Uzmava spēcīgāk attīstīta strauji un ilgstoši augošiem augiem. Vāji izveidota uzmava ir saprotrofajiem augiem (saprofītiem), kuri izmanto organisko vielu sadalīšanās produktus un parasti hlorofilu nesatur. Daudziem ūdens-

augiem saknes uzmavas vietā izveidojas īpaši sakņu maisiņi, kas vecākām saknēm izzūd. Šādiem augiem nav nepieciešamības īpaši aizsargāt saknes stiepšanās joslu.

Augšanas konusa veidotājaudu šūnas spēcīgi dalās un veido arvien jaunas šūnas. Tāpēc šo joslu apzīmē par dališanās joslu. No tās rodas visi saknes audi.

**Stiepšanās joslu** (10—12 mm gara) sauc arī par *visstraujākās augšanas joslu*. Šūnas, kuras sākotnēji bija izodiametriskas, izstiepjas un kļūst cilindriskas. Tajās izveidojas lielas vakuolas. Dališanās joslā šūnas ir tipiskas veidotājaudu šūnas. Stiepšanās joslā sākas šūnu diferenciēšanās — te attīstās saknes primārie pastāvīgie audi. Dažviet saknes dališanās un stiepšanās joslas apvieno *saknes augšanas joslā*.

**Uzsūcējjoslas** jeb spurgaliņu joslas garums svārstās no dažiem milimetriem līdz dažiem centimetriem. Te notiek ūdens un minerālvielu uzņemšana. Šī josla veidojas dažādā attālumā no saknes gala. Spurgaliņas ir rizodermas šūnu izaugumi, kas no šūnas nav atdalīti ar šķērssienu. To garums ir 0,15—8 mm. Lakstaugiem spurgaliņas garākas nekā kokaugiem. Spurgaliņu skaits uz vienu laukuma vienību ir ļoti liels un daudzkārt palielina saknes uzsūcējvirsmu. Caurmērā uz 1 mm<sup>2</sup> saknes virsmas ir 100—200 spurgaliņu. Zirņiem uz 1 mm<sup>2</sup> sakņu ir ap 230 spurgaliņu, kukurūzai — 425, bet ābelei — ap 300. Pastāv noteikta sakarība starp augsnes mitrumu un spurgaliņu daudzumu. Tas attiecas uz noteiktiem augiem un līdz noteiktai augsnes sausuma pakāpei, kas jāņem vērā, augus kultivējot. Spurgaliņu nav vai tās vāji attīstītas purva augiem un ūdensaugiem.

Spurgaliņu dzīves laiks ir īss, apmēram 10—20 dienas. Joslas augšdaļā spurgaliņas atmirst, turpretī apakšdaļā tās pastāvīgi veidojas no jauna. Tādējādi šī josla nepārtraukti it kā pārvietojas uz leju. Reizē ar spurgaliņu veidošanos notiek šīs joslas audu diferenciācija.

**Pārējā saknes daļa** saista spurgaliņu joslu ar stumbru. Te sakne zarojas. Šīs daļas funkcija ir ūdens un minerālvielu novadīšana uz stumbru.

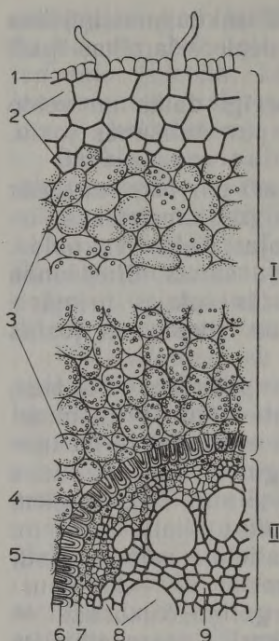
## SAKNES ANATOMISKĀ UZBŪVE

Saknei izšķir *primāro* un *sekundāro uzbūvi*.

**Primārā uzbūve** raksturīga paparžaugu un viendīgļlapju saknēm, kā arī divdīgļlapju jaunajām sakņu daļām. Saknes galvenās daļas ir *rizoderma*, *primārā miza* un *centrālais cilindrs*, kas aizņem saknes centrālo daļu (25. att.).

**Rizoderma** (epiblēma) sedz sakņu jaunās daļas. Tā sastāv no vienas šūnu kārtas. Rizodermas šūnu izaugumi ir *spurgaliņas*. Rizodermai noārdoties, atsedzas saknes primārā miza.





25. att. Īrisa saknes anatomiskā uzbūve (šķērsriezuma shēma):

1 — primārā miza, II — centrālais cilindrs; 1 — rizoderma, 2 — eksoderma, 3 — mezoderma, 4 — endoderma caurlaidīgā šūna, 5 — lūksne, 6 — endoderma, 7 — pericikls, 8 — koksne, 9 — mehāniskie audi.

**Saknes primārā miza** sastāv no *eksodermas*, *mezodermas* un *endodermas*. Eksodermas šūnas ir lielākas un stūrainākas nekā mezodermas šūnas. To šūnapvalks ir biežāks nekā mezodermas šūnām, bieži pārkorķojas. Šādā gadījumā šīs šūnas daļēji pilda arī mehānisko audu funkcijas. Eksodermas šūnas novietojušās ļoti blīvi, bez starpšūnu telpām. Eksoderma sastopama kailsēkļu un segsēkļu, it īpaši viendīgļlapju saknēs.

Primārās mizas centrālo daļu aizpilda *mezoderma*. To sauc arī par *primārās mizas pamataudiem*. Tā sastāv no īrdeni izvietotām šūnām ar plāniem apvalkiem un dažādām organiskām vielām. Sakņu mezodermai raksturīgas lielas starpšūnu telpas, kas mitrās vietās augošiem augiem kalpo par gaisa krātuvēm, piemēram, sējas risam.

*Endoderma* aptver centrālo cilindru. Tā sevišķi izteikta viendīgļlapjiem. Endoderma parasti sastāv no vienas šūnu kārtas. Tās šūnu apvalki pārkorķojas, dažiem augiem pat pārkoksnejas. Šādas endodermas šūnas ir nedzīvas. Taču vietām starp tām atrodas dzīvas šūnas ar plāniem celulozes apvalkiem. Tās sauc par *caurlaidīgajām šūnām*. Šīs šūnas atrodas vairāk vai mazāk pretī koksnes trahejām, regulējot ūdens un minerālvielu iekļūšanu koksnes vadaudos.

**Centrālais cilindrs** aizņem  $1/4$ — $1/7$  no saknes diametra. Tā ārējā daļā atrodas *pericikls*, bet centrālajā daļā — *radiālais vadaudu kūlītis*, *mehāniskie audi* un *pamataudi*.

Pericikls novietots tieši zem endodermas un parasti sastāv no vienas, retāk no vairākām dzīvu pamataudu šūnu kārtām. No pericikla veidojas *sānsaknes*, kas izaug cauri visai mizai, un adventīvie (papildu) *pumpuri*.

**Sekundārā uzbūve.** Divdīgļlapjiem un kailsēkliem primārās sakņu uzbūves sekundārās izmaiņas parādās jau aiz spurgaliņu joslas un vispirms centrālajā cilindrā. Tur no pamataudu šūnām starp lūksni un koksni veidojas *kambijs*. Tā darbības rezultātā uz sakņu centru veidojas šūnas, kas diferencējas par *sekundāro koksni*, bet uz ārpusi — šūnas, kas diferencējas par *sekundāro lūksni*. Vēlāk saknē izveidojas nepārtraukts kambija

gredzens, kas darbojas visu veģetācijas periodu un veido sekundāros audus. Tādā veidā sakne aug resnumā.

Saknes sekundārās uzbūves elements ir arī sekundārie segaudi — periderma un sekundārā miza. Tie ir audi, kas veidojas uz ārpusi no kambija.

Saknei pieaugot un sekundāri kļūstot resnākai, visi tās dzīvības procesi galvenokārt noris centrālajā cilindrā.

## SAKŅU PĀRVEIDNES

Sakņu anatomiskā un morfoloģiskā uzbūve ir cieši saistīta ar to funkcijām. Ar sakņu funkciju izmaiņām ir saistītas arī *sakņu pārveidnes* jeb *metamorfozes*. Daudzas sakņu pārveidnes uzkrāj rezerves barības vielas. Tādos gadījumos saknes kļūst resnas un sulīgas. Kultivētie sakņaugi pirmajā dzīves gadā uzkrāj barības vielas, bet ziedus nesošos stublājus un sēklas veido otrajā dzīves gadā. Pie sakņu pārveidnēm pieder gumi — sulīgas sānsaknes un piesaknes. Gumos uzkrājas rezerves barības vielas, ar gumiem notiek arī augu veģetatīvā vairošanās. Gumi ir dālijām, dzegužpuķēm un dzegužpirkstīšiem, pavasara mazpureņiem.

Dažādas sakņu pārveidnes — balsta, dēļu, stakļu, gaisa un cita veida saknes — ir pazīstamas dažādiem tropu un subtropu augiem. Izteiktas gaisa saknes redzamas dzīvokļos un sabiedriskajās telpās bieži audzētajam Meksikas augam — monsterai (kuru bieži nepareizi sauc par filodendru) ar garkātainām, caurumainām lapām.

Augiem-pusparazītiem (žibulišiem, nārbuliem, zvagliem) sakņu sistēma ir vāji attīstīta. Augiem-parazītiem sakņu vispār nav. Tā, piemēram, parazitiskajiem augiem — vijām — attīstās tikai īpaši piesūcekņi.

Uzskata, ka sakne izveidojusies nedaudz vēlāk par stumbru. Pirmajiem sauszemes augiem psilofītiem un arī sūnaugiem vēl nav sakņu. Tikai staipekņveidīgajiem ir īstas saknes. Tās gan atiet no īpašiem *sakņnešiem* jeb *rizoforiem*. Saknes bija arī izmirušajiem lepidodendriem. Īstas saknes, kas atiet tieši no vasas pamata, sastopamas visiem paparžaugiem un sēklaugiem.

## SAKNES LOMA AUGA DZĪVĒ. MĒSLOJUMI

Viena no galvenajām saknes funkcijām ir ūdens un tajā izšķīdušo vielu uzsūkšana un aizvadišana augā. Uzņemtais ūdens ar barības vielām osmozes ceļā pārvietojas no spurgaliņām līdz centrālajam cilindram un nonāk koksnes trahejās. To nodrošina mizas parenhīmas šūnās pieaugošais sūcējspēks virzienā no spurgaliņām uz centrālo cilindru. Savukārt sakņu spiediena rezultātā ūdens ar minerālvielām un saknēs uzkrātajām organiskajām vielām paceļas ievērojamā augstumā (kokos daudzus metrus).



Kokiem šajā šķīdumā ir daudz organisko vielu (it īpaši pavasarī), bet lakstaugiem — minerālvielām.

Audzējot kultūraugus, jā rūpējas par augu vispusīgu nodrošināšanu ar barības vielām. To panāk, augsni mēslojot. Pēc sastāva izšķir *organiskos mēslus* un *minerālmēslus*, kuri bagātina augsni ar augiem vajadzīgajiem elementiem. Turklāt organiskie mēsli papildina augsnes humusu (trūdvielas jeb augsnes organiskās vielas), uzlabo tās struktūru, sekmē augsnē notiekošos mikrobioloģiskos procesus.

**Organiskie mēsli** ir kūstmēsli, virca, kūdra, sapropelis (dūņas, kas veidojušās ūdenstilpēs, atmirstot ūdensaugiem un dzīvniekiem), jūras mēsli.

**Minerālmēsli** var būt *cieti* un *šķidri*. Cietos minerālmēslus daļa *vienkāršajos* un *saliktajos* jeb *kompleksajos minerālmēsls* atkarībā no tā, cik augu barības pamatelementu tie satur. Vienkāršie minerālmēsli satur vienu pamatelementu (N, P vai K), kompleksie — divus vai trīs. Komplekso minerālmēslu ražošana ir ekonomiski izdevīgāka, jo tiek ietaupīts darbaspēks un tehnika. Taču tos grūtāk piemērot atsevišķu augšņu un kultūraugu vajadzībām, grūtāk arī noteikt tā vai cita elementa efektivitāti. Komplekso minerālmēslu sastāvā var būt arī bors, varš, cinks, molibdēns u. c. Minerālmēslus lieto arī granulēto mēslu formā — mazas, 1—4 mm lielas lodītes. Tā minerālmēslus ir labāk uzglabāt (tie nesacietē) un tos iespējams vienmērīgāk izsēt.

Šķidrie minerālmēsli ir augu barības sāļu šķīdumi un suspensijas, amonjakūdens, arī šķidrās amonjaks.

Lietojo mēslojumu, jāzina augu vajadzības pēc konkrētā mēslojuma. Jāatceras, ka slāpekļa mēslojums veicina augu zaļo daļu augšanu, fosfors piedalās vielmaiņā un enerģijas maiņā (tā trūkums kavē ziedu un augļu attīstību), bet kālijs nepieciešams normālai ogļhidrātu maiņai (tas sevišķi svarīgi ziedpumpuru veidošanās laikā). Lai noteiktu mēslojumu devas, jāzina arī augsnes sastāvs. Jābūt uzmanīgiem ar slāpekļa mēsliem, kuru pārmērīgas devas var izraisīt nitrātu uzkrāšanos produktos. Ja nitrātu saturs augos ir 0,5% un vairāk, var saslimt gan mājdzīvnieki, gan cilvēks. Jāatceras arī, ka vēlamo efektu mēslojums dos pareizi apstrādātos un koptos laukos, kuros normāls augsnes ūdens režīms.

Saknēm to dzīvības procesu nodrošināšanai nepieciešams arī *skābeklis*. Sakņu elpošana nodrošina ar skābekli augā notiekošos fizioloģiskos procesus, ar to ir saistīta ne vien sakņu augšana, bet arī ūdens un barības vielu uzņemšana. Tas jāievēro, gan augus kultivējot augsnē, gan arī audzējot ūdens kultūrās vai hidroponikā (skābekli ievada šķīdumā). Pretējā gadījumā hidroponikā, kā arī sablīvētās bezstruktūras augsnēs (ar sliktu aerāciju) augi nīkuļo vai iet bojā, jo anaerobos apstākļos tiek traucēti saknēs notiekošie sintēzes procesi, ūdens un minerālvielu uzņemšana. Bez tam, trūkstot skābeklim, novērojama anaerobā elpošana, kuras rezultātā uzkrājas toksiskas vielas, kas saindē augu.

## LAPA

Lapa ir viens no augstāko augu pamatorgāniem, kurš, izmantojot saules staru enerģiju, veic *fotosintēzi* — primāro organisko vielu veidošanu, kā arī *transpirāciju* un *gāzu apmaiņu ar apkārtējo vidi*.

### LAPU VEIDI UN SAKĀRTOJUMS

Vairumam augu lapu izšķir divas galvenās sastāvdaļas — *lapas kātu*, ar kuru lapa piestiprinās pie stumbra, un *lapas plātni*. Tādas lapas sauc par *kātainām lapām*. Ja lapai kāta nav, to sauc par *sēdošu*.

Dažreiz no lapas pamatnes veidojas īpaši izaugumi — *pielapes*, kas aizsargā lapas to agrajās attīstības fāzēs. Dažiem augiem pielapes nobirst, bet daudziem augiem tās saglabājas visu dzīves laiku, piemēram, zirņiem.

**Lapas plātnes forma** var būt ļoti dažāda: ovāla, lancetiska, adatveida, sirdsveida, nierveida, zobenveida u. c. Adatveida lapas ir skuju kokiem.

Dabā sastopamies ar dažāda lieluma lapām. No Latvijas savvaļas augiem lielākās lapas ir rožlapei, kas aug mitrās avoksnainās vietās. Tās lapas plātne sasniedz līdz 80 cm garumu un platumu, bet lapas kāts — pat 1 m garumu. Ļoti sīkas lapas ir parastajam virsim — tikai 1,5—3 mm garas un 0,5—1 mm platas.

Pasaulē lielākās lapas ir tropu palmām rafijām. Brazīlijā augošajai rafiju sugai lapas plātne sasniedz 22 m garumu un 12 m platumu, bet kāts — 4—5 m garumu.

**Dzislojums.** Ikvienā lapas plātnē vadaudu kūlīši izveido lapas dzislojumu. Dzislojums ir *dakšveida*, ja katra dzisla dalās divās sāndzislās, tās savukārt tālāk atkal divās utt., piemēram, maigajai adiantpapardei, bastarda bitenei. *Starainam dzislojumam* no lapas plātnes pamata radiāli atiet vairākas aptuveni vienādi spēcīgi attīstītas dzislas (klāvām, jānogām, liepām). *Plūksnainam dzislojumam* attīstīta viena galvenā dzisla, no kuras atiet daudzas sāndzīsas. Plūksnainais dzislojums ir daudziem divdīgļlapjiem, piemēram, ozoliem, vīksnai, parastajam skābardim. *Lokveida dzislojums* galvenokārt sastopams viendīgļlapjiem, piemēram, kreimenei.

*Paralēlajā* jeb *lineārajā dzislojumā* dzislas iet paralēli jeb līdztekus cita citai. Paralēlais dzislojums raksturīgs viendīgļlapjiem, piemēram, rudziem, kviešiem, miežiem, grišļiem u. c.

Pēc lapu plātnes uzbūves izšķir *vienkāršas* un *saliktas lapas*. Vienkāršajām lapām kāts ir tikai ar vienu lapas plātni, turpretī saliktajām lapām pie lapas kāta ir vairākas lapas plātnes.



**Vienkāršās lapas** iedala veselās un izgrieztās lapās. Veselo lapu plātnei nav daivu un izgriezumu, turpreti izgrieztajās lapās redzami dažāda dziļuma izgriezumi, kas lapas plātņi sadala atsevišķās daivās. Veselas lapas ir daudziem mūsu kokiem un lakstaugiem, piemēram, bērziem, liepām, ābelēm, ceļtekām, gaiļbiksītēm u. c.

Lapas var būt plūksnaini un staraini izgrieztas. *Plūksnaini izgrieztām lapām* izgriezumi ir aptuveni preti cits citam abpus lapas galvenajai dzīslai (pienenei), bet *staraini izgrieztajām lapām* izgriezumu turpinājumi saiet vienā punktā pie lapas kāta (parastajai kļavai, gundegām, rasaskrēsliņiem u. c.).

**Saliktās lapas** var būt plūksnaini un staraini saliktās. Plūksnaini saliktas ir tās lapas, kurām lapiņas pie lapas galvenās ass atrodas abās pusēs (pīlādžiem, avenēm, ošiem, rozēm u. c.). Plūksnaini saliktās lapas savukārt var būt divējādas: *pāra plūksnaini saliktajām lapām* lapiņas ir pārskaitli un līdz ar to galotnes lapiņas nav (kokveida karagāna), bet *nepāra plūksnaini saliktajām lapām* lapiņas ir nepārskaitli un līdz ar to ir galotnes lapiņa (rozēm).

Lapas, kuru lapiņas piestiprinātas pie lapas kāta vienā punktā, sauc par staraini saliktām (zirgkastaņām, lupinām, āboliņiem u. c.).

Rudenī, lapām nobirstot, labi redzama starpība starp vienkāršajām un saliktajām lapām. Vienkāršās lapas nobirst kopā ar kātiem, turpreti salikto lapu lapiņas nobirst katra atsevišķi. Salikto lapu lapiņas var nobirt ātrāk nekā to kātiņi.

**Lapu sakārtojums.** Visas lapas uz stumbra un zariem atrodas noteiktā kārtībā. Šo lapu novietojumu sauc par lapu sakārtojumu. Daudziem augiem lapas uz stumbra atrodas *pamišus* jeb *spirāliski* (auzām, miežiem, liepām). Citiem augiem lapas uz stumbra novietojas cita citai preti. Tādu lapu sakārtojumu sauc par *pretēju* (ceriņiem, panātrēm u. c.). Ja vienādā augstumā uz stumbra ir piestiprinātas vairāk nekā divas lapas, tad šādu lapu sakārtojumu sauc par *mieturi*. No mūsu savvaļas augiem lapas sakārtotas mieturī Kanādās elodejai, parastajai zeltenei, četrlapu čūskogai u. c. Augiem, kuriem ir saīsināti stumbra posmi, lapas sakārtotas *rozetē*. Labi izteiktas lapu rozetes ir ārstniecības pienenei, bezdelīgactiņai, ceļtekām un citiem lakstaugiem.

## LAPU PĀRVEIDNES

Ārējo apstākļu ietekmē daudziem augiem attīstījušās lapu pārveidnes, kas pēc izskata ievērojami atšķiras no parastajām lapām. Lapu pārveidnes ir *ērķšķi*, *vītnes*, *pumpurzviņas* un *kukaiņēdāju agu lapas*.

**Ērkšķi** kā lapas pārveidne redzami parastajai bārbelei, kura aug mežos un krūmājos. Tai ir īsvasas ar parastā tipa lapām, kas

veidojas šo ērkšķu žāklēs. Bez tam šim augam redzamas dažādas pārejas stadijas starp lapām un ērkšķiem. Parasti ērkšķos pārveidojas sausa un silta klimata augu lapas, kas izskaidrojams ar auga iztvaikojošās virsmas samazināšanos un ūdens krājumu taupīšanu. Šķiet, nav pamata uzskatīt, ka ērkšķi aizsargā augus no dzīvniekiem. Tā, piemēram, dienvidu apgabalos izplatītos kamieļērkšķus kamieļi ēd, kaut arī tie ir ērkšķaini, bet mūsu parasto bārbeli neviens dzīvnieks vispār nemēģina ēst.

**Vitnes** var būt dažādas. Vitnē var pārveidoties visa lapa vai arī tikai tās daļa. Ar vitni augs piestiprinās pie kāda balsta. Vitnes ir dažādiem tauriņziežu dzimtas augiem, piemēram, zirņiem, vīkiem, dedestīnām u. c.

**Pumpurzviņas**, kas veidojas kokiem un krūmiem, arī uzlūkojamas par īpašu lapas pārveidni. Pumpurzviņas aizsargā pumpuros esošos jaunos auga orgānus, piemēram, ziemā un arī pavasarī no sala. Tāpēc šīs pumpurzviņas bieži vien ir uzbiezinātas, ar sveķainiem izdalījumiem utt.

Interesanta lapas pārveidņu atkarība no to funkcijām redzama dārza sīpolam. Tā sauso ārējo zviņlapu funkcija ir sīpola aizsardzība pret nelabvēlīgiem vides apstākļiem. Šīs zviņas ir sausas, plēvveida. Turpretī iekšējās sīpola zviņas, kuras satur barības vielas nākamajam veģetācijas periodam, ir biezas un sulīgas.

**Kukaiņēdāju augu lapas** ir pārveidojušās īpatnējās tvērējierīcēs. Latvijas sūnu purvos aug raseņš, kuru lapām ir dziedzermatiņi, kas izdala lipīgu šķidrumu. Šķidruma pilieni zaigo saules stāros: to izskats un smarža pievilina kukaiņus. Kukainis, uzlaidies uz šādas lapas, pielip, dziedzermatiņi pārliecas tam pāri, bet auga izdalītie fermenti kukaini pakāpeniski sagremo.

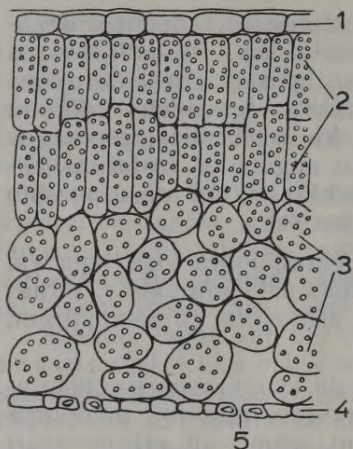
## LAPAS ANATOMISKĀ UZBŪVE

Lapas anatomisko uzbūvi varam iepazīt, aplūkojot mikroskopā plānu lapas šķērsgriezumū. Redzams, ka lapas virspusē un apakšpusē atrodas viena šūnu kārtā. Tā ir lapas epiderma jeb virsmiziņa, kura aizsargā lapu no bojājumiem un arī no izkalšanas. Epidermā atsevišķās vietās izvietotas *atvārsnītes*, kuras nodrošina gāzu apmaiņu lapās un transpirāciju (26. att.). Atvārsnītes ir mikroskopiskas spraugas, kas veidojas starp divām atvārsnītes slēdzējšūnām atkarībā no to turgora. *Turgors* ir augu šūnu, audu un orgānu sprieguma stāvoklis, kas veidojas šūnas satura un šūnapvalka mijiedarbībā. Atvārsnīšu skaits epidermā var būt ļoti dažāds, bet vidēji ir 100—300 atvārsnīšu uz 1 mm<sup>2</sup>.

Lapas epidermas šūnās nav zaļo plastīdu — hloroplastu.

Zem lapas epidermas atrodas lapas mīkstums jeb mezofīls, kas sastāv no zedeņu un irdenās parenhīmas.





26. att. Lapas anatomiskā uzbūve (šķērsgriezuma shēma):

1 — viršējā epiderma ar kutikulu, 2 — zedeņu parenhīma, 3 — irdenā parenhīma, 4 — apakšējā epiderma, 5 — atvārsnite.

*Zedeņu parenhīmas* šūnas ir cilindriskas, ar plānu apvalku, tās novietojas vienā vai vairākās kārtās cieši cita pie citas. Zedeņu parenhīmas šūnas ir bagātas ar hloroplastiem. Tajās intensīvi noris fotosintēze. Hloroplasti šajās šūnās ir sīki, un to ir daudz.

Zem zedeņu parenhīmas atrodas *irdenā* jeb *čauganā parenhīma*, kura sastāv no 2—7 šūnu kārtām. Šūnu izvietojums ir neregulārs. Starp šūnām veidojas plašas starpšūnu telpas, kuras pildītas ar gaisu. Irdenā parenhīma ir biezāka par zedeņu parenhīmu, taču tās šūnās hloroplastu ir ievērojami mazāk. Tāpat mazāka ir arī šī slāņa loma fotosintēzē. Irdenās parenhīmas funkcijas ir gāzu maiņa, transpirācija un organisko vielu aizvadišana.

Bez minētajiem elementiem lapas šķērs griezumā vēl redzami lapu dzīslu šķērs griezumā, kuros saskatāmi *vadaudu* un *mehānisko audu elementi*.

Skuju, kā arī šūnu un citu augu lapu anatomiskā uzbūve ir atšķirīga.

Atkarībā no gaismas apstākļiem visus augus iedala *gaismas* un *ēnas augos*. Ievērojamas atšķirības gaismas un ēnas augiem redzamas gan lapu morfoloģijā, gan arī anatomiskajā uzbūvē. Gaismas augu lapas ir spēcīgāk attīstītas, cietākas, turpretī ēnas augu lapas ir maigākas un mīkstākas. Arī lapu krāsa šiem augiem ir atšķirīga. Gaismas augiem lapas ir tumši zaļas, bet ēnas augiem — gaiši vai pat bāli zaļas. Tipiski ēnas augi necieš spilgtu apgaismojumu — un otrādi. Par to var pārliecināties, vērojot tās lakstaugu sastāva izmaiņas, kas notiek izcirtumā pēc meža izciršanas vai arī vēlāk, šim izcirtumam aizaugot ar mežu no jauna. Gaismas augu lapām epidermas šūnu apvalks ir biezāks, arī atvāršņu skaits uz lapas platības vienību ir lielāks. Zedeņu parenhīmas šūnas ir sīkākas, un to kārtu ir vairāk nekā ēnas augu lapās.

Ēnas augu lapām zedeņu parenhīma ir vāji attīstīta. Tā sastāv no nelielām šūnām vai arī tās vispār nav. Šo augu lapām raksturīga spēcīgi attīstīta irdenā parenhīma ar lielām starpšūnu telpām. Taču jāuzsver, ka irdenās parenhīmas šūnas ēnas augu lapās ir ļoti bagātas ar hloroplastiem. Turklāt šie hloroplasti ir lielāki par gaismas augu hloroplastiem. Līdz ar to ēnas augu lapu hloroplasti satur vairāk hlorofila nekā gaismas augu hloroplasti.

Ēnas augu lapās salīdzinājumā ar gaismas augu lapām vājāk attīstīti arī mehānisko audu elementi dzīslās (vadaudu kūlīšos). Ar to izskaidrojams tas fakts, ka šo augu lapas ir maigākas un mīkstākas.

No tipiskiem gaismas augiem varam minēt šaurlapu uguns-  
puķi, kas aug mežu klajumos un izcirtumos, bet no ēnas augiem —  
meža zaķskābeni.

Augi saules enerģiju uztver ar visu lapas plātnes virsmu. Augiem var būt īpaši pielāgojumi, kas nodrošina lapām maksimālu saules staru enerģijas uztveršanu un izlietošanu. Viens no tādiem pielāgojumiem ir *lapu mozaika*, kad lapas novietojas tā, lai cita citu neaizsegtu. Otrs pielāgojums saistīts ar augu lapu spēju mainīt savu stāvokli tā, lai tās būtu maksimāli apgaismotas.

## LAPU FUNKCIJAS

**Fotosintēze** ir viena no lapu galvenajām funkcijām. Tas ir process, kurā hloroplastos no ūdens un oglekļa dioksīda ( $\text{CO}_2$ ), izmantojot saules staru enerģiju, tiek sintezētas primārās organis-  
kās vielas — ogļhidrāti.

**Augu elpošana** arī notiek caur lapām. Gāzu apmaiņu elpošanas procesā nodrošina atvārsnītes. Augi elpojot, tāpat kā dzīvnieki un cilvēks, uzņem skābekli, bet izdala  $\text{CO}_2$ . Jāatzīmē, ka oglekļa dioksīdu augi uzņem tikai gaismā un izmanto fotosintēzē. Turpretī *augu elpošana noris gan gaismā, gan arī tumsā*. Elpošanā uzņemtais skābeklis piedalās organisko vielu noārdīšanā ikviena auga orgānos, audos un šūnās.

**Transpirācija** ir trešā lapu funkcija. Tas ir fizioloģiski regulējams izvaikošanas process no lapu šūnu virsmas, kas notiek caur atvārsnītēm.

Transpirācija sekmē ūdens pārvietošanos augos, ūdens uzsūkšanu ar saknēm un pacelšanos pa stumbru lapās. Taču transpirācija nav vienīgais faktors, kas liek pacelties ūdenim lapās. Te liela nozīme ir arī *saknes spiediena spēkam*. Ja auga lapas vairāk ūdens transpirē nekā uzsūc no jauna, tad rodas ūdens deficīts, lapu šūnas zaudē savu spriegumu un augs novīst. Transpirācijā augi iztvaiko daudz ūdens. Tā, piemēram, ir aprēķināts, ka pieaudzis kukurūzas augs diennaktī transpirē 0,8 l ūdens, viens kāposts — 1 l, bet bērzs — vairāk par 60 l.

Transpirācija, iztvaikojot ūdenim, regulē arī lapu temperatūru.

## AUGU BAROŠANĀS CAUR LAPĀM

Augi minerālvielas var uzņemt ne tikai ar saknēm, bet arī ar stumbru un lapām. Šāda minerālvielu uzņemšana neizraisa nekā-  
dus traucējumus augos notiekošajos fizioloģiskajos procesos. Caur



lapām uzņemto elementu izmantošana augos ir efektīvāka nekā caur saknēm uzņemto. Tā, piemēram, augi no fosfora, kas uzņemts caur lapām, izmanto līdz 95%. Tādu efektivitāti nekad nesasniedz caur saknēm uzņemtā fosfora izmantošana. Tāpēc arī, dodot augiem minerālmēslojumu caur lapām, vajadzīgi nelieli attiecīgo savienojumu daudzumi. Ar lapām uzņemtie elementi var pārvietoties uz citām augu daļām vai arī palikt turpat un tikt iesaistīti vielmaiņā un enerģijas maiņā.

Kultūraugus šādā veidā var mēslo, augus apmiglojot. Tādējādi var arī ātri un efektīvi novērst fizioloģiskus traucējumus, ja tos izraisījis kāda elementa trūkums (piemēram, hlorozi, ko izraisījis dzelzs trūkums).

Taču praksē šī metode netiek plaši izmantota. Tas atkarīgs nevis no bioloģiska, bet ekonomiska rakstura apsvērumiem (nepieciešamas speciālas apmiglošanas ierīces, atkārtota apmiglošana dārgi izmaksā, tā stipri atkarīga no meteoroloģiskajiem apstākļiem u. c.).

## LAPKRITIS

Rudenī pazeminās temperatūra, kļūst garākas naktis un īsākas dienas. Augu lapās sākumā samazinās un vēlāk pārtraucas fotosintēze, tiek traucēta arī transpirācija. Šādos apstākļos lapas augiem kļūst liekas un nobirst. Bez tam, lapām nobirstot, samazinās augu iztvaikojošā virsma. Taču lapas nobirst ne tikai tāpēc, ka tās nav vairs vajadzīgas, bet arī tādēļ, ka tās noveco. Augi, lapām nobirstot, zināmā mērā atbrīvojas no uzkrātajām kaitīgajām vielām. Tuvojoties rudenim, lapas nodzeltē vai sārtojas: lapu šūnās sašķeļas hlorofils. Pigmenti ksantofils un antociāns saglabājas ilgāk. Antociāna daudzums šūnās var pat palielināties. To veicina saulainas rudens dienas un aukstas naktis.

Pirms lapu nobiršanas pie lapas pamata, kur piestiprināts kāts vai lapas plātne, rodas īpaša sekundāro veidotāju — *atdalītājšūnu kārta*. Atdalītājšūnas noapaļojas, nodalās viena no otras. Šādā stāvoklī lapu ar augu saista tikai vadaudu kūlītis. To pārrauj rudens vēji, un lapas birst. Šo periodu apzīmē par lapkriti. Nobirušās lapas vietā paliek redzama *lapas rēta*.

## VASA UN STUMBRS

Stumbrs ir posmos sadalīties augstāko augu orgāns. Tas balsta vainagu, kas sastāv no zariem, lapām, ziediem un vēlāk arī augļiem. Pa stumbru notiek vielu transportēšana: neorganiskās vielas plūst no saknēm uz lapām, bet organiskās vielas — no lapām uz visiem auga orgāniem.

Stumbrs ar lapām veido *vasu*. Lapas uz stumbra piestiprinās *mezglos*, stumbra daļu starp diviem mezglēm sauc par *posmu*.

## VASAS ATTĪSTĪBA UN ZAROŠANĀS

Ikviens vasa attīstās no vasas aizmetņa — pumpura. Auga dzīvē pirmais vasas aizmetnis ir *diglpumpurs* sēklas digli. Ikviens pumpurs sastāv no saisināta stumbra, uz kura atrodas lapu aizmetņi. Pumpurā atrodas augšanas konuss, kuru veido primārās meristēmas šūnas. Konusa pamatā attīstās nelieli izcilniši — lapu aizmetņi. No šiem izcilnišiem veidojas jaunās lapas, kuras ietver augšanas konusu un aizsargā to no nelabvēlīgiem ārējiem apstākļiem. Vasa aug, šūnām augšanas konusā daloties un pagarinoties. Šādu augšanu sauc par *galotnes augšanu*, un tā raksturīga vairumam augu.

Daudziem augiem (viendīgļlapjiem, it īpaši graudzālēm, divdīgļlapjiem ziedkātos u. c.) vērojama *iestarpinātā* jeb *interkalārā augšana* — augšana vasas posmu apakšējās daļās.

Izšķir lapu un ziedu pumpurus. No lapu pumpuriem izplaukst lapas. Lapu pumpuros lapas var būt sakrokotas vai ieritinātas. Ziedu pumpuros atrodas ziedu aizmetņi. Skuju kokiem un daudziem lapu kokiem stumbra vai zaru galos labi redzami galotnes pumpuri (ozoliem, ošiem u. c.). Augšanas konusa primāro lapu aizmetņu žāklēs veidojas sekundāro pumpuru aizmetņi. No tiem attīstās *žākļu* jeb *sānu pumpuri*, no kuriem izaug sānvasa.

Tādējādi, stumbram augot garumā, notiek tā posmu pagarināšanās un lapu attālināšanās, bet augšanas konusā rodas jaunu lapu aizmetņi. Stumbra augšana garumā augšanas konusā sasniedz ap 0,005 mm minūtē. Bambusa stumbrs labvēlīgos apstākļos pieaug par 0,6 mm minūtē, t. i., diennaktī — 30—50 cm.

Vasas zarošanās ir atkarīga no galotnes pumpuru novietojuma un to tālākās attīstības. Pazīstami 4 vasas zarošanās veidi: *dihotomiskais* jeb *dakšveida*, *monopodiālais*, *neīsti dihotomiskais* un *simpodiālais*.

Dihotomais jeb dihotomiskais zarošanās veids ir vienkāršākais un primitīvākais. Šajā gadījumā galotnes augšanas punkts dalās 2 līdzīgās daļās, kura katra tālāk dod vienu dzinumumu, tie savukārt atkal dalās 2 daļās utt. Šis zarošanās veids raksturīgs sēnēm, zemākajiem augiem (aļģēm, ķerpjiem), kā arī augstākajiem augiem (aknu sūnām un staipekņiem).

Monopodiālā zarošanās veida gadījumā no galotnes pumpura attīstās galvenā ass (stumbrs), bet sānzari izaug no sānpumpuriem. Šie sānzari nekad nepāraug stumbru. Monopodiālā zarošanās pazīstama kailsēkļiem (priedei, eglei, balteglei) un lapu kokiem — segsēkļiem (ozolam, kļavai, osim u. c.).

Neīsti dihotomais zarošanās veids veidojas no monopodiālā zarošanās veida. Šajā gadījumā galvenā ass pārtrauc augšanu, bet zem galotnes pumpura divi pretēji žākļu pumpuri, vienlaikus attīstoties, veido slīpi uz augšu augošas vasas, kuras



pārsniedz galotnes pumpurus. Tā rodas plata žākle. Šāds zarošanās veids pazīstams ceriņiem, zirgkastaņai, baltajam āmulim.

Simpodiālā zarošanās raksturīga segsēkļiem. Uzskata, ka tas veidojies no dihotomās un monopodiālās zarošanās.

Ja simpodiālā zarošanās veidojusies no dihotomā veida, redzam, ka viens no zariem aug spēcīgāk un atbīda otru zaru uz sāniem, pats augot galvenās ass virzienā. Šāda tipa simpodiālā zarošanās sastopama selaginelām. Otrā gadījumā galotnes pumpurs pēc kāda laika pārstāj augt, to aizvieto zars, kas izaudzis no žākles pumpura. Šādi zarojoties, izveidojas kupls vainags. Šis zarošanās veids raksturīgs segsēkļiem (piemēram, ābelēm, bērziem, liepām), arī lakstaugiem (tomātiem, kartupeļiem u. c.).

Pazīstamas divējāda tipa vasas — garvasas un īsvasas, kas sastopamas gan kokaugiem, gan lakstaugiem. Garvasu posmi ir gari, bet īsvasu — īsi un pat ļoti īsi.

Pumpuru uzbūve un novietojums ir raksturīgi katrai kokaugu sugai. Tāpēc, izmantojot īpašus noteicējus, pēc pumpuriem var noteikt kokaugu bezlapu stāvokli.

Bez pavasaros plaukstošajiem pumpuriem vēl ir sastopami snaudošie pumpuri, kuri var atrasties dažādās stumbra vietās. Tādi var būt žākļu pumpuri, kuri apaug ar mizu un šādā neaktīvā stāvoklī saglabājas daudzus gadus. Tie veidojas arī pumpurzvīņu žāklēs. Snaudošie pumpuri plaukst, ja iet bojā galotnes pumpurs vai citi augstāk novietotie pumpuri. Šo snaudošo pumpuru spēju izmanto, veidojot cirtus dzīvžogus un dekoratīvas krūmu un koku formas.

No ikviena auga orgāna (stumbra, sakneņa, saknēm, lapām u. c.) var veidoties adventīvie jeb papildu pumpuri. No tiem izaug *pievasas* jeb *adventīvās vasas* un *piesaknes*. Tās veidojas, ja slimību ierosinātāju vai citu faktoru ietekmē rodas embrionālie audi. Adventīvās vasas izaug arī pēc koku vai krūmu nozagēšanas. Tad bieži plaukst un attīstās ne tikai adventīvie, bet arī snaudošie pumpuri. *Atvases* veidojas bērziem, alkšņiem, liepām, lazdām, apsēm u. c. Atvašu lapas parasti ir lielākas un arī citādas formas nekā attiecīgā kokauga parastās lapas. Tas tāpēc, ka pievasas izmanto uzkrātās barības vielas un tām ir jau spēcīgi izveidota sakņu sistēma. Adventīvie pumpuri pēc to izveidošanās var pāriet snaudošā stāvoklī un, kokiem pieaugot resnumā, radīt punus vai citāda veida izaugumus.

## VASAS PĀRVEIDNES

Vasai var būt dažādas pārveidnes jeb metamorfozes, kuras izveidojušās, augiem pielāgojoties dzīvei dažādos vides apstākļos. Ir *vasas pazemes* un *virszemes pārveidnes*.

**Vasas pazemes pārveidnes** ir saknenis, bumbulis, sīpols un bumbuļsīpols. Šīs pārveidnes saistītas ar rezerves barības vielu uzkrāšanos un veģetatīvo vairošanos.

Saknenis ir pazemes vasa, kas atšķiras no saknes ar mezgliem un posmiem. Tā galotnē ir *galotnes pumpurs*, bet saknes galotnē — *uzmava*. Uz sakneņa mezgliem redzamas reducētas zvīņveida lapas. Sakneņi var būt zaroti, vertikāli, horizontāli vai slīpi augoši augsnē. Labi izteikti sakneņi ir ložņu vārpatai, smaržīgajai kalmēi, kreimenei u. c.

Bumbulis ir vasas pārveidne ar saīsinātu, paplašinātu stumbru, reducētām lapām un pumpuriem to žāklēs. Tipisks bumbulis ir kartupelis, kura pumpurus ikdienas dzīvē sauc par «acīm». Pārgriežot bumbuli, redzama tā serde.

Sīpols ir īsvasa ar satuvinātiem mezgliem un saīsinātiem posmiem. Pats stumbrs veido konusveida pamatni, no kuras attīstās piesaknes. Savukārt sīpola zvīņas ir lapu pamata pārveidnes. To žāklēs ir pumpuri, no kuriem izaug gan jauni sīpoli, gan arī ziedneši. Tipiski sīpoli ir sīpolu un liliju dzimtas augiem — sīpoliem, lilijām, zeltstarītēm u. c.

Bumbuļsīpols ir vasas pārveidne, kas satur gan bumbuli, gan sīpolu. Piemēram, gladiolām stublāja apakšējā daļā izveidojas sīpols, bet zem tā atrodas bumbulis. Šāds bumbuļsīpols atgādina sīpolu, jo to ietver zvīņlapas.

**Vasas virszemes pārveidnes** ir stīgas, ērkšķi, filoklādiji.

Stīgas ir garvasas ar gariem un tieviem posmiem. Mezglu vietās stīgām veidojas virszemes vasas un piesaknes. Ar stīgām notiek augu veģetatīvā vairošanās. Stīgas ir zemenēm, retējiem, gundegām u. c.

Ērkšķi ir īsvasu pārveidnes, kas attīstās no lapas žākles vasas pumpura. Dažreiz uz jauniem ērkšķiem redzami pat mezgli un zvīņveida lapas, kas vēlāk izzūd, piemēram, vilkābelēm. Ērkšķi kā vasas pārveidnes ir redzami arī parastajam pabērzam un citiem kokaugiem.

Filoklādiji ir pārveidojušās vasas, kuras pēc sava ārējā izskata atgādina lapas un veic arī to funkcijas. Filoklādiji ir spargējiem, adatenēm un citiem augiem, kuriem īstās lapas ir reducētas — zvīņveida.

Būtībā vasas pārveidnes ir arī sukulentu stumbri, kādi ir daudziem kaktusiem. Šādos stumbros uzkrājas ūdens, un tie veic fotosintēzi. Arī zieds ir vasas pārveidne ar sarukušu stumbru — ziedgultni.

Dažkārt stumbrs var kalpot arī par rezerves barības vielu krātuvi, piemēram, kolrābjiem.

## STUMBRU VEIDI

**Pēc augšanas veida** izšķir stāvu, pacilu, guļošu, ložņājošu, vijīgu un kāpelējošu stumbru.

Stāvs stumbrs aug vertikāli uz augšu. Tāds ir daudziem kokaugiem un lakstaugiem — ozoliem, bērziem, saulgriežēm, lilijām u. c.



Pacilu stumbra pamatdaļa ir guļoša, bet galotne paceļas slīpi vai pat vertikāli uz augšu, piemēram, purva vārnkājai, parastajam rasaskrēsliņam u. c.

Guļošs stumbrs cieši piekļaujas zemei, bet mezglu vietās neiesakņojas, piemēram, kailajai trūkumzālei, mazajam mārslam u. c.

Ložņājošs stumbrs cieši piekļaujas zemei un mezglu vietās iesakņojas, piemēram, ložņu gundegai, baltajam āboliņam u. c.

Vijīgs stumbrs spirāliski vijas ap balstu, piemēram, parastajam apinim, tīruma titenim, parazītiskajiem augiem — vijām u. c.

Kāpelējošs stumbrs ar vītņu palīdzību paceļas gar balstu uz augšu; efejām veidojas īpašas piesaknes — tvērējsaknes. Vinčkokiem un mežvīniem ir vītnes — īpašas vasas pārveidnes. Ķirbju dzimtas augiem — brioniņām — šādas vītnes attīstījušās no lapas galvenās dzīslas.

**Pēc konsistences** izšķir koksnaļņus un lakstainus stumbrus. Lakstainos stumbrus (lakstaugiem) sauc par *stublājiem*, bet graudzāļu stumbrus — par *stiebiem*.

Kokaugu stumbri var sasniegt ievērojamus apmērus un izcilu vecumu. Āfrikā Tanganjikā aug pērtiķu maizeskoks jeb baobabs, kura vecumu vērtē ap 5000 gadu. Tā stumbra augstums ir 22 m, bet apkārtmērs — 47 m. Latvijas dižākais ozols aug Tukuma rajonā, Kaivē. Tā vecumu vērtē ap 800—1000 gadiem. Šī koka apkārtmērs sasniedz 9,4 m, bet augstums — 13,5 m.

## STUMBRA ANATOMISKĀ UZBŪVE

Stumbra anatomiskā uzbūve cieši saistīta ar tā funkcijām: vainaga un zaru balstīšanu, vielu transportu. Tāpēc arī tā uzbūvē ietilpst *vadaudi*, *mehāniskie audi*, *segaudi*, *pamataudi* un to dažādi pārveidojumi.

Stumbra anatomiskā diferenciācija sākas tā augšanas konusā, kas sastāv no veidotājaudiem. Šo audu virsējo slāni apzīmē par *tuniku*, bet iekšējo slāni — par *korpusu*. No *vienkārtaīnas tunikas* parasti attīstās primārie segaudi — epiderma, bet no *vairākkārtīgas tunikas* — arī primārās mizas pamataudi un mehāniskie audi. Sākotnēji diferenciējoties primārajiem veidotājaudiem, izveidojas stumbrs ar primāro anatomisko uzbūvi. Tādā stumbrā izšķir *epidermu*, *primāro mizu* un *centrālo cilindru*.

**Epidermu** veido viena šūnu kārtā, kuru sedz *kutikula*, bet virs tās dažreiz atrodas *vaska kārtā*, kas samazina iztvaikošanu un arī aizsargā augu pret samitrināšanos. Epidermas šūnas var veidot *matīņus*. Epidermā atrodas arī *atvārsnītes*.

**Primārā miza** aizpilda jaunā stumbra vidusdaļu. Tā satur gan pamataudus, gan balstaudus. No pamataudiem primārās mi-

zas ārējā daļā redzama *hlorenhīma* jeb *asimilācijas pamataudi*, kas satur hloroplastus un piedalās fotosintēzē. Iekšējā pamataudu daļa ir bezkrāsaina un hloroplastus nesatur. Tajā var atrasties *pienstobri*, kas ir piensulu saturoši vadaudi, ēterisko eļļu tvertnes. No mehāniskajiem audiem primārajā mizā ir *kolenhīma* un *sklerenhīma*.

**Centrālā cilindra** ārējās daļas šūnas veido periciklu. Tas sastāv no vienas vai vairākām šūnu kārtām, kuras saglabā spēju dalīties un veidot adventīvos pumpurus un piesaknes. Centrālajā cilindrā atrodas vadaudi (vadaudu kūlīšu koksne un lūksne, arī gredzenveidīgās koksnes un lūksnes kārtās).

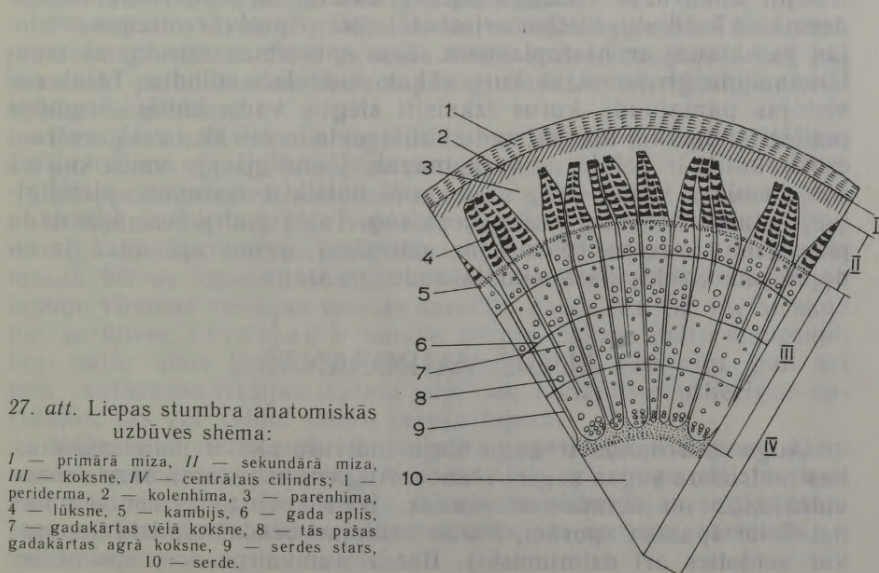
Divdiģļlapjiem un kailsēkļiem starp koksni un lūksni atrodas kambiji. Tā darbības rezultātā stumbrs aug resnumā.

Centrālā cilindra vidusdaļu aizpilda serde. Serdi ar primāro mizu saista primārie serdes stari, kurus veido pamataudu šūnas. Serdes dzīvajās šūnās uzkrājas rezerves barības vielas.

Šāda divdiģļlapju un kailsēkļu stumbra primārā uzbūve visu dzīves laiku saglabājas tikai nedaudziem augiem, piemēram, gundegām, mazpurenītēm u. c. Biežāk augu stumbros notiek pārmaiņas, kuru rezultātā izveidojas sekundārā anatomiskā uzbūve.

**Kokaugu stumbru sekundāro uzbūvi** aplūkosim sīkāk (27. att.).

Kokaugu stumbru no ārpusēs sedz sekundārie segaudi — periderma, kuru vēlāk nomaina terciārie segaudi — kreve. Primārā miza kokiem ir tikai jauno dzinumu galos. Periderma un kreve aizsargā kokaugu stumbrus no nelabvēlīgiem vides apstākļiem. Izšķir divus kreves tipus — *gludo krevi* un *plēkšņu krevi*. Plēkšņu krevē garenisku plaisājumu rezultātā var izveidoties rievainā (ozoliem), plēkšņainā (egļēm) un šķiedrainā (kadiķiem) kreve.



27. att. Liepas stumbra anatomiskās uzbūves shēma:

I — primārā miza, II — sekundārā miza, III — koksne, IV — centrālais cilindrs; 1 — periderma, 2 — kolenhīma, 3 — parenhīma, 4 — lūksne, 5 — kambiji, 6 — gada aplis, 7 — gadakārtas vēla koksne, 8 — tās pašas gadakārtas agrā koksne, 9 — serdes stars, 10 — serde.



Zem mizas uz stumbra centra pusi atrodas kambija gredzens. Aiz kambija gredzena ir centrālais cilindrs, kas sastāv no koksnes un serdes. Koksnes audu šūnām raksturīga apvalka pārkoksnēšanās. Koksnē atrodas arī vadaudi, mehāniskie audi, pamataudi un izdalītājadi. Radiālā virzienā koksnē novietojas serdes stari.

Kambija šūnas daloties uz ārpusi veido *lūksni*, bet uz iekšpusi — *koksni*. Kambija gredzena šūnas rudenī un ziemā nedarbojas. Pavasarī, sākoties sulu kustībām, šī darbība atjaunojas. Pavasarī kambija šūnas daloties veido lielākas koksnes šūnas, bet vasarā — sīkākas šūnas ar bieziem apvalkiem. Pirmās veido *agro* jeb *pavasara koksni*, bet otrās — *vēlo* jeb *rudens koksni*. Robežu starp viena gada vēlo un otrā gada agro koksni sauc par *gada apli*. Agrā un vēlā koksne kopā veido gadakārtas, kuras saskaitot var noteikt koka vecumu. Vienā veģetācijas periodā var izveidoties arī divas gadakārtas: tas notiek tad, ja augšana kādu apstākļu dēļ pārtraucas un vēlāk atjaunojas. Sliktos augšanas apstākļos gadakārtas izveidojas ļoti šauras vai arī neveidojas nemaz. Tropos, kur kambijs kokiem darbojas visu gadu, gadakārtas neveidojas.

Koksne izšķir *aplievu* un *kodolkoksni*. Aplieva ir stumbra koksnes ārējā daļa ar dzīvām šūnām. Tā ir gaišāka par pārējo koksni un var būt no dažiem milimetriem līdz dažiem centimetriem bieza.

Koksnes centrālo daļu aizpilda *kodolkoksne*. To veido atmirušas koksnes šūnas. Kodolkoksne parasti ir tumšāka, jo tajā uzkrājas minerālvielas un citi savienojumi.

**Viendīgļlapju stumbra anatomiskā uzbūve** ir savdabīga. Aplūkojot kukurūzas stumbra šķēsgriezumu, ārpusē redzama epiderma ar kutikulu, vietām arī atvārsnītes. Ap atvārsnītēm novietojas pamataudi ar hloroplastiem. Zem epidermas atrodas sklerenhimas šūnu gredzens, ar kuru sākas centrālais cilindrs. Tālāk novietojas pamataudi, kuros izkaisīti slēgtie vadu kūliši. Stumbra perifērijai tuvāk ir mazāki vadu kūliši un to ir vairāk, tuvāk centram esošie kūliši ir lielāki un to ir mazāk. Viendīgļlapju vadu kūlišos nav kambija. Tāpēc arī, sasnieguši noteiktu resnumu, viendīgļlapju stumbri resnumā vairs nepieaug. Tajos gadījumos, kad šādu pieaugšanu novēro (piemēram, palmām), primārajā mizā izveidojas jauns sekundārs veidotājaudu gredzens.

## AUGU VAIROŠANĀS

Augu vairošanās ir augu sugu indivīdu skaita palielināšanās, kas nodrošina sugas saglabāšanos. Augiem pazīstama *bezdzimumvairošanās* un *dzimumvairošanās*. Bezdzimumvairošanās notiek ar īpašām sporām, kuras veidojas bezdzimumiski (sporas var veidoties arī dzimumiski). Bezdzimumvairošanos, kas notiek

ar speciāliem augu ķermeņiem vai veģetatīvo orgānu veidojumiem (sīpoliem, bumbuliem, sakneņiem, spraudneņiem, sēnotni utt.), sauc par *veģetatīvo vairošanos*. Principā šāda veģetatīvā vairošanās neatšķiras no bezdzimumvairošanās ar sporām, jo kā viens, tā otrs vairošanās veids nav saistīts ar dzimumšunu veidošanos un apaugļošanos. Augu bezdzimumvairošanās un veģetatīvās vairošanās procesā nenotiek arī šunu kodolu fāzu maiņa. Turpretī dzimumvairošanās procesā veidojas dzimumšūnas un notiek apaugļošanās. Līdz ar to notiek arī šunu kodolu fāzu maiņa.

## BEZDZIMUMVAIROŠANĀS

Bezdzimumvairošanās pazīstama sēnēm, zemākajiem augiem (aļģēm) un arī zemāk attīstītajiem augstākajiem augiem (sūn-  
augiem un paparžaugiem). Daudzām sēnēm un zemākajiem augiem — aļģēm —, kā arī augstākajiem augiem bieži sastopama veģetatīvā vairošanās.

**Bezdzimumvairošanās ar sporām** notiek sēnēm un aļģēm. Aļģēm bezdzimumsporas veidojas īpašās tvertnēs — *sporangijos*. Sporas var būt divējādas: 1) *aplanosporas*, kurām nav īpašu kustības orgānu un kuras tāpēc nespēj pašas aktīvi pārvietoties, un 2) *zoosporas* ar vicām, kas spēj aktīvi pārvietoties.

Sēņu zoosporas un sporangijsporas arī attīstās sporangijos.

**Veģetatīvās vairošanās** vienkāršākais veids ir viensūnas organisma dalīšanās, kas novērojama baktērijām un aļģēm — zilaļģēm, zaļāļģēm, kramaļģēm, konjugatām u. c. Baktēriju šunu dalīšanās (amitoze) noris visai ātri — apmēram 20 minūtēs. Aļģu šūnas mitotiski pārdalās 2—2,5 stundu laikā.

**Pumpurošanās** ir veģetatīvās vairošanās veids. Tā novērojama rauga sēnēm. Šajā procesā šūnai rodas izaugums, kas pakāpeniski palielinās un beidzot pilnīgi nodalās, un kļūst par patstāvīgu organismu.

**Fragmentācija** ir veģetatīvā vairošanās ar lapoņa daļām. Tā pazīstama dažām zilaļģēm un ķērpjiem.

Ķērpju veģetatīvā vairošanās notiek galvenokārt ar sorēdijām un izīdijām. Sorēdijas veidojas ķērpja aļģu slānī. Tās sastāv no aļģu šūnām, kurām apvijušās sēņu hifas, veidojot vairāk vai mazāk blīvus kamoliņus. Līdz ar to atsevišķās vietās uz ķērpju lapoņu virsmas veidojas veselas sorēdiju kaudzītes. Šīs vietas sauc par *sorāļiem*. Izīdijas ir smalki ķērpja lapoņa malu izaugumi, kuri satur abus ķērpju lapoņu komponentus: gan aļģi, gan arī sēni. Nolūzušas izīdijas izplata vējš, un, nonākušas attiecīgos apstākļos, tās var veidot jaunu ķērpja laponi.

Veģetatīvā vairošanās ļoti izplatīta augstākajiem augiem. Aknu sūnām, piemēram, parastajai maršancijai, uz lapoņa attīstās īpašas tvertnes ar vairķermeņiem. Vairķermeņi veidojas ar daudzām lapu sūnām. Lapu sūnas spēj vairoties arī ar lapu zariņiem (it īpaši sfagni).



Kosas un papardes veģetatīvi vairojas ar adventīvajiem pumpuriem, kuri attīstās uz sakneņiem. Dažām papardēm īpaši vairpumpuri veidojas uz lapām.

Veģetatīvā vairošanās nav pazīstama kailsēkļiem. Turpretī segsēkļiem veģetatīvā vairošanās ar veģetatīvo orgānu daļām, to veidojumiem un pārveidnēm ir plaši izplatīta. Dažu segsēkļu saknes veido adventīvos pumpurus. Tādi pumpuri attīstās vītoliem, apsēm, ceriņiem, avenēm, usnēm, mīkstpienēm u. c. No šādiem pumpuriem izaug sakņu dzinumi jeb *atvases*, kas kļūst par jaunu auga eksemplāru. Adventīvie pumpuri uz lapām attīstās begonijām, kalanhojēm u. c.

Vairpumpuri segsēkļiem veidojas lapu žāklēs, piemēram, sīpoliņu zobainītei.

Plaši pazīstama segsēkļu vairošanās ar veģetatīvo orgānu pārveidnēm — bumbuļiem, sīpoliem, bumbuļsīpoliem, gumiem un stīgām. Ar *bumbuļiem* vairojas kartupelis, topinambūrs. Ar *sīpoliem* vairojas dārza sīpols, lilijas un citi sīpolaugi. Šiem augiem bieži vien lapu žāklēs vai pat ziedkopās veidojas īpaši *vairsīpoliņi* — tīgerlilijai, ķiploku sīpolam, krūmāju sīpolam u. c. Ar *bumbuļsīpoliem* vairojas gladiolas. Ar *gumiem* vairojas dālijas, mazpurenītes, bet ar *stīgām* — zemenes.

Veģetatīvo augu pavairošanu plaši lieto lauksaimniecībā un dārzkopībā (ar bumbuļiem, sīpoliem, spraudēņiem, noliektniem, ceru dalīšanu, acošanu, potēšanu u. c.).

## DZIMUMVAIROŠANĀS

Augu dzimumvairošanās procesā veidojas sievišķās un vīrišķās dzimumšūnas — *gametas*. Gametas attīstās īpašās vienšūnas vai daudzšūnu tvertnēs — *gametangijos*. Aupaugļošanās procesā, saplūstot gametām, izveidojas zigota, kas ir jaunā organisma pirmā šūna.

Dzimumvairošanās procesam salīdzinājumā ar bezdzimumvairošanos ir vairākas priekšrocības. Pirmkārt, dzimumvairošanās procesā dzimumšūnu saplūšanas rezultātā veidojas jauns organisms, bet neturpinās vecā organisma tālākā attīstība. Otrkārt, veidojoties un saplūstot gametām, notiek ģenētiskā materiāla pārkombinēšanās, rodas jaunas īpašības, un tādēļ jaunie organismi atšķiras no vecākiem.

## ZIEDS. SĒKLA. AUGLIS

### ZIEDA UZBŪVE

Zieds ir vasas pārveidne. Tajā izšķir vairākas daļas: *ziedkātu*, *ziedgultni*, *apziedni*, *androceju* un *gineceju* (28. att.).

**Ziedgultni** veido ziedkāta galotnes paplašinājums, uz kura atrodas visas pārējās zieda daļas.

**Apziednis** ietver ziedu no ārpuses. Tas var būt vienkāršs un divkāršs. Vienkāršs apziednis sastāv no vienādām lapām, kuras var būt gan zaļas, piemēram, žultszālītēm, gan arī spilgti krāsainas — baltas, zilas, sarkanās, dzeltenas utt. Piemēram, dzeltens vienkāršs apziednis ir purva purenei, balts — baltajam vizbulim. Vienkāršie dažādas krāsas apziedņi vērojami tulpēm.

Ja vainaglapas ir vienāda lieluma, tad ziedu sauc par *kārtņu*, ja tās ir dažāda lieluma, ziedu sauc par *nekārtņu*.

Divkāršs apziednis sastāv no *kausa* un *vainaga*.

Kauslapas, kas veido kausu, un vainaglapas, kas veido vainagu, parasti ir dažādās krāsās. Tās atšķiras arī pēc formas un lieluma. Kauslapas parasti ir zaļas. Retāk tās ir krāsainas, piemēram, sila virsim — violetas.

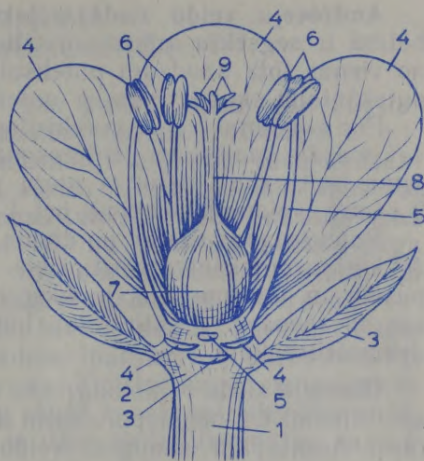
Kauslapas parasti ir mazākas nekā vainaglapas. Garākas par vainaglapām tās ir parastajam kokālim. Kauslapas var būt brīvas vai saaugušas. Ja kauslapas ir brīvas, kausu sauc par *šķirtlapainu* (piemēram, liniem), bet, ja tās ir saaugušas, — par *koplapainu* (piemēram, kartupeļiem).

Dažos gadījumos kauss var būt stipri reducēts vai arī tā vispār nav. Reducēts kauss sastopams čemurziežu un kurvjziežu dzimtu augiem.

Ja ziediem nav apziedņa, tad šādus ziedus sauc par *kailiem ziediem*. Kaili ziedi ir parastajam osim, purva cūkausim u. c.

Vainagu veido *vainaglapas*. Tās parasti ir spilgtā krāsā: baltas, dzeltenas, zilas, sarkanās. Ļoti dažāda ir vainaglapu forma un lielums. Daudzu augu vainaglapām izšķir divas daļas: paplašināto galotnes daļu sauc par *vainaglapas plātnīti*, bet sašaurināto pamatdaļu — par *vainaglapas nadziņu*. Vainaglapas var būt saaugušas vai nesaaugušas. Ja vainaglapas nav saaugušas, tad vainagu sauc par *šķirtlapainu*, bet, ja tās ir saaugušas, — par *koplapainu*.

Pēc morfoloģijas izdala vairākus vainaga veidus: *riteņveida* (parastajam kartupeļim), *zvanveida* (pulkstenītēm), *piltuvveida* (rudzupuķēm), *mēlveida* (pienenei), *stobrveida* (dadžiem), *vienlūpainu* (cekuliņiem), *divlūpainu* (vīrcelēm) vai *tauriņveida* (tauriņziežu dzimtas augiem).



28. att. Zieda uzbūve:

1 — ziedkāts, 2 — ziedgultne, 3 — kauslapas,  
4 — vainaglapas, 5 — putekšņlapas kātiņš, 6 —  
putekšņnicas, 7 — sēklotne, 8 — irbulis, 9 —  
driksna.



**Androceju** veido zieda putekšņlapu kopa. Putekšņlapas būtībā ir segsēkļu mikrosporofili. Putekšņlapu kopa ziedā sastāv no vienas līdz daudzām putekšņlapām. Atsevišķu dzimtu augiem putekšņlapu skaits ziedos ir noteikts.

Pēc augšanas veida putekšņlapas var būt *brīvas*, kā arī vairāk vai mazāk *saaugušas*. Interesanta putekšņlapu saaugšana vērojama tauriņziežu dzimtas augu ziedos, kur no 10 putekšņlapām 9 saaug, veidojot stobriņu, bet 1 putekšņlapa paliek brīva.

Putekšņlapas sastāv no divām daļām — *kātiņa* un *putekšņicas*. Ar kātiņu putekšņica piestiprinās pie ziedgultnes. Dažiem augiem, piemēram, kartupeļiem, putekšņlapām kātiņa nav. Tad putekšņicas ir *sēdošas*. Kātiņi var būt klāti ar matiņiem, piemēram, deviņvīruspēkam.

**Gineceju** ziedā veido augļlapu kopa. Augļlapas atbilst megasporofiliem. Uz megasporofiliem attīstās sēklaizmetņi ar megasporām. Augļlapām saaugot, veidojas auglencīca. Auglencīca ir raksturīga tikai segsēkļiem. Tā sastāv no trim daļām: sēklotnes, irbuļa, driksnas. Par *sēklotni* sauc auglencīcas apakšējo paplašināto daļu, kurā atrodas sēklaizmetņi (megasporangiji). Izšķir apakšējo, vidējo un augšējo sēklotni. Sēklotne ir *apakšēja*, ja apziednis piestiprināts virs sēklotnes. *Vidējai sēklotnei* apziednis piestiprināts vidusdaļā, bet *augšējai sēklotnei* apziednis piestiprināts pie pamatnes.

Virš sēklotnes atrodas *irbulis*, bet virs tā — *driksna*, kas uztver ziedputekšņus (mikrosporas). Driksnu funkcija — ziedputekšņu uztveršana — atbilst driksnu uzbūvei: tās ir plūksnainas, daivainas, lodveida, pavedienveida, zvaigžņveida un citādas. Pēc driksnu skaita var spriest par auglencīcas augļlapu skaitu. Tā, piemēram, pulksteņīšu ziedos ir 3 driksnas; tas norāda, ka pulksteņīšu auglencīcu veido 3 saaugušas augļlapas. Ja irbuļa nav, tad driksnu sauc par *sēdošu* (magonēm). Driksna var būt ļoti dažādi izveidota. Anemofilajiem augiem, kurus apputeksnē vējš, parasti ir spalvveidā plūksnainas driksnas. Entomofilajiem augiem, kurus apputeksnē kukaiņi, driksnas parasti ir mazākas un bieži vien lipīgas. Arī to novietojums ziedā veicina apputeksnēšanos.

Kā jau minēts, zieds ir pārveidota vasa. Dažādās zieda daļas — kauslapas, vainaglapas, putekšņlapas un augļlapas — būtībā ir zaļo lapu pārveidnes. Šo faktu pirmais atklājis un aprakstījis izcilais vācu dzejnieks J. V. Gēte, kurš nodarbojās arī ar dabaszinātnēm.

Rūpīgi izpētot baltās ūdensrozes ziedus, redzams, ka kauslapas pakāpeniski pāriet vainaglapās, bet vainaglapas savukārt — putekšņlapās. Šādu metamorfozi pārliecinoši apstiprina arī t. s. *kuplie jeb pildītie ziedi*, kuros putekšņlapas un auglencīcas pārvērtušās vainaglapās. Augus ar pildītajiem ziediem izmanto dekoratīvajā dārzkopībā un galvenokārt pavairo veģetatīvi, jo gadījumos, kad visas putekšņlapas un augļlapas ir pārveidojušās vainaglapās, tad tādi ziedi ir skaisti, bet neauglīgi.

## VIENDZIMUMA UN DIVDZIMUMU ZIEDI

Vairumam segsēkļu ziedos ir gan putekšņlapas, gan augļlapas (rozēm, magonēm, ķiršiem, ābelēm, kviešiem, rudziem u. c.). Šādus ziedus sauc par divdzimumu ziediem. Taču kailsēkļiem un arī daudziem segsēkļiem ziedos ir tikai putekšņlapas vai tikai augļlapas. Augiem putekšņlapas (vīrišķie ziedi) un augļlapas (sievšķie ziedi) var atrasties atsevišķi uz viena un tā paša auga vai arī uz atsevišķiem augiem. Tos augus, kuriem vīrišķie un sievšķie ziedi attīstās uz viena īpatņa, sauc par vienmājniekiem jeb vienmājas augiem, bet tos augus, kuriem vīrišķie un sievšķie ziedi attīstās uz dažādiem īpatņiem, — par divmājniekiem jeb divmāju augiem. Tipisks augs vienmājnieks ir kukurūza, kurai vālitēs stublāju sānos ir sakopoti sievšķie ziedi, bet skarās stublāju galotnēs — vīrišķie ziedi. Vienmājas augi ir arī gurķi, bērzi, egles u. c.

Divmāju augi ir vītoli un kārkli, apses, sējas kaņepe, krūķļu smiltserkšķis u. c.

## ZIEDKOPAS UN TO BIOLOĢISKĀ NOZĪME

Tikai nedaudziem augiem (tulpēm, Alpu vijolitēm, zilajai vizbulītei u. c.) vasas galotnē attīstās viens zieds, kuru sauc par *vientuļu ziedu*. Vairumam augu ir vairāki ziedi, kas sakopoti uz īpaša zaraina ziedneša. Tādējādi izveidojas ziedkopa — zarota vasas augšējā daļa, uz kuras atrodas ziedi. Pēc zarojuma veida ziedkopas daļa divās grupās — *cimozajās* jeb *simpodiālajās* ziedkopās un *racemozajās* jeb *monopodiālajās* ziedkopās.

**Racemozās ziedkopas** apzīmē arī par *ķekaroniem*. Tām ir spēcīgi attīstīta galvenā ass, kura pieaug garumā. Racemozās ziedkopas daļa vienkāršajās un saliktajās. Racemozās ziedkopas, kurām ziedi atrodas tieši uz galvenās ass, sauc par *vienkāršajām racemozajām ziedkopām*, bet, ja ziedi atrodas uz tālākas pakāpes sānasis, — par *saliktajām racemozajām ziedkopām*.

**Vienkāršās racemozās ziedkopas** ir *ķekars*, *vairogs*, *vārpa*, *vālite*, *spurdze*, *čemsurs*, *galviņa*, *kurvītis*.

**Ķekars** ir ziedkopa, kurā no ziedkopas galvenās ass atiet vājāk attīstītas, apmēram viena garuma sānasis ar ziediem galotnē. Tādas ziedkopas ir, piemēram, parastajai ievai.

**Vairogā** apakšējo ziedu kāti ir garāki par augšējo ziedu kātiem. Līdz ar to visi ziedi izvietojas vienādā augstumā, piemēram, bumbierēm, ābelēm, vilkābelēm.

**Vārpā** var uzskatīt par ķekaru ar sēdošiem ziediem. Vārpa izveidojas ceļtekām.



Vālīte ir ziedkopa ar paplašinātu galveno asi, uz kuras atrodas sēdoši ziedi, piemēram, smaržīgajai kalmei, kukurūzai (sievīškā ziedkopa).

Spurdze ir vārpa ar tievu, nokarenu galveno asi. Tipiskas spurdzes veidojas vītoliem un apsēm.

Čemurs ir ziedkopa ar stipri reducētu galveno asi, no kuras viena punkta atiet sānasis un to galos veidojas ziedi. Tādas ziedkopas ir gaiļbiksītei, bezdelīgactiņai, čemurainajam puķumeldram.

Galviņai ir ļoti īsa paresnināta galvenā ass, uz kuras attīstās ziedi ar īsiem kātiņiem. Tipiska galviņa ir āboliņam.

Kurvītīm izveidojas plata, iedobta vai izliekta ziedkopas galvenā ass. Uz šādas paplašinātas ziedkopas galvenās ass atrodas ziedi, kas novietoti uz īsiem kātiņiem. Kurvītis kā ziedkopa raksturīgs kurvjziežu dzimtas augiem (kumelītēm, dadžiem, assterēm utt.).

**Saliktās racemozās ziedkopas** ir *skara, salikta vārpa, vārpskara, salikts vairogs un salikts čemurs*.

Skara ir salikts ķekars, kura galvenās ass sānasis ir ķekari vai vienkāršas vārpas. Skara ir raksturīga ziedkopa daudzām graudzālēm (auzām, smilgām).

Saliktai vārpai uz galvenās ziedkopas atrodas sānasis, kuras veido vārpas, piemēram, rudziem.

Vārpskaras vārpām ir sēdoši ziedi vai ziedi uz ļoti īsiem kātiņiem. Šādas vārpas novietotas skarā. Vārpskara ir daudzām graudzālēm, piemēram, timotiņam, lapsastēm.

Salikts čemurs ir ziedkopa, uz kuras pirmās un tālāko pakāpju asīm izveidojas vienkārši čemuri. Šāda tipa ziedkopas raksturīgas čemurziežu dzimtas augiem, piemēram, burkāniem, meža suņburkšķim u. c.

Bez šiem ziedkopu pamattipiem dabā sastopamas arī visai sarežģītas ziedkopas, kurās apvienojas gan cimozo, gan racemozo ziedkopu iezīmes.

**Ziedkopu evolūcija** notikusi no vientuļajiem ziediem uz vienkāršajām ziedkopām, reducējoties vasām, kuru galotnēs attīstās ziedi. Ziedkopām ir liela nozīme augu bioloģijā. Tās uzskatāmas par pielāgojumu, kas nodrošina labāku apputeksnēšanos. Salīdzinājumā ar vientuļiem ziediem ziedkopas labāk uztver vēja nestos ziedputekšņus. Arī kukaiņi vairāk apmeklē šādus ziedus nekā vientuļos ziedus, tādējādi nodrošinot svešapputi.

## APPUTEKSNĒŠANĀS

Apputeksnēšanās jeb appute ir ziedputekšņu pārvešana no putekšņīcām uz driksnām. Izšķir divus apputeksnēšanās veidus — *pašapputi* un *svešapputi*.

**Pašappute** jeb **autogāmija** ir apputeksnēšanās vienā ziedā. Putekšņlapu un driksnu atrašanās divdzimumu ziedos liecina, ka

pašappute dabā ir plaši izplatīta. Ilgstoša pašappute nodrošina auga īpašību labāku saglabāšanos un nostiprināšanos. Pašappute bieži vien notiek ziedos jau pirms to atvēršanās, piemēram, miežiem, panātrēm, virzām u. c.

**Svešappute** jeb **alogāmija** ir ziedputekšņu pārnešana uz citu ziedu driksnām. Svešapputei ir milzīga bioloģiskā nozīme: pretstatā pašapputei tā palielina auga mainību un dzīvotspēju un līdz ar to bagātina iedzimtību.

Svešappute notiek dažādi — gan starp viena auga dažādiem ziediem, gan arī starp dažādu vienas sugas augu ziediem. Ja, apputeksnējoties divu dažādu augu sugu ziediem, rodas dīgtspējīgas sēklas un pēcnācēji, tad šādu procesu apzīmē par krustošanos jeb hibridizāciju, bet jaunus augus — par hibriidiem. Dažkārt dabā sastopami *spontānie hibridi*, piemēram, krustojoties sējas lucernai (zili ziedi) ar dzelteno lucernu (dzeltenī ziedi), izveidojas hibridlucerna ar dažādas krāsas ziediem, kuri var būt gan sērdzelteni, gan melnganzaļi, gan sarkanvioleti, gan sarkanbrūni un citādi. Līdzīgā veidā radies krustojums starp īsto madaru un balto madaru. Dažādu kultūraugu sugu un šķirņu mākslīgai krustošanai ir milzīga nozīme selekcijā, veidojot jaunas kultūraugu šķirnes.

**Svešapputes nodrošināšanai** augiem izveidojušies dažādi *pielāgojumi*. Te jāmin gan īpatnības ziedu uzbūvē, gan arī zieda bioloģijā.

Augu ziedos apputeksnēšana var būt norobežota telpā un laikā. Ziedu apputeksnēšana norobežota telpā ir divmāju augiem. Bez tam ziedos putekšņlapas un irbuļi var būt dažāda garuma, kas izslēdz pašapputi un nodrošina svešapputi. Šādu parādību apzīmē par heterostiliju. Tā raksturīga, piemēram, gaiļbiksītēm — labi pazīstamajiem pļavu un noru augiem. Gaiļbiksītēm sastopami divējāda tipa ziedi — ar īsiem un gariem irbuļiem. Īsirbuļu ziedos putekšņlapas piestiprinājušās ziedu stobriņu augšdaļā, bet garirbuļu ziedos — ziedu stobriņa vidū. Gaiļbiksīšu ziedus apputeksnē kameņes. Īsirbuļu ziedos kameņes kājas aplīp ar ziedputekšņiem, kuri garirbuļu ziedos nonāk uz driksnas. Turpretī garirbuļu ziedos ar ziedputekšņiem aplīp kameņes snukītis un ziedputekšņi tiek pārnesti uz īsirbuļu ziedu driksnām. Heterostilija zināma arī mitrās pļavās un upju krastos augošajam vītoli vējmietīņam.

Atkarībā no apputeksnēšanās veida izšķir *anemofiliju*, *entomofiliju*, *ornitofiliju* un *hidrofiliju*.

**Anemofilijas** gadījumā apputeksnēšanu izdara vējš. Anemofilajiem augiem nav spilgtas krāsas un lielu ziedu. Šo augu ziedi parasti ir sīki, sakopoti lielākās vai mazākās ziedkopās. Anemofili ir grišļu, vītoli, bērzu, daudzi graudzāļu un citu dzimtu augi. Apsēm un lazdām vīrišķie ziedi ir nokarenās irdenās spurdzēs, no kurām vējinā laikā viegli izkaisās ziedputekšņi. Anemofili ir koki un krūmi, kas zied agri pavasarī pirms lapu plaukšanas.



Šo augu drīksnas ir plūksnainas, ar lielu ziedputekšņus uztverošo virsmu. Arī visas graudzāles ir anemofili augi. Tipisks šāds augs ir sējas rudzi, kuru apputeksnēšanās laikā virs rudzu lauka redzams pelēcīgs ziedputekšņu mākonis. Aprēķināts, ka vienā rudzu vārpā ziedputekšņu skaits var sasniegt 4 miljonus. Tātad anemofilo augu ziedi producē ļoti daudz ziedputekšņu.

**Entomofilija** ir apputeksnēšana, kuru izdara kukaiņi. Tas ir visizplatītākais apputeksnēšanās veids — tā tiek apputeksnētas 9/10 visu augu sugu. Bites, kameņes, tauriņi, skudras, ziedumušas, meklēdamas ziedu nektāru savai barībai, pārnes un izplata augu ziedputekšņus. Entomofilajiem augiem parasti ir spilgti, lieli un bieži vien arī smaržīgi ziedi, kas pievilina dažādus kukaiņus. Gan entomofilo augu ziedu, gan arī ziedputekšņu uzbūve sekmē putekšņu pārnesanu ar kukaiņiem. Entomofilo augu ziedu lielums un forma atbilst kukaiņu ķermeņa formai un lielumam. Ziedputekšņi šiem augiem parasti ir lielāki nekā anemofilajiem augiem un bieži ar dažādiem izaugumiem, kas nodrošina ziedputekšņu pieķeršanos kukaiņu ķermenim.

**Ornitofilija** ir ziedputekšņu pārnesana ar putnu starpniecību. To veic kolibri, papagaiļi un citi putni tropu un subtropu zemēs.

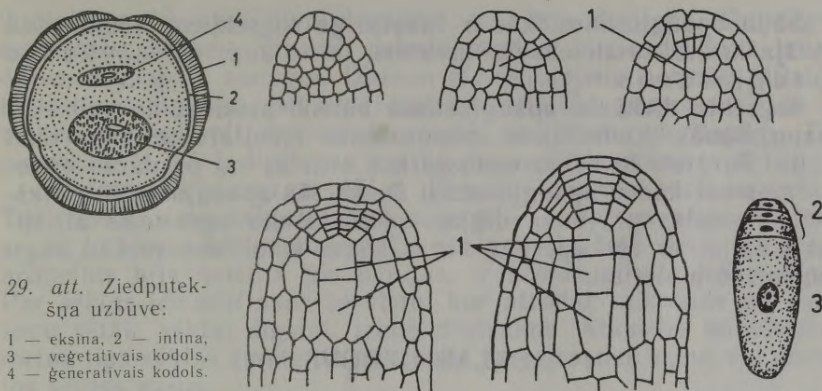
**Hidrofilijaš** gadījumā ziedputekšņus pārnes ūdens. Hidrofiliju novēro ūdensaugiem — glivenēm, jūraszālēm, valisnērijām u. c.

Visi četri minētie apputeksnēšanās veidi nodrošina svešapputi. Svešapputes augiem parasti pēc pašapputes neattīstās dīgtspējīgas sēklas un normāli augļi. Šādas svešapputes augus sauc par *pašneauglīgiem* jeb *steriliem* (ābeles, bumbieres, saldīe ķirši, rudzi, sarkanais āboliņš). Svešapputes augus, kuriem pašapputes rezultātā veidojas dīgtspējīgas sēklas un normāli augļi, sauc par *pašauglīgiem* jeb *fertiliem augiem* (jānogas, avenes, ērkšķogas, persiki, zirņi).

## SEGSEKĻU APAUGĻOŠANĀS

Apaugļošanās notiek, saplūstot vīrišķajām un sievišķajām gametām. Vīrišķā gametofīta attīstība parasti sākas jau ziedputekšņos jeb putekšņīcu mikrosporās. Mikrospora daļās, veidojot divas fizioloģiski un morfoloģiski atšķirīgas šūnas — *veģetīvo* un *ģeneratīvo šūnu* (29. att.). Veģetatīvās šūnas kodols parasti ir lodveida, bet ģeneratīvās — iegarens, vārpstveida. Abas šūnas aptver putekšņa apvalki — *intīna* un *eksīna*. Nokļūstot uz drīksnas, mikrospora dīgst — veģetatīvā šūna izspiežas caur kādu poru mikrosporas apvalkā uz āru un veido dīgstobru. Dīgstobrs ieaug drīksnas irdenajos audos un vai nu pa šiem audiem, vai arī pa irbuļa kanālu aug sēklotnes virzienā.

Sēklotnē notiek *megasporogēnēze* un izveidojas *dīglsoma* (30. att.). Sēklaizmetņa audu diferenciācijas rezultātā attīstās šūna, kurai daloties veidojas *sedzējšūna* — *megasporu mātšūna*.

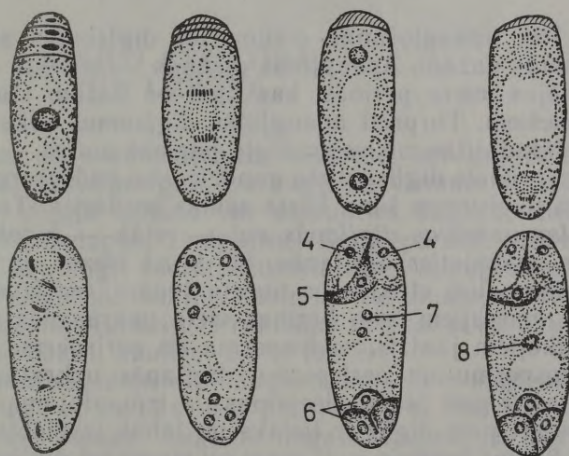


29. att. Ziedputekšņa uzbūve:

1 — eksīna, 2 — intīna,  
3 — veģetatīvais kodols,  
4 — ģeneratīvais kodols.

30. att. Segsēkļu  
dīgļsomas attīstības  
shēma:

1 — arhesporijs, 2 —  
deģenerētas šūnas, 3 —  
megaspore, 4 — sinerģi-  
das, 5 — olšūna, 6 —  
antipodi, 7 — polkodols,  
8 — sekundārais kodols.



Megasporu mātšūna reduktīvi dalās. Izveidojas četru megasporu rinda, no kurām trīs atmirst, bet viena palielinās apmēros un pārveidojas par dīgļsomu. Tās kodols trīs reizes mitotiski dalās, izveidojot 8 haploidālus kodolus. Divi no tiem saplūst un veido dīgļsomas sekundāro kodolu ar diploidālu hromosomu skaitu. Viens kodols, kurš ir tuvāk sēklaizmetņā iemutei jeb mikropilei, norobežo ap sevi citoplazmu un kļūst par olšūnu.

Kad dīgļsoma ir sasniegusi šādu attīstības pakāpi, to sasniedz putekšņa dīgstobrs, kurā, daloties ģeneratīvajai šūnai, veidojas 2 optiski un biokīmiski atšķirīgi *spermiji* ar atšķirīgām funkcijām. Viens no šiem spermijiem apaugļošanās procesā saplūst ar olšūnu, bet otrs — ar dīgļsomas sekundāro kodolu. No apaugļotās olšūnas tālāk attīstās *jaunais dīgļis* ar diploidālu hromosomu skaitu šūnās, bet no apaugļotā dīgļsomas sekundārā kodola izveidojas triploidāla šūna, kura dod sākumu sēklā ietvertajiem jaunā dīgļa barošanās audiem — *endospermai*.



Šādu apaugļošanas, kas ir raksturīga segsēkļiem, 1898. gadā atklāja krievu zinātnieks S. Navašins, un to sauc par divkāršo apaugļošanu.

Segsēkļu divkāršā apaugļošanās būtiski atšķiras no kailsēkļu apaugļošanās. Kailsēkļiem apaugļošanās rezultātā veidojas tikai dīgļis. Turpreti to sēkļu endosperma attīstās no primārās endospermas bez kādas apaugļošanās. Divkāršās apaugļošanās priekšrocības saistās ar jaunā dīgļa nodrošināšanu agrākajās attīstības stadijās ar endospermu, kuras šūnas satur abu vecāku augu ģeneratīvo materiālu.

## SEKLAS UZBŪVE

Pēc apaugļošanās olšūna un dīgļsomas sekundārais kodols attīstās dažādi. Apaugļotās olšūnas — *zigotas* — attīstībā parasti iestājas miera periods, kas ilgst no dažām stundām līdz dažiem mēnešiem. Turpreti apaugļotās *dīgļsomas* sekundārais kodols tūlīt sāk dalīties un veido dīgļa barības audus — *endospermu*. Dažkārt jaunais dīgļis izlieto gandrīz visu endospermu un no tās paliek pāri tikai viena šūnu kārtas sēklas perifērijā. Tad *rezerves barības vielas uzkrājas dīgļlapās vai* — retāk — *hipokotilā*. Barības vielām uzkrājoties dīgļlapās, tās kļūst biezas un lielas. Ja rezerves barības audi attīstās no nucela šūnām, tad izveidojas *perisperma*. No minētajiem trim barības vielu uzkrāšanās veidiem par primitīvākajiem jāatzīst endosperma un perisperma. Salīdzinājumā ar endospermu un perispermu dīgļlapās uzkrātās rezerves barības vielas ir gan labāk pieejamas un izmantojamas jaunajam dīglim, gan arī pats dīgļis ir lielāks un labāk izveidots.

Sēklas barības audi ir vai nu visapkārt dīglim, vai arī ir norobežoti līdzās dīglim. Tos veido izodiametriskas, cieši sablīvētas šūnas ar plānu celulozes apvalku. No rezerves barības vielām šajās šūnās atrodas ciete, tauki un arī olbaltumvielas aleirona graudu veidā.

Sēkla sastāv no *dīgļa* jeb *embrija*, *sēklapvalka*, jeb *sēklas segas* un *barības audiem*.

**Sēklas dīglim** izšķir *dīgļsakni*, *dīgļstumbru*, *dīgļpumpuru* un *dīgļlapas*.

*Dīgļsakne* ir dīgļa daļa, kas, sākoties augšanai, pārplēš sēklapvalku un nostiprinās augsnē.

*Dīgļstumbram* izšķir 2 daļas — hipokotilu un epikotilu. *Dīgļstumbra* daļu starp dīgļsakni un dīgļlapām apzīmē par *hipokotilu*, bet to daļu, kas atrodas starp dīgļlapām un pirmajām istajām lapām, — par *epikotilu*.

*Dīgļpumpurs* ir vasas aizmetnis, no kura vēlāk izaug vasa.

*Dīgļlapas* dažādiem augiem ir atšķirīgas. Viendīgļlapjiem parasti izveidojas tikai viena dīgļlapa, bet divdīgļlapjiem — divas dīgļlapas. Taču ir zināmi gadījumi, kad viendīgļlapjiem veidojas

2 dīgļlapas vai arī divdīgļlapjiem — viena dīgļlapa. Gundegu, ūdensrožu, bārbeļu un citu dzimtu augiem viena dīgļlapa izveidojas, dīgļlapām saaugot. Dažiem divdīgļlapjiem normāli attīstās tikai viena dīgļlapa, bet otra dīgļlapa attīstību pārtrauc. Taču ir zināmi divdīgļlapji, kuriem ir vairāk par divām dīgļlapām. Tā, piemēram, 4 vai 5 dīgļlapas ir zīda magonei, burkāniem u. c.

**Sēklapvalks** aizsargā sēklas dīgli un rezerves barības vielas. Tas veidojas no sēklaizmetņa segām — *integumentiem* — vai arī no to ārējās kārtas šūnām. Uz sēklapvalka tajā vietā, kur sēklaizmetnis bija saistīts pie kājiņas, ir *sēklas zīmīte* jeb *nabiņa*. Par *sēklas iemutīti* sauc to vietu, kur atrodas mikropile un caur kuru vēlāk, sēklai dīgstot, izaug dīglsakne. Atkarībā no sēklaizmetņa tipa sēklas zīmīte un mikropile var atrasties vienā vai pretējās sēklas galos.

## AUGĻU ATTĪSTĪBA UN UZBŪVE

Sēklas izveidojas no sēklaizmetņiem sēklotnē, bet auglis attīstās no auglenīcas. Jāatzīmē gan, ka augļi ne vienmēr attīstās tikai no auglenīcas. Augļu uzbūvē var piedalīties dažādas zieda daļas: apziednis, putekšņlapas, ziedgultne. Augļi parasti attīstās pēc apaugļošanās. Taču augļi var attīstīties arī bez apaugļošanās. Tie ir *partenokarpie augļi*, kuriem nav sēklu un kas zaudējuši augu vairošanās un izplatīšanās funkciju. Praktiskai lietošanai tādi augļi (banāni, vinogas, bumbieri, āboli u. c.) ir ļoti ērti.

*Augļi veidojas tikai segsēkļiem* — augiem, kuriem ir auglenīca.

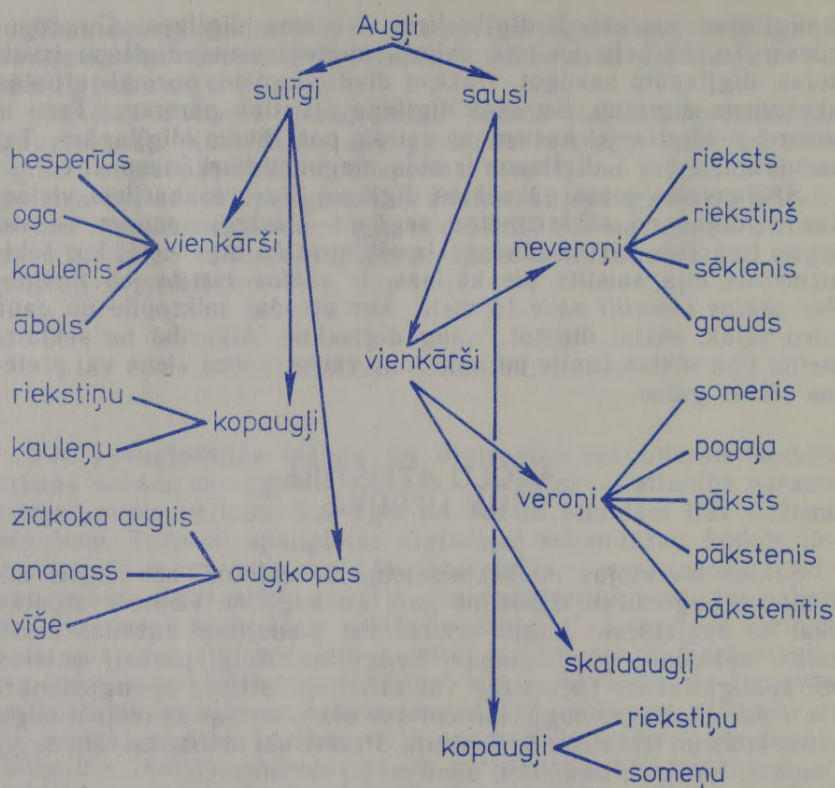
Augļus sedz augļapvalks jeb perikarps. Parasti tas veidojas no auglenīcas sienas. Augļiem nogatavojoties, perikarps diferencējas, un tajā izšķir 3 kārtas: ārējo — *eksokarpu* jeb *epikarpu*, vidējo — *mezokarpu* un iekšējo — *endokarpu*. Augļapvalks var būt gan sulīgs, gan sauss. Sulīgiem augļiem visbiežākā kārta ir mezokarps. Ja augļi ir tikai viena sēkla, tad augļapvalks ir plāns, saaug ar sēklapvalku un augli praktiski nevar atšķirt no sēklas, piemēram, dažādu labības augu — rudzu, miežu, auzu graudi.

## AUGĻU KLASIFIKĀCIJA

Pazīstami divi augļu klasifikācijas tipi — *morfoloģiskā* un *ģenētiskā klasifikācija*. Morfoloģiskā klasifikācija vadās pēc augļapvalka izveidojuma, sēklu skaita auglī, augļa atvēršanās veida.

Sikāk aplūkosim augļu morfoloģisko klasifikāciju, kuru šodien praktiski lieto, gan aprakstot, gan noteicot augus. Morfoloģiskajā klasifikācijā augļus klasificē pēc *augļapvalka izveidojuma*, *augļlapu un sēklu skaita*, *augļu atvēršanās un neatvēršanās* (31. att.).





31. att. Augļu klasifikācijas shēma.

Pēc augļapvalka izveidojuma augļus dala *sausajos* un *sulīgajos augļos*.

**Sausajiem augļiem** augļapvalks ir plāns, plēvains. Augļapvalks var būt stingrs un ciets, ja tajā atrodas sklereīdas. Tādām augļapvalkam bieži veidojas dažādi izaugumi, kas nodrošina augļu izplatīšanos.

**Sulīgajiem augļiem** augļapvalka mezokarpa šūnās ir lielas vakuolas, kas bagātas ar šūnsulu, kura satur cukurus (plūmēm, aprikozēm u. c.), eļļas (olīvēm). Sulīgo augļu endokarps pārkoksējoties izveido kauliņu, kas ietver sēklu (plūmēm, ķiršiem u. c.).

Sausos augļus tālāk iedala 2 grupās — *vienkāršos augļos* un *kopaugļos*. Sulīgos augļus iedala 3 grupās: *vienkāršos augļos*, *kopaugļos* un *augļkopās*.

Vienkāršie augļi veidojas no ziediem, kuriem ir viena auglēnīca, bet kopaugļi — no ziediem ar vairākām auglēnīcām. Su-

līgo augļu auglīkopas veidojas, saaugot kopā vai arī kopā nobriestot augļiem, kas izveidojušies no vairākiem atsevišķiem ziediem.

**Vienkāršos sausus augļus** tālāk iedala 3 apakšgrupās: *neveroņos*, *veroņos* un *skaldaugļos*.

**Neveroņi** ir augļi, kuri nogatavojoties paliek slēgti. Pie neveroņiem pieder *rieksts*, *riekstiņš*, *sēklenis* un *grauds*.

Rieksts ir auglis ar cietu koksainu augļapvalku. Tipisks rieksts veidojas lazdaī. Rieksta tipam pieskaitāma arī *zile* — dižskābaržu dzimtas augu auglis. Zile veidojas no apakšējās sēklotnes, pie kuras paliek sievišķā zieda vīkals, kas pārkoksņējas, un izveidojas ozola zilēm raksturīgā blodiņa.

Riekstiņš ir sīks rieksts ar plēvainu vai pat pārkoksņējušo augļapvalku. Riekstiņš attīstās no auglenicas, kas izveidojusies no vienas vai dažām augļlapām. Šis augļu tips sastopams daudzām gundegu, rožu, balandu un citu dzimtu augiem, piemēram, gundegām. Riekstiņi ar spārnu veidojas bērziem, vīksnām, gobām. Šādus riekstiņus sauc par *spārnaugļiem*.

**Sēklenis** veidojas, saaugot 2 augļlapām, un satur vienu sēklu. Sēkleņi raksturīgi kurvjziežu un čemurziežu dzimtu augiem.

**Grauds** jeb **graudenis** veidojas no apakšējās sēklotnes. Tam ir ļoti plāns sēklapvalks, kas cieši saaudzis ar dīgli un endospermu un tik cieši saskaras ar augļapvalku, ka praktiski nav no tā atdalāms. Grauds ir tipisks graudzāļu dzimtas augu auglis. Nogatavojoties tas var brīvi izbirt no zieda plēksnēm (rudziem, kviešiem), bet var būt arī ar tām saaudzis (auzām, miežiem).

**Veroņu apakšgrupā** ietilpst *somenis*, *pogaļa*, *pāksts*, *pākstenis*, *pākstenītis*.

**Somenis** ir auglis, kas izveidojas, saaugot vienai augļlapai. Tas atveras tikai pa augļlapas saauguma vietu. Somenis ir viens no primitīvākajiem augļu tiem un sastopams gundegu dzimtas augiem, piemēram, zilaušiem, gaiļpiešiem, kurpītem.

**Pogaļa** veidojas no sēklotnes, saaugot vismaz divām augļlapām. Augļapvalks blīvs, ādains vai krokains. Parasti pogaļās ir daudz sēklu. Pogaļas var būt dažāda veida — *lodveida* vai *vālesveida* (magonēm), *pāksteņveida* (lielajai strutenei) un citādas. Tās atveras pa augļlapu saauguma vietu vai ar īpašu vāciņu (melnajai drīģenei), ar caurumiņiem (magonēm), ar zobīņiem (gaiļbiksītēm).

**Pāksts** veidojas, saaugot vienai augļlapai. Pākstij ir tikai viens cirknis ar daudzām, retāk tikai vienu sēklu. Pāksts atveras 2 vietās — pa augļlapas malu saaugumu un pa augļlapas galveno dzīslu, kas rada maldīgu iespaidu, it kā būtu saaugušas divas augļlapas. Pāksts raksturīga tauriņziežu dzimtas augiem (zirņiem, pupām, pupiņām u. c.). Pāksti, kurā ir tikai viena sēkla, sauc par *riekstiņveida pāksti*. Tāda tipa pāksts ir āboliņam.

**Pākstenis** veidojas, saaugot divām augļlapām. No sēklotnes sienas izaugumiem veidojas šķērssiens, kas sadala pāksteni divos



cirkņos. Sēklas izvietojas vienā vai divās rindās abpus šķērssienai. Pākstenis atveras augļlapu saauguma vietās. Parasti pāksteņos ir daudz sēklu. Ja ir tikai viena sēkla, tad tādu pāksteni sauc par *riekstiņveida pāksteni*. Pāksteņi raksturīgi krustziežu dzimtas augiem. Riekstiņveida pākstenis veidojas paidrām.

Pērkones pākstenis neatveras, bet salūst posmos, kas satur vienu sēklu. Tādu augli sauc par *pantenī*.

Pākstenītis arī raksturīgs krustziežu dzimtas augiem. Tas veidojas tāpat kā pākstenis, bet atšķiras no tā ar izmēriem — garums pārsniedz platumu ne vairāk kā trīs reizes. Turpretī pāksteņa garums ir vismaz četras reizes lielāks par platumu. Tipiski pākstenīši veidojas tīruma naudulim, ganu plikstiņam u. c.

**Skaldaugļi** ir augļi, kuri pēc nogatavošanās sadalās. Tipiski skaldaugļi veidojas čemurziežu dzimtas augiem (piemēram, ķimenēm, suņburkšķiem u. c.), kam divcirkņu sēklotnes cirkņos attīstās pa vienai sēklai.

**Vienkārsie sulīgie augļi** ir *kaulenī, oga, ābols* un *hesperīds*.

Kaulenīis ir auglis ar cietu, pārkoksnējušos endokarpu, kas ietver sēklu un veido kauliņu. Šo augļu mezokarpi parasti ir sulīgi, retāk sausi, spēcīgi attīstīti. Eksokarps plāns. Kauleni ir ķiršu, plūmju, aprikozu un citu kaulēnaugļu augļi. Tajos parasti atrodas viena sēkla, taču ir arī kauleni ar vairākām sēklām un pat vairākiem kauliņiem (pabērziem, vilkābelēm).

Ogai viss augļapvalks ir sulīgs, izņemot plāno eksokarpu. Oga veidojas gan no apakšējās, gan augšējās sēklotnes. Tajā ir daudz sēklu. Ogas ir kartupeļu, tomātu augļi, gurķi, ķirbji u. c. Ogas veidojas arī jānogām, upenēm, ērkšķogām.

Ābols ieņem vidēju stāvokli starp kauleni un ogu. Tas veidojas no apakšējās sēklotnes. Ābola veidošanās piedalās ne tikai auglenīca, bet arī paplašinātā ziedgultne ar apziedņa pamatu un putekšņlapas. Pie šī tipa augļiem pieder arī bumbieru, cidoniju un citu augu augļi.

Hesperīds ir citrusu auglis. To dažkārt sauc arī par *pomerānci*. Hesperīda augļapvalka ārējā kārtā ir blīva, ādaina, ar daudzām ēterisko eļļu tvertnēm, vidējā kārtā ir balta un mīksta, bet iekšējā — sulīga un spēcīgi attīstīta. Tā veidojas no augļlapu iekšējās epidermas izaugumiem — sulīgiem matiņiem.

**Sulīgo kopaugļu** piemērs ir *riekstiņu kopauglis* un *kauleņu kopauglis*.

Riekstiņu kopauglis attīstās zemenēm un rozēm. Zemeņu kopaugļa sulīgo daļu veido koniska ziedgultne, kura pēc noziedēšanas izaug lielāka, kļūst sulīga, bet tās virsmas padziļinājumos novietojas sīki riekstveida augliši. Rozēm miltaini ādaino kopaugļa sienu veido kausveida ziedgultne, kas kļūst sulīga un ietver daudzus riekstiņus.

Kauleņu kopaugli ir sulīgi un sastāv no daudziem sīkiem kauleniem. Tie attīstās augiem, kuru ziedā daudz auglenīcu. Katrs

kaulis izveidojas no vienas auglenīcas. Tie raksturīgi avenēm, kazenēm un citiem augiem.

**Augļkopas** satur daudz augļu, kas katrs veidojies no atsevišķa zieda. Augļkopas augļu sulīgā daļa var būt izveidojusies no dažādām zieda daļām. Augļkopas ir zīdkokam, ananasam, vīģei u. c.

## AUGĻU UN SĒKLU IZPLATĪŠANĀS

Augu sēklām un augļiem izveidojušies visdažādākie veidojumi, kas nodrošina to tālāku izplatīšanos un līdz ar to sekmē arī visas sugas labāku izplatīšanos un saglabāšanos. Milzīga nozīme ir lielajam sēklu skaitam, ko producē augi. Protams, tikai neliela daļa no visām gatavību sasniegušajām sēklām nonāk atbilstošos apstākļos un dīgst. Vairums sēklu aiziet bojā. Sevišķi daudz sēklu producē nezāles. Viens ganu plikstiņa augs var ražot līdz 70 000 sēklu, bet viens baltās balandas augs — pat līdz 100 000 sēklu.

Daļai augu augļi paši aktīvi izkaisa vai izsēj savas sēklas. Tādu parādību apzīmē par pašizplatīšanos jeb autohoriju. Citu augu sēklas izplata vējš, ūdens, dzīvnieki, cilvēks utt. Tādu sēklu izplatīšanu apzīmē par alohoriju.

Sēklu pašizplati nodrošina īpašas augļu ierīces un kustību mehānismi, kas iedarbojas pat no neliela satricinājuma, augļiem pieskaroties, vai arī no vēja plūsmas. Šāda tipa augļi attīstās spriganēm. Tie ir garenas pogaļas, kuras veidojušās, saaugot piecām augļlapām, bet satur tikai divas sēklas. Šīs sēklas nogatavojoties novietojas pogaļas augšgalā, kur ap tām paliek plāns augļapvalks. Pogaļas apakšgalā augļapvalks ir ievērojami biežāks un satur īpašus audus, kuru šūnās ir liels osmotiskais spiediens (pat līdz 25 atmosfērām). Tādējādi augļa vārsnēs rodas spiediena starpība un visniecīgākais pieskāriens izraisa to atvēršanos, saritināšanos un sēklu izsēšanos pat līdz 10 m attālumam.

Tāču vairums augu pieder pie alohoro augu grupas. Izšķir 4 alohorijas veidus: *anemohoriju*, *zoohoriju*, *hidrohoriju* un *antro-pohoriju*.

**Anemohorija** ir parādība, kad augļus un sēklas izplata vējš. Anemohorajiem augiem sēklu un augļu izplatīšanos ar vēju nodrošina 1) nelielā sēklu masa, 2) dažādi sēklu un augļu izaugumi, kas sekmē to pārnesanu pa gaisu, un 3) augu stublāju kopuma lodveida forma.

Neliela sēklu masa ir, piemēram, dažādām orhidejām. Tā orhidejas — ložņu saulenītes sēklu masa ir 0,000002 g. Parazītiskajiem augiem — brūnkātēm — sēkla sver tikai 0,000001 g. Tāču ar niecīgo sēklu masu saistītas dažas nepilnības — šajās sēklās parasti ir vāji attīstīts diglis un ļoti maz rezerves barības vielu.



Daudzu augu augļiem un sēklām ir izveidojušās īpašas lidierices. Tādas lidierices matiņu vai spārnu veidā izveidojas no dažādām augu daļām. *Lidmatiņi* no kausa veidojas kurvjziežu dzimtas augiem, piemēram, ārstniecības pienenei, tūruma plostbārdim u. c. Lidmatiņi no auglenīcas attīstās pļavas silpurenei, bet no sēklapvalka — kokvilnai, kārkliem, vītoliem, apsēm.

Daudzu augu augļiem un sēklām ir *lidspārni*. Lidspārni no augšlapām ir liepām, skābaržiem, no augļapvalka — bērziem, alkšņiem, kļavām, ošiem, skābenēm. Priežu un egļu lidspārni izveidojušies no čiekuru sēklzviņām.

Vējš nodrošina sēklu izplatīšanu stepju un tuksnešu apgabalos augošajiem *vējriteņiem*. Tie ir galvenokārt dažādi balandu, nagleņu, tauriņziežu un citu dzimtu augi, kuru stublāju kopums ir lodveida. Kad sēklas nogatavojušās, vējš šādu augu norauj no saknes un dzen pa kļajumu, izkaisot tā sēklas.

**Zoohorija** ir augļu un sēklu izplatīšanās ar dzīvnieku starpniecību. Dzīvnieki izplata augļus un sēklas, tās apēdot. Tās ir dažādas ogas, kaulēni, graudeņi, rieksti, riekstiņi u. c. Dzīvnieki tos ēd, jo tiem ir sulīga sēklsedzene, sulīgs mezokarps. Sēklas, izgājušas cauri gremošanas traktam, parasti saglabā dzīvotspēju. Aizsargājamam augam — parastajai īvei — sēklas ietver sarkana sēklsedze, kuru ēd putni. Sēklsedzes dēļ rodas maldīgs iespaids, it kā īvei būtu ogas. Šādā veidā augļus un sēklas izplata galvenokārt putni.

Dzīvnieki pārnes augļus un sēklas, kuri tiem pieķeras vai arī ieduras to kājās vai citās ķermeņa daļās. Augļiem, kas pieķeras pie dzīvniekiem, parasti attīstās īpaši veidojumi, ko sauc par *ķerainēm*. Šādas ķeraines veidojas no irbuļa (pļavas bitenei), augļapvalka (burkāniem), kausa (sunišiem), ziedgultnes (ancišiem) un vikala (diždadžiem).

Ūdensaugu sēklas ar dūņām pielīp pie ūdensputnu kājām un tādējādi var tikt pārnestas lielos attālumos.

Īpašs zoohorijas veids ir augļu un sēklu izplatīšana, dzīvniekiem vācot augļus un sēklas ziemas barības krājumiem. Šādus krājumus vāc peles, vāveres, siļi, dzeņi, skudras.

**Hidrohorija** ir augļu un sēklu izplatīšanās ar ūdeni. Augus, kuru augļus un sēklas izplata ūdens, sauc par *hidrohoriem augiem*. Tie ir dažādu mitru, purvainu vietu augi un arī ūdensaugi. To augļiem veidojas īpašas *peldierices*. Tā grišļu augļiem attīstās ar gaisu pildīts pūslītis, zemeņu āboliņam augļu nogatavošanās laikā paplašinās zieda kauss un izveido it kā mazu laiviņu, ūdensrožu augļiem attīstās sūklaina, ar gaisu pildīta sēklsedze utt.

**Antropohorija** ir augļu un sēklu izplatīšana ar cilvēka starpniecību. Augus, kurus neapzināti izplata cilvēks, sauc par *antropohoriem* jeb *sinantropiem augiem*.

## SĒKLU DĪGŠANA UN TAI NEPIECIEŠAMIE APSTĀKĻI

Daudzu augu sēklām nepieciešams miera periods, kurā sēklas beidz nobriest. Tikai šī perioda beigās sēklas iegūst dīgtspēju. Miera periods ir augu pielāgošanās klimatiskajiem apstākļiem, jo rudenī, tūlīt pēc izsēšanas, sadīgušie jaunie augi aizietu bojā. Daudzu augu sēklas pēc to ienākšanās nespēj dīgt, jo to sēklapvalks vai augļapvalks netaisni cauri ne ūdeni, ne gāzes. Šādas sēklas spēj dīgt tikai tad, kad apvalkos ir notikuši sairšanas procesi un apvalki kļuvuši caurlaidīgi. Daudzu kokaugu sēklas (it īpaši ar cietiem un bieziem apvalkiem) dīgst tikai pēc ilgākas atrašanās (1,5—6 mēnešus) zemā temperatūrā mitruma un aerācijas apstākļos, kad notiek šo sēklu *stratifikācija*, kuras rezultātā sēklas iegūst dīgtspēju. Augļu koku sēklas stratificē, ilgstoši izturot pazeminātā temperatūrā un izsējot pēc dīglsaknīšu parādīšanās. Lēni dīgst dažu augu sēklas ar cietu apvalku. Šādos gadījumos sēklas *skarificē*, t. i., sajauc ar smiltīm un beržot ievaino sēklapvalku (āboliņam, lupīnai u. c.).

Dīgtspēja dažādu augu sēklām saglabājas dažādu laiku. Tā vītolim un apsēm sēklu dīgtspēja saglabājas tikai 5—6 dienas un pat mazāk. Šo augu sēklas dīgst tūlīt pēc izsēšanas. Dārzeņu sēklām dīgtspēja saglabājas 4—5 gadus, labības augu sēklām — 8—12 gadus, bet nezāļu sēklām — 25—40 gadus.

Sēklu dīgšanai nepieciešami vairāki faktori: *mitrums, siltums, gaiss* un dažos gadījumos arī *gaisma*.

Sēklu dīgšana sākas ar to uzbriešanu. Uzbriešanas procesā ūdens iesūcas sēklā un izšķīdina dažas rezerves barības vielas, kas savukārt stimulē dusošo dīgli uzsākt dīgšanu. Ūdens sēklās aktivizē arī fermentatīvos procesus. Sēklu nešķīstošās rezerves barības vielas pārveidojas dīglīm izmantojamās vielās.

Sēklu dīgšanai nepieciešama noteikta temperatūra. Optimālā temperatūrā sēklās visi fizioloģiskie procesi noris vispilnīgāk un dīgšana ir visstraujākā.

Daudzu augu sēklām dīgšanas laikā vajadzīga mainīga temperatūra, piemēram, selerijai, bārbeleī u. c. Tāpat daudzu, it īpaši savvaļas augu sēklu dīgšanu nelabvēlīgi ietekmē zema temperatūra. Arī vairāki kultūraugi (ķirbji, gurķi u. c.) jāsēj tikai pēc salnu izbeigšanās.

Dīgšanas procesā notiek sēklu elpošana, kurai nepieciešams skābeklis. Elpojot sēkla iegūst dīgšanai nepieciešamo enerģiju. Tātad sēklu dīgšanai vajadzīgs arī *gaiss*.

Vairums sēklu dīgst kā gaismā, tā tumsā. Taču dažu augu, piemēram, vairuma graudzāļu (skāres), vairāku koku un krūmu (piemēram, rododendru) sēklu dīgšanu stimulē *gaisma*, kas, iespējams, saistās ar to ilgstošu pielāgošanos dīgšanai virs augsnes. Turpretī tumsā dīdzē dižskābaržu un ozolu sēklas.



Sēklu sēšanas dziļums ir atkarīgs no sēklu lieluma un arī no augsnes tipa. Sīkas sēklas sēj seklāk. Tā, piemēram, sarkanā āboliņa sēj tikai 0,2 cm dziļumā, burkānu un sīpolu sēklas — 1—2 cm dziļumā. Biešu, gurķu, linu sēklas sēj 2—4 cm dziļumā, kviešus, rudzus, pupiņas, zirņus un pupas — 3—5 cm dziļumā. Iesējot sēklas seklāk, tās var ciest no mitruma trūkuma, bet pārāk dziļi iesētām sēklām var aizkavēties dīgšana. Seklāk sēklas jāsēj smagās mālainās augsnēs, kurās maz gaisa, dziļāk — vieglās smilts augsnēs.

Sēklai dīgstot, sākas auga individuālā attīstība. Uzbrīstot sēkla uzņem ūdeni, un, izmantojot rezerves barības vielas, sāk augt sēklā ietvertās jaunā auga daļas: dīglsakne, dīgļstumbrs un dīgļlapas. Dīglim ir divi augšanas punkti — dīglsaknei un dīgļpumpuram. Ap iemutīti, sēklapvalkam plīstot, sāk attīstīties dīglsakne, no kuras vēlāk izveidojas galvenā sakne.

Nedaudz vēlāk par dīglsakni vai tajā pašā laikā no sēklapvalka izkļūst hipokotils. Ja dīgļlapas parādās virs zemes, tās kļūst zaļas un funkcionē līdzīgi zaļajām augu lapām pārejas periodā uz patstāvīgu barošanos. Tāds ir dīgsts — jaunais augs sākotnējā dzīvības posmā, kad tas vēl izlieto dīgļlapās uzkrātās barības vielas. Rezerves barības vielām no dīgļlapām pakāpeniski izlietojoties, dīgļlapas sarūk un nodalās no dīgsta, kas, parādoties pirmajām istajām zaļajām lapām, kļūst par patstāvīgu jauno augu. Ar to arī beidzas jaunā auga pāreja uz autotrofu barošanos.

## AUGU KLASIFIKĀCIJA

Pasaulē ir ļoti daudz organismu. Šodien atkarībā no tā, kādas ir šo organismu šūnas, visus organismus dala divās lielās grupās: *prokariotos* un *eikariotos*.

Prokariotu šūnām ir vienkāršāka, primitīvāka uzbūve — tām nav morfoloģiski norobežota kodola, nav arī endoplazmatiskā tīkla, Goldži kompleksa un citu struktūru. Tādas šūnas ir baktērijām un zilaļģēm.

Visiem pārējiem organismiem ir eikariotiskas šūnas ar morfoloģiski labi izveidotiem kodoliem un dažādiem organoīdiem. Eikariotus šodien iedala trīs valstīs: *sēņu*, *augu* un *dzīvnieku valstīs*. Tā kā sēnes barojas heterotrofi un tajās nav hlorofila, pēdējā laikā sēņu valsts ir atdalīta no augu valsts. Savukārt ķērpji, kuru lapoņus veido aļģes un sēnes, ieņem vidēju stāvokli starp augu un sēņu valsti (sk. 33. att.). Taču, pēc ieviesušās tradīcijas, sēnes, kā arī prokariotus — baktērijas un zilaļģes — apskatīsim botānikas kursā.

Lai dažādus organismus (baktērijas, sēnes, aļģes, ķērpjus, augstākos augus) varētu pazīt un pareizi izmantot, tos nepieciešams aprakstīt, dot tiem nosaukumus un klasificēt. Ar šiem uzdevumiem nodarbojas *sistemātika* — nozare, kurai ir liela praktiska

nozīme. Bez tās nav iedomājama cilvēces darbība, kura nesaraugami saistīta ar augu, sēņu un baktēriju izmantošanu. Sistemātikas vienības sauc par taksoniem. Prokariotu, sēņu un augu valstu sistemātiskā pamatvienība ir suga. Parastā priede, lielā ceļmalīte, sarkanais āboliņš, parastais ceriņš ir dažādas augu sugas. Pašreiz pasaulē aprakstītas apmēram 300 000 augstāko un ap 150 000 zemāko (ieskaitot prokariotus un sēnes) augu sugas. Radniecīgas sugas apvieno ģintīs. Tā, piemēram, āboliņu ģinti ietilpst dažādas āboliņu sugas: sarkanais āboliņš, kalnu āboliņš, baltais āboliņš, bastarda āboliņš u. c. Radniecīgas ģintis savukārt apvieno dzimtās. Piemēram, āboliņi pieder pie tauriņziežu dzimtas. Šajā dzimtā bez āboliņiem vēl ietilpst tādas ģintis kā zirņi, lupīnas, vīķi, dedestīņas u. c.

Sugas nosaukums sastāv no diviem vārdiem, no kuriem viens ir ģints nosaukums, bet otrs — sugas epitets, kas sīkāk raksturo noteiktu sugu: tās morfoloģiju, ziedu krāsu, augteni utt., piemēram, smaržīgā vijolīte, meža vizbulis u. c. Ģinšu nosaukumus latviešu valodā parasti lieto daudzskaitli (piemēram, vijolītes, vizbuli), bet sugu nosaukumus — vienskaitli (smaržīgā vijolīte, meža vizbulis).

Zinātnē lieto prokariotu, augu un sēņu starptautiskos nosaukumus latīņu valodā. Piemēram, *Pinus sylvestris* L. — parastā priede. Sugas nosaukums arī te sastāv no diviem vārdiem: «*Pinus*» — priedes (ģints nosaukums) un «*sylvestris*» — meža — sugas epitets. Burts L. ir saīsinājums. Tas norāda, ka šādu latīnisko parastās priedes nosaukumu devis K. Linnejs. Latīniskie nosaukumi palīdz labāk saprasties dažādu zemju zinātniekiem.

Radniecīgas dzimtas apvieno rindās, rindas — klasēs, bet klases — nodalījumos (32. att.).

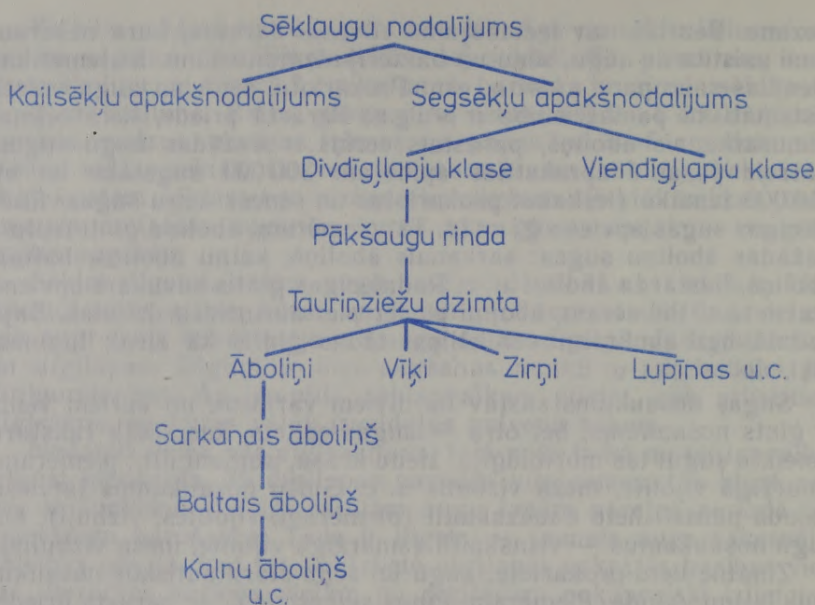
Tauriņziežu dzimta pieder pie pākšaugu rindas, kurā bez tauriņziežu dzimtas ietilpst vēl mimozu un cezalpīniju dzimtas. Pākšaugu rinda savukārt pieder pie divdīgļlapju jeb magnoliātu klases. Šajā klasē ieskaita augus, kuru dīglim sēklā ir divas dīgļlapas. Divdīgļlapju klase pieder pie sēklaugu nodalījuma, kurā ietilpst arī viendīgļlapju jeb liliātu klase.

*Suga, ģints, dzimta, rinda, klase un nodalījums* ir pamattaksoni. Bez šiem pamattaksoniem vēl ir daudz papildu taksonu — *apakšģintis, apakšdzimtas, apakšrindas, apakšnodalījumi* u. c. Dzimtas un apakšdzimtas vajadzības gadījumā daļa vēl arī *tribās*, bet ģintis un apakšģintis — *sekcijās* vai *apakšsekcijās*. Tuvi radniecīgas sugas apvieno *sērijās*.

Pie papildu taksoniem pieder arī iekšsugas taksoni — augu sistemātikas vienības, kas ir mazākas par sugu. No šādiem taksoniem jāmin *pasuga, varietāte* un *forma*.

Liela tautsaimnieciska nozīme ir dažādiem kultūraugiem. Kultūraugiem ir dažādas šķirnes, kurām raksturīgas ne tikai noteiktas morfoloģiskas un bioloģiskas pazīmes, bet arī daudzas īpašības, kas nosaka to saimniecisko vērtību.





32. att. Sēklaugu nodalījuma shēma.

Bieži runā par *zemākajiem* un *augstākajiem augiem*, *sporaugiem* un *sēklaugiem*. Zemākie augi ir tie, kuru ķermenis nav dalīts pamatorgānos. Augstākajiem augiem turpretī izšķir pamatorgānus — stumbrus, lapas, saknes. Jāatceras arī, ka jēdzieni zemākie augi un sporaugi nav sinonīmi. Daļa sporaugu — sūnaugi un paparžaugi — pieder augstākajiem augiem (sk. 33. att.).

## BAKTĒRIJAS

Baktērijas ir viensūnas, retāk daudzšūnu organismi. To forma un uzbūve ievērojami atšķiras gan no augu, gan arī dzīvnieku šūnu formas un uzbūves. Pēc ārējā izskata tās var būt *lodveida*, *nūjiņveida* un *izliektas*.

**Lodveida baktērijas** sauc par kokiem. To šūnas forma parasti ir apaļa, bet var būt arī nedaudz iegarena vai nierveida. Atkarībā no šūnu novietojuma kultūrā izšķir *mikrokokus*, kuru šūnas kultūrā ir pa vienai, *diplokokus*, kam šūnas novietotas pa pāriem, *streptokokus*, kuru šūnas veido īsākas vai garākas ķēdītes, *tetrakokus* — šūnas grupējas pa četrām, *sarcīnas*, kuru šūnas grupējas pa astoņām, un *stafilokokus*, kam šūnas veido grupējumus bez noteikta šūnu skaita.

**Nūjiņveida baktērijām** ir dažādas garuma un platuma attiecības. Nūjiņveida baktērijas, kuras savā attīstības ciklā veido sporas, sauc par *baciļiem*.

**Izliektās baktērijas** ir *vibrioni*, *spirillas* un *spirohētas*. Vibrioni ir baktērijas ar vienu izliekumu, bet spirillas — ar vairākiem izliekumiem. Spirohētām ir spirāliska pavediena forma.

Dažkārt izdala arī pavedienveida baktērijas. Tās ir daudzšūnu baktērijas, kas savienotas pavedienā, kuru ietver kopīga maksts.

Baktēriju šūnas ir ļoti sikas. Lodveida baktēriju šūnu lielums svārstās robežās no 1 līdz 2  $\mu\text{m}$ . Nūjiņveida baktēriju garums sasniedz 0,4—10  $\mu\text{m}$ , vibrionu — 1—3  $\mu\text{m}$ , spirillu — 4—5  $\mu\text{m}$ , spirohētu — 10—15  $\mu\text{m}$ .

Baktēriju šūnas ietver plāns šūn apvalks, no kura daudzām baktērijām atiet īpaši kustību organoīdi — *vicas*. Citoplazmā izkļiedēta baktēriju šūnu *kodolviela*, kuras kopums veido nukleoidu. Baktēriju nukleoids, līdzīgi augu un dzīvnieku šūnu kodolam, satur DNS, taču tas nav norobežots no citoplazmas ar īpašu apvalku. Citoplazma parasti ir bezkrāsaina. Tikai dažām baktērijām citoplazmā ir krāsaini pigmenti, un tāpēc to šūnas ir purpura vai zaļā krāsā. Baktēriju šūnās atrodas arī citi šūnām raksturīgie organoīdi, kā, piemēram, ribosomas, mitohondriju analogi u. c.

**Baktērijas vairojas**, daloties šūnām. Labvēlīgos apstākļos baktēriju šūna dalās 20 minūšu laikā. Jaunās meitšūnas savukārt dalās nākamajās 20 minūtēs. Ja nebūtu nelabvēlīgu apkārtējās vides faktoru, kas kavē baktēriju vairošanos, tad visa zemeslode būtu pārklāta ar biezu baktēriju masu.

Daudzas baktērijas spēj veidot sporas. Baktēriju sporas parasti ir apaļas vai ovālas šūnas, kuras veidojas baktēriju augšanai nelabvēlīgos apstākļos. Jāatzīmē, ka sporas salīdzinājumā ar baktērijām ir daudz izturīgākas pret dažādiem ārējās vides faktoriem. Siena nūjiņas sporas spēj izturēt vairāku stundu vārišanu. Labvēlīgos apstākļos spora dīgst un veidojas jaunas baktēriju šūnas.

**Izplatība.** Baktērijas dabā ir ļoti izplatītas, tās atrodamas gaisā, ūdenī, augsnē. Vienā kubikcentimetrā lielu pilsētu gaisa ir līdz 8000 baktēriju, bet vietās, kur pulcējas daudz cilvēku, pat desmiti un simti tūkstoši baktēriju. 1  $\text{cm}^3$  tīra ūdens (tālu no apdzīvotām vietām) satur no dažiem simtiem līdz 2000—4000 baktēriju, turpreti ar organiskām vielām piesārņotos ūdeņos to skaits sasniedz desmitiem tūkstošus. 1 gramā melnzemes var būt 5—6 miljardi baktēriju.

**Baktēriju nozīme** dabā un cilvēka dzīvē ir milzīga. Baktērijas evolūcijas gaitā ir pielāgojušās ļoti dažādu barības avotu un enerģijas veidu izmantošanai. Ar to izskaidrojama baktēriju līdzdalība visdažādākajos procesos. Dabā baktērijas noārda un mineralizē organiskās vielas. Tās ir dažādas *pūšanas baktērijas*, kuras attīstās uz atmirušām augu daļām un bojā gājušiem dzīvniekiem. Pūšanas baktērijas kopā ar mikroskopiskajām aļģēm noārda organismu olbaltumvielas, veidojot amonjaku un citus noārdīšanās produktus. Savukārt amonjaku *nitrificējošās baktērijas* pārvērš nitritos un tālāk nitrātos, kurus spēj atkal uzņemt un izmantot



zaļie augi. Līdz ar to noslēdzas slāpekļa riņķojums dzīvajā dabā. Bet *denitrificējošās baktērijas* augsnē un ūdenī spēj reducēt nitrātu slāpekli līdz molekulārajam slāpeklim, kas izplūst gaisā. Daļu no gaisa slāpekļa saista *slāpekļa saistītājas baktērijas*. Viena grupa no tām ir augsnē brīvi dzīvojošās baktērijas, piemēram, *azotobaktērs*. Azotobaktēra šūnās slāpekļis tiek izmantots olbaltumvielu sintēzei. Kad azotobaktēra šūnas iet bojā, citas baktērijas noārda to olbaltumvielas. Rodas nitrāti, ko viegli spēj uzņemt zaļie augi.

Slāpekļa saistītāju baktēriju otru grupu veido *gumiņbaktērijas*. Uz tauriņziežu dzimtas augu saknēm redzami sīki bumbulveida *gumiņi*. Tie radušies, gumiņbaktērijām no augsnes iekļūstot augu saknēs gan pa spurgaliņām, gan arī sānsakņu atzarojumu vietās. Iekļuvušas saknēs, gumiņbaktērijas izraisa blakus esošo parenhīmas šūnu strauju dalīšanos un gumiņu izveidošanos. Baktēriju kopdzīvi ar tauriņziežu saknēm sauc par simbiozi. Tā ir divu organismu kopdzīve, no kuras abi organismi gūst labumu. Gumiņbaktērijas no tauriņziežiem izmanto ogļhidrātus, bet tauriņzieži no gumiņbaktērijām — slāpekļa savienojumus. Dažādiem tauriņziežiem gumiņbaktērijas ir dažādas.

Ja augsnē nav gumiņbaktēriju vai to ir maz, lauksaimniecības praksē lieto baktēriju tīrkultūru — *nitragīnu*. Ievadīts augsnē, tas palielina ražu par 20%. Nitragīns pieder pie bakteriālajiem mēslošanas līdzekļiem. Bakteriālie mēslošanas līdzekļi ir arī *azotobaktēriņš* jeb *azotogēns*, kas satur slāpekļa saistītājas baktērijas, un *fosfobaktēriņš*. Fosfobaktēriņš satur baktērijas, kuras sadala organiskos fosfora savienojumus un pārveido tos augiem viegli uzņemamā formā.

Atkarībā no producētajiem produktiem baktēriju izraisītos procesus apzīmē par pienskābo, sviestskābo rūgšanu, etiķskābo rūgšanu utt. Pieniskābo rūgšanu izraisa *pienskābes baktērijas*. Šajā procesā pienskābes baktēriju darbības rezultātā no cukura izveidojas pienskābe. Šādas rūgšanas rezultātā piens pārvēršas rūgušpienā, bet saldaiss krējums — skābajā krējumā. Pieniskābei ir ļoti vērtīga īpašība: tā aizkavē nevēlamu pušanos ierosinošo mikroorganismu savairošanos ieskābētos pārtikas produktos. Šo pienskābes īpašību izmanto, skābējot dažādus pārtikas produktus (galvenokārt augļus un dārzeņus), gatavojot raudzētos piena produktus, skābbarību un skābsienu.

Mērcējot linus, darbojas baktērijas, kas sadala pektīnvielas un atbrīvo linu šķiedras.

Etiķskābās rūgšanas procesā notiek etilspirtu saturošu dzērienu rūgšana — veidojas etiķskābe. *Etiķskābes baktēriju* darbību izmanto rūpniecībā, ražojot etiķskābi (9% galda etiķi).

Lai saglabātu pārtikas produktus, tos bez skābēšanas arī vēl sterilizē, marinē, žāvē, sāla un citādi apstrādā, lai iznīcinātu kaitīgās baktērijas vai arī radītu tām nelabvēlīgus dzīves apstākļus.

Pēc dzīves veida izšķir *saprofitiskās* un *parazitiskās* baktērijas. Daļa parazitisko baktēriju ir *patogēnas* un izraisa cilvēka, dzīvnieku un arī augu slimības. Plaši pazīstamas ir dažādas baktēriju ierosinātās cilvēka slimības jeb infekcijas slimības kā mēris, holera, tuberkuloze, stingumkrampji, botulisms, dizentērija, vēdertifs utt. Patogēnās baktērijas, nokļuvušas cilvēka organismā, savairojas lielā daudzumā un izraisa saslimšanu. Cilvēku masveida saslimšanu sauc par *epidēmiju*. Baltijas valstīs cilvēka saslimšana ar infekcijas slimībām tiek iespējami samazināta. Tas paveikts ar dzīves apstākļu uzlabošanu, attiecīgiem sanitāri higiēniskiem pasākumiem, aizsargpotēm. Mūsu valsti sanitāri epidemioloģiskais dienests rūpīgi veic ūdens, gaisa un pārtikas produktu kontroli. Tādas infekcijas slimības kā, piemēram, mēris, holera ir praktiski uzvarētas. Lai izvairītos no saslimšanas ar stingumkrampjiem, veic īpašu aizsargpotēšanu.

Ja cilvēks ir saslimis ar kādu bīstamu infekcijas slimību, viņu ievieto slimnīcā, bet telpas, kurās slimnieks atradies, dezinficē, t. i., apstrādā ar ķīmikālijām, kuras nonāvē baktērijas. Pārtikas produktus, dažādus laboratorijas instrumentus, barotnes mikroorganismu audzēšanai atbrīvo no baktēriju un sēņu šūnām, sterilizējot, t. i., karsējot noteiktu laiku 100—170 °C temperatūrā vai arī apdedzinot liesmā (instrumentus).

Ir pazīstamas arī patogēnās baktērijas, kuras ierosina augu un dzīvnieku slimības, nodarot zaudējumus tautsaimniecībai. Lai apkarotu šīs slimības, audzē izturīgas kultūraugu šķirnes, iznīcina baktēriju pērkļus, bet dzīvniekus potē un tur optimālos sanitāri higiēniskos apstākļos.

No augu bakteriālajām slimībām plaši pazīstams ir augļu koku sakņu vēzis, kartupeļu melnkāja, kartupeļu un tomātu straujā vīte u. c. No dzīvnieku slimībām, kuras ierosina baktērijas, postošas ir cūku sarkanguļa, zirgu ļaunie ienāši, tuberkuloze (govīm, cūkām) u. c.

## SĒNES

Sēnes ir organismi, kuru šūnas nesatur hlorofilu. Tās barojas heterotrofi, izmantojot jau gatavas organiskās vielas. Kā heterotrofi organismi sēnes var baroties, izmantojot jau atmirušu organismu vielas (*saprofitiskās sēnes*), gan arī izmantojot dzīvu organismu vielas (*parazitiskās sēnes*). Saprofitiskās sēnes dabā sastopamas uz visdažādākajiem substrātiem — uz atmirušām augu daļām, trūdvielām bagātas augsnes. Tās aug mežos, pļavās, retāk tīrumos, tās atrodamas pat tuksnešos. Parazitiskās sēnes ir daudz augu, to skaitā arī kultūraugu slimību ierosinātājas. Retāk parazitiskās sēnes ierosina dzīvnieku vai cilvēka slimības.

Sēņu veģetatīvo ķermeni vairumā gadījumu veido sēņotne (micēlijs), kas sastāv no smalkiem pavedieniem — *hiļām*. Vien-



kāršākajām sēnēm sēņotne sastāv no vienas šūnas, bet augstāk attīstītajām sēnēm sēņotne ir daudzšūnu. Visprimitīvākajām sēnēm sēņotnes nav, un šo sēņu veģetatīvo ķermeni veido vai nu kails protoplasts (kas bieži parazitē kāda auga šūnās), vai arī aizmetņa tipa sēņotne. Atkarībā no sēņotnes izveidojuma visas sēnes iedala 4 nodalījumos:

1. nodalījums — *aļģsēnes*,
2. nodalījums — *askusēnes*,
3. nodalījums — *bazīdijsēnes*,
4. nodalījums — *nepilnīgi pazīstamās sēnes*.

Pie aļģsēnēm pieskaita sēnes, kurām ir aizmetņa tipa sēņotne vai arī vienkāršas sēņotne. Šīs sēnes dažkārt sauc arī par *zemākajām sēnēm*. Visas pārējās sēnes apzīmē par *augstākajām sēnēm*, un to raksturīga iezīme ir daudzšūnu sēņotne.

Askusēnēm raksturīga vairošanās ar *asku sporām*, kuras veidojas īpašās tvertnēs — *askos*.

Bazīdijsēnēm sporas attīstās vai nu uz vienkāršas, vai — retāk — daudzšūnu veidojuma, ko sauc par *bazīdiju*.

Nepilnīgi pazīstamajām sēnēm nav zināma vairošanās ne ar asku, ne ar bazīdijsporām. Tām veidojas īpašas sporas, kuras noraisās no atsevišķiem sēņotnes atzarojumiem. Šīs sporas sauc par *konīdijām*.

Pasaulē aprakstīts ļoti daudz sēņu sugu — 45 000—100 000. Sēnēm ir liela nozīme gan dabā, gan arī cilvēka dzīvē. Plaši pazīstamas ir sēnes, kuras ar koku saknēm veido *mikorizu*. Daudzu sēņu nosaukumi jau norāda uz to saistību ar noteiktām koku sugām, piemēram, ozolu un priežu baravikas, apšu beka u. c. Sēnes un zaļā auga kopdzīve pamatojas uz to, ka sēne piegādā zaļajam augam ūdeni ar tajā izšķīdušām minerālvielām un savukārt no zaļā auga saņem bezslāpekļa organiskās vielas.

Dabā ļoti plaši izplatītas dažādas *pelējumsēnes*, kuras pieder pie aļģsēnēm un askusēnēm.

#### ALĢSEŅU UN ASKUSEŅU NODALIJUMI

Pie aļģsēnēm pieder uz dažādiem substrātiem (mēsliem, augļiem utt.) bieži sastopamais galvainais pelējums. Ja substrātu, kurā atrodas šīs sēnes micēlijs, ieliek kādā traukā un trauku tur siltā vietā, tad jau pēc dažām dienām izveidojas bagātīga, no smalkiem pavedieniem sastāvoša sēņotne, kuras galos redzami lodveida sporangiji (no tā nosaukums — galvainais pelējums). Sporangijos veidojas ļoti daudz sporu, kuras pēc izsēšanās, nonākot uz atbilstoša substrāta, dīgst un veido jaunu sēņotni.

Pie aļģsēnēm pieder arī sēnes — augu slimību ierosinātājas. Tādas ir *neistās miltrasas* sēnes, kuras atrodamas uz dažādu savvaļas un kultūraugu lapām (to apakšpusē), veidojot

pelēcīgu apsarmi, kas sastāv no sporu veidotājiem orgāniem. Bieži dārzos var atrast sēni, kas izraisa *sīpolu neīsto miltrasu*. Šī sēne uz sīpolu lapām (lokiem) veido violeti pelēcīgu apsarmi, un inficētās lapas aiziet bojā.

Mūsu apstākļos mitrās vasarās kartupeļus ievērojami bojā sēne, kas ierosina *kartupeļu lakstu puvi*.

**Askusēnes** ir tādas pelējumsēnes kā *peniciliji* un *aspergili*. Šīs sēnes galvenokārt ir pazīstamas ar savām konīdiju stadijām, kuras ietilpst asku sēņu attīstības ciklā.

Peniciliju sēņotne sastāv no bagātīgi zarotiem pavedieniem, kurus atsevišķas starpsienas sadala šūnās. Tāpēc arī galvainā pelējuma sēnes pieskaita pie zemākajām, bet penicilijus — pie augstākajām sēnēm. Penicilijus dažkārt sauc par *slotīnpelējuma sēnēm*, tāpēc ka to sporas sēņotnes atzarojumu galos veido paplašinātai slotai līdzīgu figūru. Peniciliji ir atrodamī uz dažādiem produktiem. Dažus penicilijus audzē uz mākslīgām barotnēm laboratorijās un farmaceitiskās rūpnīcās, lai iegūtu medicīnā vērtīgu antibiotiku — penicilīnu, ko lieto dažādu iekaisumu ārstēšanai.

*Aspergili* pēc savas uzbūves ir radniecīgi penicilijiem. To sporas veidojas radiālās rindās uz paplašinātu sēņotnes atzarojumu galotnēm. Tāpēc šīs sēnes mēdz arī saukt par *galviņpelējumiem*.

Rauga sēnes ir vienkāršas asku sēnes. Tām ir liela nozīme cilvēka dzīvē. Rauga sēnes ir viēnšūnas sēnes. To šūnas ir ieapaļas vai iegarenas. Rauga sēnes parasti vairojas, atdalot no sevis nelielu šūnu, kura pakāpeniski aug un nodalās no savas mātšūnas. Šādu vairošanos sauc par *pumpurošanos*. Rauga sēnes izraisa spirta rūgšanu. Šajā procesā cukuri, kas atrodas barotnē, kurā attīstās rauga sēnes, tiek sašķelti spirtā un oglekļa dioksīdā. Viss process ir saistīts ar enerģijas (siltuma) izdalīšanu, kuru rauga sēnes izmanto tālāk savos fizioloģiskajos procesos. Raudzējot maizi, arī notiek spirta rūgšana un oglekļa dioksīds izdaloties izcilā miklu, kas kļūst irdena un poraina. Rauga sēņu masa satur pilnvērtīgas olbaltumvielas, minerālvielas un dažādus vitamīnus: tiamīnu, riboflavīnu, nikotīnskābi u. c. Tāpēc raugus un to preparātus lieto medicīnā. Speciāli sagatavotu rauga masu — *lopbarības raugu* — lieto dzīvnieku ēdināšanai kā olbaltumvielu un B grupas vitamīnu avotu.

Īstās miltrasas sēnes ir plaši pazīstamas asku sēnes — augu slimību ierosinātājas. Ļoti bieži īstās miltrasas sēnes atrodas uz flokšu, ozolu un citu augu lapām.

Melnos graudus parasti saistām ar rudziem. Patiesībā tie parazitē daudz kultūras un savvaļas graudzāļu ziedos (timotiņā, auzenes, vārpatas u. c.). Melnie graudi ir sēnes ziemošanas stadija — *sklerocijs*, kuru veido blīvs sēņotnes hifu pinums. Pēc ziemošanas uz sklerocija attīstās purpursarkanās galviņas — *stromas*. Tajās veidojas asku sporas. Vējš tās aiznes graudzāļu



ziedos, tur tās dīgst un veido sēņotni, uz kuras attīstās konīdijas — sporas. Ar konīdijām sēne izplatās veģetācijas periodā. Tuvojoties rudenim, visos inficētajos ziedos veidojas jauni sklerociji. Sēne ir kaitīga, jo satur indīgas vielas. Taču šīs vielas ir vajadzīgas medicīnā, tāpēc to iegūšanai melnos graudus kultivē īpašās saimniecībās.

## BAZIDIJSEŅU NODALIJUMS

Cilvēka saimnieciskajā dzīvē milzīga nozīme ir dažādām bazīdijsēnēm, no kurām atzīmēsim *cepurišu sēnes*, *piepes*, *melnplaukas* un *rūsas sēnes*.

**Cepurišu sēnes** galvenokārt sastopamas mūsu mežos. Taču ir arī tādas cepurišu sēnes, kuras aug pļavās, tīrumos, pat dārzos un lecektīs. Šo sēņu sēņotne atrodas substrātā (augsnē, meža trūdu kārtā utt.), bet vīrs substrāta attīstās *augļķermeni*, kuriem izšķir divas galvenās daļas — *kātiņu* un *cepurīti*. Tās cepurišu sēnes, kurām sporas attīstās stobriņos, sauc par stobriņsēnēm (bekas), bet tās, kurām sporas veidojas uz lapiņām, — par lapiņsēnēm (bērslapes, atmatenes u. c.). Daudzas cepurišu sēnes ir pazīstamas kā labas un vērtīgas ēdamās sēnes, piemēram, baravikas, sviestbekas, apšubekas, atmatenes jeb šampinjoni, cūcenes, cirtainā čigānene u. c.

Taču jāatceras, ka dažas sēnes ir ļoti indīgas. To lietošana uzturā var izraisīt smagu saindēšanos un pat nāvi. Pie mums no indīgajām sēnēm plašāk sastopamas dažādas *mušmires*, piemēram, zaļā, bālā un sarkanā mušmire. Īpaši bīstamas ir zaļā un baltā mušmire. Lai nesajauktu mušmires ar atmatenēm, jāatceras, ka mušmirēm vienmēr lapiņas cepurišu apakšpusē ir baltas, turpreti atmatenēm tās sākumā ir iesārtas vai iesārti pelēcīgas, bet vēlāk — kafijas brūnas un pat melnas.

Ēdamās sēnes ir vērtīgas ar savām olbaltumvielām, aromātiskajām vielām, vitamīniem. Tās dod iespēju dažādot mūsu ēdienu karti.

**Piepes** nodara lielus zaudējumus mežsaimniecībai un dārzkopībai. To sēņotne attīstās koksnē un barošanās rezultātā koksni noārda, padarot to trauslu. Tāpēc arī vējš pirmām kārtām nolauž tos kokus, kurus inficējušas šīs sēnes un kuru koksne satrupējusi. Inficēšanās ar šo sēņu sporām notiek koksnes mehānisku un sala bojājumu vietās. Vēlāk uz inficētiem kokiem parādās piepju sēņu augļķermeni, kuriem parasti ir nagveida cepurīte bez kātiņa. Cepurīte ar sāniem piestiprinās pie substrāta. Cepurītes apakšpusē atrodas stobriņi vai citādi veidojumi, kur attīstās šo sēņu sporas. Piepju sēņu augļķermeni bieži vien uz koku stumbriem veido lielākas vai mazākas grupas. Pie mums bieži uz bērzu stumbriem atrod *brūno bērzu piepi*, kā arī plaši pazīstamās un lietotās *čagas* melnos sterilos veidojumus. Uz ozolu, vītolu un citu koku stum-

brīem aug oranždzeltēni lieli *sērapiepes* augļķermeņi, kuri ir ēdami. Dažas piepju sēnes bojā apstrādātu koksni, ieviešas mitrās telpās uz sijām, dēļiem un pat mēbelēm. Mitrās telpās, pagrabos un citās vietās biežāk sastopama *slapjā ēkupiepe*, kuru ikdienā dažkārt sauc arī par *brantu*.

Mūsu labības augiem lielus ražas zaudējumus nodara *melnplaukas* un *rūsas sēnes*.

**Melnplaukas sēņu** inficētos labības augus tīrumā var labi ieraudzīt — to skaras un vārpas nelīkst lejup no graudu smaguma, bet stāv taisni uz augšu. Šādu inficētu ziedkopu ziedi satur melnu sporu masu, kura izkaisās vai nu turpat tīrumā, vai arī, kuļot labību, pielīp pie veselajiem graudiem un nokļūst augsnē, kur dīgst un sarežģītu procesu rezultātā inficē jaunos saimniekaugus; sēņotne aug uz augšu pa to stiebriem, nonāk ziedos, tur intensīvi dalās sēņotnes šūnas, veidojot jaunu sporu masu. Melnplauku sēnes apkaro, kodinot sējas materiālu un lietojot pareizu agro-tehniku. Mūsu tīrumos samērā bieži sastop sēņu ierosināto *auzu putošo melnplauku* un *kviešu putošo melnplauku*. Retāk sastopama *kviešu cietā melnplauka*. Melnplauku sēnes uz kliņģerīšu un dāliju lapām ierosina apaļu hlorotisku plankumu veidošanos. Daudzas melnplauku sēnes atrodamas arī uz savvaļas augiem. Melnplauku sēnes inficē galvenokārt augu generatīvos orgānus.

**Rūsas sēnes** galvenokārt parazitē uz augu veģetatīvajiem orgāniem — stublājiem un lapām. Šīm sēnēm ir ļoti sarežģīts attīstības cikls, kurā veidojas pat līdz pieciem dažādiem sporu veidiem. Dažām rūsas sēnēm šis attīstības cikls ir saistīts ar saimniekaugu maiņu. Tā, piemēram, mūsu apstākļos plaši izplatītā *graudzāļu svītru rūsas sēne* pavasarī attīstās uz parastās bārbeles lapām, bet vēlāk — uz dažādu graudzāļu, to skaitā arī uz labības augu lapām. Rūsas sēnes apkaro, lietojot pareizu agrotehniku, tīrumu tuvumā iznīcinot rūsas sēņu starpsaimniekus, kā arī sējot pret rūsas sēnēm izturīgas labības augu šķirnes.

Bez minētās graudzāļu svītru rūsas Latvijā bieži sastopamas sēnes, kas ierosina *auzu lapu vainaga rūsu*, *upenāju stabīnrūsu*, dārzeņcībās *neļķu rūsu*, *rožu rūsu*. Rūsas sēnes dabā ir ļoti plaši izplatītas arī uz dažādiem savvaļas augiem.

Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstītas 32 sēņu sugas, piemēram, *čēmurainā čēmurene*, *milzu apaļpūpēdis*, *parazitiskā samtbeka* u.c. Jāatceras arī, ka, vācot sēnes, nav atļauts bojāt meža zemsedzi un sēņu micēliju. Jāsaudzē arī visas nepazīstamās un indīgās sēnes, kuru sastāvā ietilpstošās vielas šodien intensīvi pēta, bet dažu šo sēņu vielas jau lieto medicīnā. Daudzām sēnēm ir milzīga praktiskā nozīme vitamīnu, aminoskābju, antibiotiku, sulu dzidrīnātāju ieguvē, siera ražošanā, maizes cepšanā. Atsevišķas sēņu sugas izmanto arī kā bioloģiskos cīņas līdzekļus pret lauksaimniecībai un dārzkopībai kaitīgajiem kukaiņiem.



## ALĢES

Alģes ir autotrofi zemākie augi. To šūnas satur hlorofilu un citus pigmentus, no kuriem bieži ir atkarīga alģu krāsa. Alģes, līdzīgi zaļajiem augstākajiem augiem, spēj veikt fotosintēzi un sintezēt organiskās vielas. Vairums to dzīvo dažādos ūdeņos, taču ir pazīstamas alģes, kuras mitinās augsnē, uz klintīm, akmeņiem, koku mizas. Alģes sastopamas gan uz kūstoša sniega, gan karstos avotos.

Alģes ir viensūnas un daudzšūnu organismi. To lapoņi var būt pavedienvēida, plātņveida, stobrveida, vienkārši vai zaroti utt. Dažkārt alģu šūnas apvienojas grupās, veidojot *kolonijas* (grupas ar nenoteiktu šūnu skaitu) un *cenobijas* (grupas ar noteiktu šūnu skaitu). Alģu šūnas dzīvo saturu ietver šūnāpvalks, kas sastāv no celulozes. Taču tajā bieži vien ir gļotvielas, kas sekmē šūnāpvalku pārgļotēšanos. Citoplazma parasti atrodas gar šūnas sienām, tajā ir kodols un hromatofori, bet šūnas centrālajā daļā izveidojas ar šūnsulu pildīta vakuola. Hromatofori ir alģu plastīdas. Tiem var būt graudiņu vai plātnišu veids. Taču sastop arī zvaigznveida un spirāliskus lentveida hromatoforus. Hromatofori sastāv no bezkrāsainas *stromas*, kurā atrodas hlorofils un citi pigmenti, kas bieži vien sedz hlorofila zaļo krāsu. Tāpēc hromatofori var būt gan spilgti zaļi (vairumam zaļalģu), gan sarkani (vairumam sārtalģu), gan brūni (vairumam brūnalģu) utt. Hromatoforos atrodas ieapaļi ķermeņi — *pirenoidi*, kas satur olbaltumvielas. Ap tiem uzkrājas ciete.

Alģu šūnā parasti ir labi izveidojušās vakuolas ar šūnsulu, kurā uzkrājas cukuri, miecvielas, dažādas organiskās skābes, kalcija oksalāta un kalcija sulfāta kristāli un citas vielas. No rezerves barības vielām alģu šūnās atrodas eļļas pilieni, kuros, piemēram, izšķīdis sarkanīgais karotīnam radniecīgais pigments — hematohroms.

Pasaulē aprakstītas vairāk nekā 30 000 alģu sugas, kuras iedala 10 nodalījumos (33. att.).

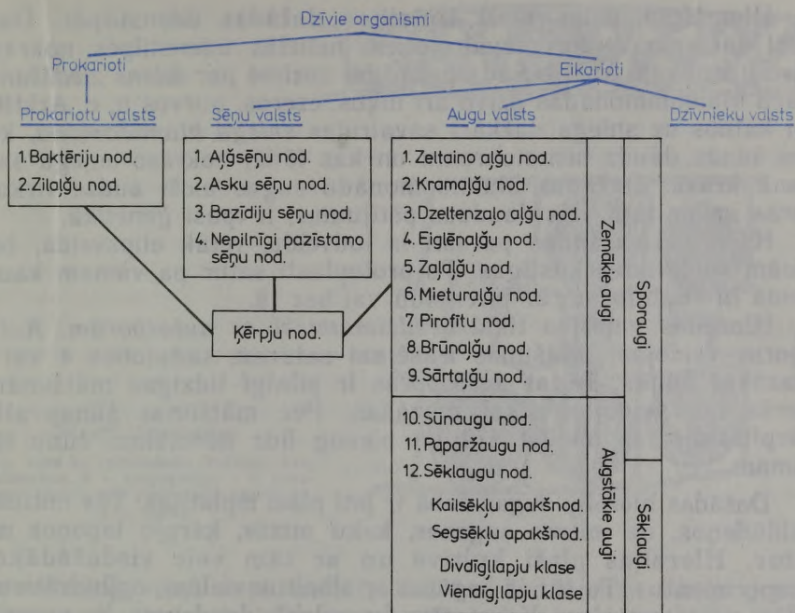
No visas alģu daudzveidības sīkāk apskatīsim *zaļalģes*, kuras Latvijā ir lielākā alģu grupa. No Latvijā konstatētajām 2500 alģu sugām 1300 sugas ir zaļalģes.

**Zaļalģu nodalījumu** iedala 2 klasēs: 1. klase — *zaļalģes* un 2. klase — *konjugātas*.

**Zaļalģu klases** alģēm ir viensūnas, koloniju, cenobiju un daudzšūnu lapoņi. Tām raksturīga ļoti daudzveidīga vairošanās. Daudzām zaļalģēm notiek kodola fāzu maiņa un paaudžu maiņa.

No zaļalģu klases alģēm sīkāk aplūkosim viensūnas alģes — *hlamidomonādas*, *hlorellas* un *pleirokokus*.

*Hlamidomonādas* ir viensūnas alģes ar olveida vai pilienveida šūnām. To priekšgalā ir neliels izcīlnītis, no kura atiet 2 viennāda garuma *vicas*. Izmantojot vicas, šūnas aktīvi pārvietojas. Šūnāpvalkam pārgļotojoties, šūnas bieži var būt ieslēgtas gļotu



33. att. Dzīvo organismu iedalījuma shēma.

apvalkā. *Hromatofors* ir kausveida, ar vienu vai vairākiem pirenoīdiem pamatdaļā. Šūnas priekšgalā, vicu pamatdaļas tuvumā, atrodas *pulsējošās vakuolas* un *stigma*, kas ir sarkanīgā krāsā, jo satur karotinoīdu. Stigma darbojas kā gaismas uztvērēja un nodrošina aļģes kustību gaismas avota virzienā. Citoplazmā kausveida hromatoforā atrodas viens *kodols*. Hlamidomonādām pazīstama bezdzimumvairošanās un dzimumvairošanās.

*Bezdzimumvairošanās* gadījumā hlamidomonādu šūnas zaudē vicas. Šūnas protoplasts nedaudz atiet no šūnapvalka un dalās 2, 4 vai 8 daļās. Šīm daļām izveidojas vicas, un tās kļūst par *zoosporām*. Zoosporas ir nedaudz mazākas par mātšūnu, kurā tās izveidojas. Mātšūnas šūnapvalkam pārglotojoties, zoosporas izkļūst ārā, pieaug līdz normālam hlamidomonādas lielumam un labvēlīgos apstākļos veido atkal zoosporas.

*Dzimumvairošanās* gadījumā notiek līdzīga šūnas iekšējā satura dalīšanās gametās. To skaits vienā mātšūnā sasniedz 8—64. Tāpēc tās ir ievērojami sikākas par zoosporām. Izveidojušās gametas var būt visas vienādas (*izogametas*) vai arī dažādas (*heterogametas*; *olšūnas* un *spermatozoidi*). Saplūstot gametām, veidojas *zigota*, kura pārklājas ar daudzslāņainu apvalku un piepildās ar rezerves barības vielām. Vēlāk šāda zigota dīgst — notiek reduktīvā šūnas dalīšanās un izveidojas haploīdas zoosporas.



Hlamidomonādas plaši izplatītas dažādās ūdenstilpēs. Dažkārt tās, masveidīgi savairojoties, nelielās ūdenstilpēs nokrāso visu ūdeni zaļā krāsā. Šādu parādību apzīmē par *ūdens ziedēšanu*. Taču hlamidomonādas dzīvo arī dīķos, ezeros, purvos u. c. Arktikā un kalnos uz sniega dažkārt savairojas *sniega hlamidomona*, kuras šūnās daudz hematohromu un kas tādēļ nokrāso sniegu sarkanā krāsā. Dažādas hlamidomonādu sugas bieži audzē tīrkultūrās un ar tām veic daudzus pētījumus, it īpaši ģenētikā.

Hlorellas šūnas parasti ir lodveida, retāk elipsveida, bez vicām — tātad nekustīgas. To protoplasti satur pa vienam kausveida hromatoforam ar pirenoīdu vai bez tā.

Hlorellas vairojas tikai *bezdzimumiski ar autosporām*. Autosporas veidojas, mātšūnas iekšējam saturam sadaloties 4 vai 8 mazākās šūnās. Tādas autosporas ir pilnīgi līdzīgas mātšūnām, kurās tās veidojas, tikai mazākas. Pēc mātšūnas šūnapvalka pārplīšanas tās izkļūst ārā un pieaug līdz normālam šūnu lielumam.

Dažādas hlorellu sugas dabā ir ļoti plaši izplatītas. Tās mitinās saldūdeņos, uz mitras augsnes, koku mizas, ķērpju lapoņos un citur. Hlorellas plaši kultivē un ar tām veic visdažādākos eksperimentus. To šūnas bagātas ar olbaltumvielām, ogļhidrātiem, eļļām un vitamīniem. Konstatēts, ka oglekļa daudzums, ko parastā hlorella asimilē uz vienu hlorofila vienību, ir 4—5 reizes lielāks nekā augstāko augu lapās. Hlorella arī ļoti intensīvi vairojas. Pēdējā laikā hlorellas audzē kā piedevu lopbarībai. Pēta arī iespējas to izmantošanai cilvēka uzturā. Hlorellas mūsdienās lieto notekūdeņu bioloģiskajai attīrīšanai.

Pleirokoku šūnas ir ieapaļas. Tās, veģetatīvi daloties, parasti veido šūnu grupas, kuras sastāv no 2, 4 vai vairākām šūnām. Šīs aļģes dzīvo uz mitriem koku stumbriem, klintīm un akmeņiem, veidojot zaļganu apsūbējumu. Tās labi redzamas arī pilsetu parkos uz koku stumbriem, it īpaši pavasaros un rudenos, kad gaisa mitrums ir augstāks. Pleirokoki ir aerofītiskas aļģes, kas iztieks ar gaisa mitrumu. Ja ir augsts gaisa mitrums, kā arī mākslīgās kultūrās var veidot īsus pavedienus ar dažiem zariem. Pleirokoki atrasti arī kā ķērpju lapoņu komponenti.

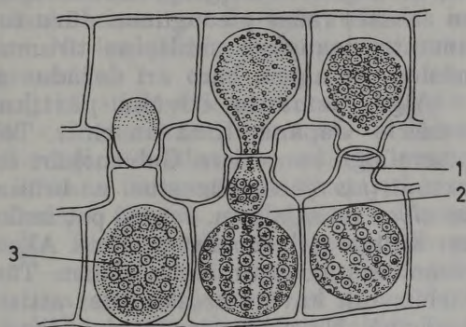
**Konjugātu klasē** ietilpst vienšūnas vai daudzšūnu pavedienveida aļģes, kurām ir raksturīga dzimumvairošanās — *konjugācija*.

No konjugātu klases aļģēm iepazīsimies ar spirogīru uzbūvi un vairošanos. Spirogīras ir pavedienveida aļģes. To hromatofori šūnās biežāk ir spirāliskas lentes veida (34. att. A). Uz hromatoforiem ir daudz pirenoīdu. Šūnas lielāko daļu aizņem *vakuola*. Tās vidū atrodas citoplazmas pavedienā saistīts šūnas kodols.

Spirogīrām ir tikai dzimumvairošanās — *konjugācija* (34. att. B). Divi aļģu pavedieni novietojas blakus un salīp kopā ar gļotu apvalkiem. Tad starp šo pavedienu pretējām šūnām izveidojas *kopulācijas kanāli*. Kanālu saskares vietā šūnapvalks izšķīst



A



B

### 34. att. Spirogīra:

A — šūna ar spirāliskiem lentveida hromatoforiem, B — konjugācija; 1 — populācijas kanāls, 2 — protoplastu saplūšana, 3 — zigota.

un veidojas viens nepārtraukts kanāls. Tad vienas šūnas protoplasts nedaudz kontrahējas un caur kanālu pārplūst uz otru šūnu. Tādējādi protoplasti izpilda gametu funkcijas. Tiem apvienojoties, veidojas *zigota*. Šādā zigotā saplūst protoplastu citoplazma, bet kodoli nesaplūst. Tie saplūst tikai neilgi pirms zigotas dīgšanas. Dīgstot zigotas diploīdais kodols dalās 4 haploīdālos kodolos, no kuriem 3 kodoli atmirst, bet no ceturtā izaug jauna haploīdāla aļģe.

Tikko aprakstīto procesu sauc par *kāpņu konjugāciju*, jo paralēlie aļģu pavedieni ar konjugācijas tiltniņiem atgādina kāpnes. Ja šāds process notiek starp viena pavediena blakus esošām šūnām, tad to sauc par *blakus konjugāciju*.

Spirogīras plaši izplatītas ezeros, upēs, grāvjos un dīķos. Tās viegli kultivējamas un ir izmantotas dažādos eksperimentos.

**Aļģu nozīme** dabā un cilvēka dzīvē ir ļoti liela. Ūdeņos tās ir galvenās organisko vielu veidotājas. Milzīgu biomasas daudzumu producē gan mikroskopiskās aļģes, kuras peld ūdens slānī (planktona aļģes), gan arī tās aļģes, kuras aug jūrā un okeānu dibenā (bentosa aļģes). Aprēķināts, ka Kaspijas jūrā aļģu planktons gadā veido apmēram 1 miljardu tonnu, bet bentosa aļģes — apmēram 3 miljonus tonnu biomasas. Planktona aļģes izmanto pārtikā sīkie planktona dzīvnieki, kurus pēc tam apēd zivis.

Milzīga ir aļģu loma skābekļa producēšanā. Ir aprēķināts, ka ik gadus augi izdala 400 miljardus tonnu skābekļa. Turklāt 90% no šī darba veic mikroskopiskās aļģes okeānos un jūrās.

Tāpat kā baktērijām, arī aļģēm ir liela loma ūdens bioloģiskās attīrīšanas procesos. Svarīgākais bioloģiskais faktors tajos ir baktērijas, bet aļģes ražo skābekli, kas nepieciešams atkritumvielu mineralizēšanā.



Alģes ir jutīgas pret ūdens piesārņošanu, tāpēc tās izmanto par indikatoriem, kas parāda ūdens tīrības pakāpi.

Daudzas alģes dzīvo augsnē (visvairāk 1—5 cm dziļumā). Augsnes alģēm ir liela nozīme kā hlorofilu saturošiem augiem. Šīs alģes saista daudz sāļu un bagātina augsni ar barības vielām. Dažas augsnes zilaļģes (nostoki) spēj saistīt atmosfēras slāpekli un sekmēt ražas pieaugumu. Jūru tuvumā krastā izmestās alģes izmanto neauglīgo smilšaino tīrumu mēslošanai kā t. s. jūras mēslus. Ar alģēm baro arī dažādus mājlopus, piemēram, cūkas.

Alģes izmanto cilvēka pārtikai, it īpaši Austrumāzijas zemēs — Japānā, Ķīnā un citur. Tālajos Austrumos rūpnieciski gatavo alģu konservus. Galvenokārt šim nolūkam izmanto dažādas *laminārijas* (jūras kāpostus) no brūnālģēm, *porfīras* no sārtaļģēm un *ulvas* no zaļālģēm. Japāņi pat ierīkojuši īpašas alģu audzētavas, kur kultivē galvenokārt porfīras. Alģes ir bagātas ar ogļhidrātiem, vitamīniem, jodu un citām vielām. Tās veicina gremošanas orgānu darbību un kavē aterosklerozes attīstību. Tāpēc alģes izmanto arī medicīnā. No alģēm iegūst dažādas izejvielas rūpniecībai. Tā no brūnālģēm iegūst *algīnu* (izmanto par limvielu tekstilrūpniecībā, pārtikas rūpniecībā un citur), no sārtaļģēm — *agaru* (lieto pārtikas rūpniecībā, tekstilrūpniecībā, laboratorijās cieto barotņu gatavošanai).

## ĶERPJU NODALIJUMS

Ķērpji ir augi, kuru lapoņus veido divi komponenti — alģes un sēnes. No alģēm ķērpju lapoņu uzbūvē ietilpst zaļālģes un zilaļģes, bet no sēnēm — galvenokārt askusēnes, mazāk bazīdiju un citu nodalījumu sēnes. Ķērpjus klasificē pēc attiecīgās sēnes ķērpju laponi. Tā, piemēram, izšķir asukuķērpjus, bazīdijķērpjus un citas ķērpju klases. Mūsu apstākļos galvenokārt sastopami asukuķērpji, bet no bazīdijķērpjiem — tikai dažas sugas.

Dabā ķērpji ļoti plaši izplatīti uz visas zemeslodes. Tie aug mērenajās joslās, kā arī tropu apgabalos, lidzenumos, tuksnešos un stepēs, kalnos, mežos, uz klintīm, kā arī ziemeļu tundrās. Mežos un parkos ķērpju laponi aug uz koku zariem un stumbriem, cieši tiem piekļaujoties vai arī atstātos un nokarājoties uz leju. Sausajos priekšu silos uz augsnes aug dažādas *kladoniju* (*briežķērpju*) sugas. Tās plaši izplatītas arī tālo ziemeļu tundrās. Uz koka mizas, akmeņiem un klintīm bieži redzamas dažādi izliektas svītriņas, ieapaļi, pelēki vai melni diski, kas ir ķērpju vairošanās orgāni. Šo ķērpju laponi tik tikko saskatāmi uz substrāta. Bet ir arī tādi ķērpji, kas aug ūdenī un augstu kalnos.

Ķērpju lapoņu lielums svārstās robežās no dažiem milimetriem līdz vairākiem desmitiem centimetru. *Islandes ķērpja* laponi sasniedz 5—10 cm augstumu, bet *peltigeru* rozetveida lapoņu diametrs sasniedz 20 centimetrus. Sava veida rekords ir reģistrēts

garajai usnejai, kura kādreiz augusi arī Latvijā. Tās nokarenā lapaņa garums atsevišķos gadījumos sasniedzis 7—8 un pat 10 metrus.

**Pēc lapaņu ārējā izveidojuma** ķērpjus iedala vairākās grupās, no kurām minēsim *krevju*, *zviņu*, *lapu* un *krūmu ķērpjus*.

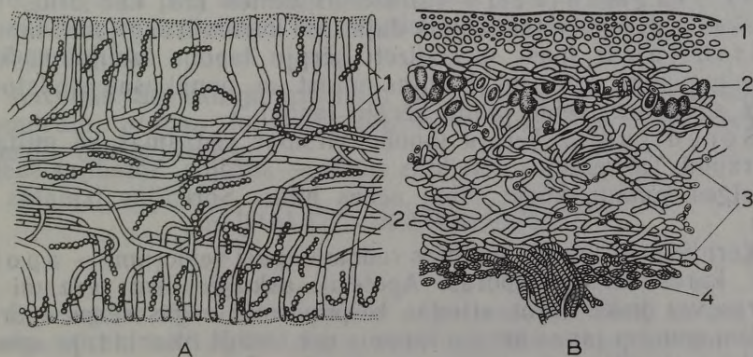
**Krevju ķērpju** lapaņi neatdalāmi saaug ar substrātu, veidojot dažādas nokrāsas pelēcīgus laukumiņus, uz kuriem redzami šo ķērpju sporu veidošanās orgāni. No krevju ķērpjiem uz lapu koku stumbriem bieži aug *rakstu ķērpis*.

**Zviņu ķērpjiem** lapaņi izaug kā sīkas zviņas, kuras cieši piekļaujas substrātam ar vairāk vai mazāk no substrāta atstatus stāvošām zviņu malām. Zviņveidīgi ir *kladoniju* primārie lapaņi.

**Lapu ķērpju** lapaņi veido lielākas vai mazākas rozetes, kuras sastāv no daudzām dažādas krāšas daivām. Lapu ķērpju lapaņi nekad cieši nesaug ar substrātu. Pie substrāta tie piestiprinās ar īpašiem smalkiem pavedieniem — *rizinām*. Pie lapu ķērpjiem pieder dažādas *parmēliju* sugas, kas aug uz kokiem un akmeņiem.

**Krūmu ķērpju** lapaņi ir nelielu zarainu krūmiņu veidā, kuri stāv atstatus no substrāta. Uz koku zariem un stumbriem augošie krūmu ķērpju lapaņi var nokarāties arī uz leju. Tipiski krūmu ķērpji ir dažādas *kladonijas* un *Islandes ķērpis*, kas bieži sastopami arī mūsu mežos. Pie krūmu ķērpjiem pieder arī *usneju* un *ramalinu* sugas, kuru lapaņi nokarājas no koku zariem un stumbriem.

**Pēc aļģu un sēņu novietojuma** ķērpju lapaņos izšķir divus ķērpju lapaņu tipus — *homeomērus* un *heteromērus lapaņus*. Ķērpju lapaņu anatomiskā uzbūve redzama, aplūkojot mikroskopā to šķersgriezumus (35. att.).



35. att. Ķērpju laponis:

A — homeomērs laponis, 1 — aļģes šūnas, 2 — sēnes hifas; B — heteromērs laponis, 1 — virseja miza, 2 — aļģes šūnu slānis, 3 — serdes slānis (hifas), 4 — apakšējā miza.



**Homeomērajos laponos** starp sēņu hifām vienmērīgi izvietojas aļģu šūnas. Šo laponu tipu uzskata par vienkāršāko un primitīvāko.

**Heteromērajos laponos** redzami atsevišķi slāņi, kurus veido aļģu šūnas vai sēņu hifas. Tā, piemēram, aplūkojot *dzeltenā sienaskērpja* šķersgriezumu, laponī redzami vairāki šūnu slāņi: *viršējā miza*, aļģes *šūnu slānis*, *serdes slānis* un *apakšējā miza*.

*Viršējā miza* sastāv no vairākām šūnu kārtām, kuras veido sēņu hifas. Aļģes šūnu slānis sastāv no zaļām, ar hlorofilu bagātām aļģes šūnām. Serdes daļā redzami galvenokārt sēnes hifu pavedieni. Apakšējā mizu veido gaišu šūnu kārtā. No apakšējās mizas atiet pavedieni — *rizinas*, ar kurām laponis piestiprinās pie substrāta.

Tā kā aļģu šūnas satur zaļo pigmentu — hlorofilu, tās spēj veikt fotosintēzi un tādējādi apgādāt ķerpi ar organiskām vielām. Sēņu hifas savukārt apgādā ķerpju laponus ar ūdeni un minerālvielām. Ķerpju laponi spēj uzņemt ūdeni ne tikai ar rizinām, bet arī ar visu virsmu — lietūs, rasas un miglas ūdeni. Jāatzīmē ķerpju laponu spēja pēc ilgstošas izkalšanas saglabāt savu dzīvotspēju.

Aļģu un sēņu savstarpējās attiecības ķerpju laponos ir visai sarežģītas. Daudzējādā ziņā to īstā daba šodien nav pilnīgi izpētīta. Agrāk bija izteiktas domas par abu komponentu līdzsvarotu simbiozi. Taču vēlākie pētījumi parādīja, ka atsevišķos gadījumos var runāt gan par sēnes parazitismu uz aļģes, gan arī otrādi.

Lai izaugtu jauns ķerpja laponis, jābūt abiem komponentiem — aļģei un sēnei. Tāpēc ķerpjiem ir ļoti izplatīta *veģetatīvā vairošanās*.

**Veģetatīvā vairošanās** notiek ar *fragmentāciju*, *izīdijām* un *sorēdijām*.

Ar *fragmentāciju* vairošanās notiek tad, kad atlūst atsevišķas nespecializētas laponā daļas, no kurām izaug jauni laponi.

*Izīdijas* ir īpaši specializēti ķerpju laponu izaugumi, kuri satur gan aļģi, gan sēni. Izīdijas nolūst un, nonākušas atbilstošos vides apstākļos, veido jaunu ķerpju laponi.

*Sorēdijas* uz ķerpju laponu virsmas redzamas kā miltaini sabirzumi. Tie veidojas noteiktās vietās — *sorāļos*. Sorēdijas sastāv no aļģes šūnām, kuras apvij sēnes hifas. Sorēdijas izplatās ar vēju.

Ķerpjiem uz laponu virsmas redzami īpaši veidojumi — *apotēciji*, kuros attīstās sporas. Apotēciji askuķerpjiem redzami kā svītras vai diski. Tajos attīstās ķerpim raksturīgās sēnes sporas. No šīm sporām jauns ķerpju laponis var izaugt tikai tad, ja sporas sastopas ar attiecīgās aļģes sugas šūnām. Šim vairošanās veidam ķerpju vairošanās procesā nav lielas praktiskas nozīmes.

Ķerpju laponi aug ļoti lēni. Dažiem ķerpjiem pat 20 gados nav izdevies konstatēt jūtamu laponu pieaugumu. Briežuķerpji gadā pieaug tikai par 1—3 mm. Ziemeļu tundrā briežu ganības pēc noganišanas atjaunojas 10—20 gados.

**Kērpju nozīme.** Kērpjiem ir liela praktiska nozīme dabā un cilvēka dzīvē. Dabā kērpji ir augu valsts pionieri, kuri pirmie ieaug uz kailām klintīm, neapstrādātās augsnes un citās līdzīgās augtēnēs. Tur kērpji uzkrāj pirmās organiskās vielas, rada trūdu, kas dod iespēju augt un attīstīties pirmajiem sūnaugiem un pēc tam arī sēklaugiem. Kērpji kā veģetācijas pionieri var būt nozīmīgi cīņā ar augsnes eroziju.

Cilvēks kērpjus ir lietojis jau sen kā ārstniecības augus. Sirmā senatnē kērpju izmantošana tautas ārstniecībā bieži pamatojās nevis uz novērojumiem par to iedarbību uz cilvēka organismu, bet gan uz kērpja lapaņa un attiecīgā orgāna vai ķermeņa daļas ārēju līdzību. Tā, piemēram, usnejas, kuru lapoņi ir gari, pavedienveida, lietoja matu slimību ārstēšanai, bet plaušu kērpī, kura lapaņa daivu zīmējums atgādina plaušu alveolu zīmējumu, — plaušu slimību ārstēšanai.

Šodien ir zināms, ka kērpju lapoņi satur daudzas aktīvas antibiotiskas vielas, tādēļ tos izmanto antibiotisko preparātu gatavošanai. No *Islandes kērpja* gatavo tēju un uzlējumu, kurus lieto elpošanas ceļu slimību ārstēšanai, ēstgribas uzlabošanai u. c. Ir arī kērpji, kurus izmanto pārtikā. Kā piemēru var minēt *mannas kērpī*. Tā lapaņa stūrainās lodītes 1—4 cm diametrā brīvi atrodas uz sausās stepes vai tuksneša zemes. Dažkārt vējš šī kērpja sausos lapoņus sadzen pat līdz 15 cm biezā slānī.

Parfimērijas rūpniecībā par smaržu fiksatoru lieto īpašu vielu — *rezinoidu*, ko iegūst no kērpjiem.

Kērpji ir ļoti jutīgi pret gaisa piesārņojumu. Sevišķi kaitīgs to augšanai un attīstībai ir sera dioksīds, ko bagātīgi satur lielu pilsētu un jo sevišķi rūpniecības centru gaiss. Tāpēc šo pilsētu un rūpniecības centru vidusdaļā parasti izveidojas t. s. kērpju tukšneši, t. i., kērpji tur praktiski nav atrodamī. Zinot dažādu kērpju sugu jutīgumu pret attiecīgo gaisa piesārņojumu, pēc šo sugu sastopamības un izplatības var noteikt pilsētas rajona gaisa piesārņotības pakāpi.

Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstītas 20 kērpju sugas, piemēram, *plaušu lobārija*, *lapveida kladonija*, *divkrāsainā brīorijs*, *dāsnā usneja*.

## SŪNAUGU NODALĪJUMS

Sūnaugi ir viens no augstāko augu nodalījumiem, kuram piešķaita vairāk nekā 25 000 sugu. Sūnaugi dabā sastopami ļoti bieži. Tie aug gan purvos, gan mežos, gan arī pļavās, smiltājos, ūdeņos un citās augtēnēs.

Sūnas pēc vairākām pazīmēm atšķiras gan no zemākajiem augiem, pie kuriem piešķaita baktērijas, aļģes un kērpjus, gan arī no citiem augstākajiem augiem — paparžaugiem, kailsēkļiem, sēklaugiem.



Sūnām, izņemot daļēji aknu sūnas, jau ir labi izveidots stumbrs, uz kura attīstās lapas. Stumbram nav sakņu, to funkcijas veic rizoīdi. Sūnas vairojas ar sporām.

Sūnaugu nodalījumu iedala divās klasēs: *aknu sūnās* un *lapu sūnās*. Aknu sūnas ir primitīvākas, to vienkāršākās formas ir lapoņveida un iezīmē pāreju uz vasas augiem. Augstāk attīstītajām aknu sūnām un lapu sūnām vienmēr redzams stumbrs ar lapām — tipiska augstāko augu iezīme.

No lapu sūnām aplūkosim *sfagnus* (kūdras sūnas) un *lāč-sūnas*, kuras dažkārt sauc arī par *dzegužliniem*.

## SFAGNI

Sfagni jeb kūdras sūnas ir daudzgadīgi augi, kuru vairums sastopams sūnu jeb augstajos purvos. Sfagnu velēnas ir bāli zaļā, brūnganā vai arī iesārtā krāsā. Sfagnu stumbrs ir zarains, bez rizoīdiem. Uz tā redzami dažādi zari. Jaunie zari stumbra galotnē veido vairāk vai mazāk blīvu rozeti. Turpeti zemāk uz sfagnu stumbra redzami divējāda tipa zari pušķos — vieni, kas horizontāli atstāv no stumbra, — *atstāvošie zari*, un otri, kuri cieši pieguļ pie stumbra, — *nokarenie zari*. Šie zari līdz ar stumbru veido vertikālu kapilāru sistēmu, kura nepārtraukti uzsūc ūdeni.

Sfagnu zarus un stumbru klāj daudzas sīkas, bālganas lapas, kuras sastāv no divējāda tipa šūnām. *Hlorofilšūnas* ir garas un izlocītas. Tās satur hlorofilu un ir zaļā krāsā. *Hialinšūnas* ir ievērojami lielākas, bet tās ir gaišas, bālas un hlorofilu nesatur. Sausā stāvoklī tās piepildītas ar gaisu un tāpēc šķiet caurspīdīgas. Mitrumā (ūdenī) tās var piepildīties ar ūdeni un to saglabāt ilgāku laiku. Sfagnu šūnas spēj uzsūkt milzīgu ūdens daudzumu, kas 20—25 reizes pārsniedz sfagnu sauso masu.

Starp sfagnu stumbra galotnes rozešu zariem attīstās dzimumvairošanās orgāni — *anteridiji* un *arhegoniji*. Anterīdijos attīstās vīrišķās gametas — *spermatozoidi*, bet arhegonijos — sievišķās gametas — *olšūnas*. Šīm gametām saplūstot, rodas zigota, kas ir diploidāla. No tās izaug diploīdāls *sporogons*, kas sastāv no kātiņa un sporu vēcelītes, kurā izveidojas sporas.

Vasaras vidū sfagnu galotnēs starp rozešu zariem attīstās lodveida sporu vēcelītes ar īsiem kātiņiem. Tas ir *sporogons* — sfagnu sūnas bez dzimuma audze jeb sporofīts. Sporu vēcelītēs reduktīvās dalīšanās (mejozes) rezultātā attīstās haploīdālas (*n*) sporas, kuras pēc nogatavošanās izsējas un dīgst, veidojot samērā primitīvu lapoņveida pirmdziģli — *protonēmu*, kura pie substrāta piestiprinās ar rizoīdiem. Šādas protonēmas pamatdaļā attīstās pumpurs, no kura izaug jauna sūna. Sfagnu sūnas stumbra apakšdaļa, galotnei augot, pamazām atmirst, tādēļ sfagniem nav rizoīdu. Ūdeni ar tajā izšķīdušajām minerālvielām sfagni uzņem ar stumbru un lapu šūnām.

Sfagnu sporas, protonēmas un arī pati sūna ir haploidāli. Sfagnu stumbrs ar zariem un lapām ir sfagnu dzimum-paaudze jeb gametofīts. Tā ir sfagnu dominējošā paaudze.

**Sfagnu nozīme.** Sfagni ir galvenie kūdras veidotāji. Latvijas florā sastopamas 36 sfagnu sugas. Sfagnu stumbri ar zariem un lapām vidē, kur maz skābekļa, vāji sadalās un pārvēršas kūdrā. Sfagni nesadalās arī tādēļ, ka tie satur dažas dezinficējošas vielas. Sfagni gadā pieaug par 1—3 cm, bet, vēlāk sapresējoties, kūdrā dod apmēram 1 mm biezu pieaugumu gadā. Tātad 1 m biezs kūdras slānis izveidojas apmēram 1000 gados.

Kūdrā labi saglabājas senu dzīvnieku, cilvēka un to mītņu atliekas.

Kūdrai ir liela praktiska nozīme. To izmanto par kurināmo (ieņem otro vietu aiz akmeņoglēm), pakaišiem, tīrumu mēslošanai, bet rūpniecībā no kūdras iegūst dažādas vielas, piemēram, metilspirtu (koka spirtu), karbolskābi, plastmasas, izolācijas plātnes u. c. Latvijā purvi aizņem 640 000 ha, kas sastāda 10% no republikas teritorijas. Kūdras nogulu vidējais biezums ir 1,3—3 m, vietām sastopami purvi ar 3—9 m biezu kūdras slāni. Latvijas dziļākais purvs ir Velna purvs pie Usmas — 12,5 m.

Sfagniem raksturīgas antiseptiskas īpašības. Tādēļ jau no senatnes tos lieto strutojošu brūču un audzēju ārstēšanai. No sfagniem izdalīta īpaša antiseptiska viela — *sfagnols*.

Dažreiz sfagni ieviešas mežos un pļavās, kur palielināts mitruma saturs un skāba augsne. Sfagni ir kaitīgi mežiem un pļavām, jo sekmē to pārpurvošanos. Šajās vietās sfagnus iznīcina, augsni nosusinot un kalķojot.

## LĀČSŪNAS

Uz augstākas evolūcijas pakāpes atrodas zaļās sūnas, no kurām sīkāk apskatīsim lāčsūnas. Latvijā aug vairākas lāčsūnu sugas. No tām bieži sastopama *parastā lāčsūna*. Tā aug purvainās pļavās un mežos ar palielinātu mitruma daudzumu. Lāčsūnas stumbrs sasniedz līdz 30 cm garumu, tas ir brūnganzaļš, klāts ar šaurām, smailām lapām. Stumbra apakšdaļā redzami smalki pavedienveida izaugumi — *rizoidi*. Ar rizoidiem lāčsūnas uzsūc no augsnes ūdeni un minerālvielas. Lāčsūnu stumbrs jau ir anatomiski diferencēts. Stumbra vidū atrodas koncentrīks vadaudu kūlītis, kura centrā ir nedzīvas šūnas, kas vada ūdeni un funkcionāli atbilst augstāk organizēto augu traheidām. Ap nedzīvajām šūnām atrodas dzīvas šūnas, kas vada plastiskās vielas un funkcionāli atbilst sietstobriem. Gan anatomiskās, gan morfoloģiskās uzbūves īpatnības raksturo lāčsūnu augstāku evolūcijas pakāpi.

Interesanta ir lāčsūnas lapu uzbūve. Lapu virspusi sedz *asimilatori* — ar hlorofilu bagāti plātņveida izaugumi, kas sastāv no vienas šūnu rindas un stipri palielina lapas asimilācijas virsmu.



Lāčsūnas vairojas līdzīgi sfagniem. Lāčsūnām anterīdiji attīstās vīrišķo augu galotnēs, bet arhegoniji — uz sievišķajiem augiem. Šis process noris agrā pavasarī. Vēlāk attīstās sporofīti, kurus pārstāv *sporogoni*. No sporu vēcelītēm izkaisījušās sporas uz mitras zemes dīgst, un attīstās smalki, zaraini, zaļi pavedieni, kas veido *pirmdigli* jeb *protonēmu*. Protonēmas pavedieni atgādina zaļalģu pavedienus un liecina par sūnu un aļģu radniecību. Uz protonēmas pavedieniem attīstās pumpuri, no kuriem izaug jaunas lāčsūnas. Tā kā pumpuri uz protonēmas pavedieniem veidojas veselās grupās, izaug biezas lāčsūnu audzes.

Lāčsūnas mežos un pļavās liecina par pārpurvošanās sākumu. Citas lāčsūnu sugas sastopamas arī purvos un pat sausos smiltājos.

Mežos sūnu segu galvenokārt veido dažādas *zaļās sūnas*. Sūnu segai ir ievērojama loma meža dzīvē: tā dod patvērumu daudziem sīkajiem meža iemitniekiem, tajā attīstās sēņu micēliji un izdīgst meža koku sēklas. Meža sūnu sega palīdz regulēt meža mitruma režīmu. Sausos smiltajos un izcirtumos sūnaugi ir nozīmīgi kā augsnes nostiprinātāji. No teiktā izriet, ka sūnu sega ir meža ekosistēmas neatņemams elements, kas jāsaudzē, jo tā sekmē meža pilnvērtīgu augšanu, atjaunošanos un attīstību.

## PAPARŽAUGU NODALĪJUMS

Paparžaugu nodalījums ir ļoti sens. Šodien pie mums sastopamie paparžaugi ir *staipekņi*, *kosas* un *papardes*. Seno paparžaugu atliekas — lapu un zaru nospiedumus — atrod akmeņoglēs. Senatnē paparžaugi bija ļoti plaši izplatīti dažādās zemeslodes joslās. Daudzi paparžaugi bija ne tikai lakstaugi, bet arī milzīgi koki, kuri dažkārt sasniedza pat līdz 40 m augstumu. Uz Zemes sastopamo paparžaugu sugu kopskaits pašlaik nav liels, kokveida papardes mūsdienās aug tikai tropu apgabalos.

Paparžaugu nodalījumu iedala 3 klasēs: *paparžveidīgo*, *staipekņveidīgo* un *ķīļlapjveidīgo klasēs*.

### PAPARŽVEIDĪGO KLAŠE

Pie paparžveidīgo klases pieder dažādas *papardes*. Tās sastopamas gan mežos, purvos, pļavās, gan arī ūdenī. Mūsu mežos un pļavās augošās papardes ir lakstaugi. To zaļās lapas izaug no īsāka vai garāka sakneņa. Jaunās paparžu lapas attīstības sākumā ir spirāliski ieritinātas. Augsnē paparžu sakneņiem attīstās daudz piesakņu, kas gan nostiprina papardes augu, gan arī piegādā tam ūdeni un minerālvielas. Ar papardēm saistās dažādi nostāsti un tautas ticējumi. Papardēm nav ne ziedu, ne sēklu. Vairumam paparžu zaļo, plūksnaino daivu apakšpusē vasaras vidū var re-

dzēt dzeltenbrūnus veidojumus, kas sastāv no sporangijiem. Šādas sporangiju kopas sauc par *sorām*. Sporangijos reduktīvās dalīšanās rezultātā izveidojas haploidālas sporas. Turpretī pats zaļais papardes augs, uz kura lapām veidojas soras, ir *bezdzimumpaaudze* — sporofīts, un tā šūnas satur diploidālu hromosomu skaitu. Sporas pēc nogatavošanās izkaisās, nonākušas uz mitras meža augsnes, digst, un izveidojas neliela zaļa sirdsveidīga plātņīte — *protallijs*, kura diametrs sasniedz apmēram 1 cm. Tā ir papardes *dzimumpaaudze* — gametofīts. Protallija šūnas ir haploidālas. Protallijs dzīvo tikai īsu laiku. Tā apakšpusē mitotiskās dalīšanās rezultātā veidojas vīrišķās un sievišķās gametas — *spermatozoidi* un *olšūnas*. Apaugļošanās noris ar ūdens pilieņu starpniecību, kuri nokļūst zem protallija un pārnēs spermatozoidus pie olšūnām. Spermatozoidam un olšūnai saplūstot, rodas zigota, no kuras tālāk aug un attīstās jauns papardes augs — jauna bezdzimumpaaudze, kas ir dominējošā paaudze paparžu attīstības ciklā. Šādā veidā attīstās mūsu mežos bieži sastopamā *melnā ozolpaparde*, *parastā sievpaparde* u. c. *Parastajai ērglpapardei* soras novietojas nepārtrauktā joslā gar lapu daivu malām, to apakšpusē. Mūsu apstākļos šai papardei soras veidojas reti. *Parastajai strauspapardei* soras veidojas uz īpašām brūnām fertīlajām (auglīgajām, sporas nesošajām) lapām zaļo lapu kopas vidū.

Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstītas vairākas paparžu sugas: *vārpu ēnpaparde*, *mūru sikpaparde*, *plūksnu sikpaparde*, *Brauna ciētpaparde* un *daivainā ciētpaparde*.

#### STAIPEKŅVEIDĪGO KLAŠE

Pie staipekņveidīgo klases pieder mūsu mežos augošie staipekņi. To stumbrus un zarus klāj sīkas, šauras, smailas lapas. No ložņājošā stumbra atiet saknes, ar kurām augs saņem no augsnes ūdeni un minerālvielas. Vasaras vidū staipekņiem dzinumu galos veidojas *sporofilu sastati*. Uz sporofiliem attīstās sporangiji, kuros meiotiskās dalīšanās rezultātā veidojas haploidālas sporas. Tātad zaļie staipekņu augi, līdzīgi papardēm, ir *bezdzimumpaaudze* — sporofīts. Sporas pēc nogatavošanās izkaisās un nonāk meža augsnē, kur pa lielākaļ daļai attīstās bumbulveida *protallijs*, kura lielums var svārstīties no dažiem milimetriem līdz 1—2 cm. Protallijs ir staipekņu *dzimumpaaudze* — gametofīts, un tā šūnas ir haploidālas. Staipekņu protallijs pretstatā paparžu protallijam aug un attīstās ļoti lēni, pat 6—15 gadus. Jāatzīmē, ka staipekņu protalliji ir divdzimumu. To apakšpusē attīstās daudz anterīdiju un arhegoniju. Anterīdijos veidojas spermatozoidi, bet arhegonijos — olšūnas. Pēc apaugļošanās attīstās zigota, no kuras izaug jauna bezdzimumpaaudze — zaļais staipekņa augs.



Mūsu mežos biežāk ir sastopams *vālišu staipeknis*, kura sporas vāc drogām. Staipekņu sporas spoguļgludu lējumu iegūšanai lieto arī metalurģijā. Ņemot vērā staipekņu sporu lielo praktisko nozīmi un to resursu samazināšanos mežos, visas staipekņu sugas ir ierakstītas Latvijas Sarkanajā grāmatā. To izmantošana telpu dekorēšanai un citām vajadzībām ir kategoriski aizliegta.

#### KĪĻLAPJVEIDIGO KLAŠE

Kīļlapjveidīgo klases pārstāvji ir kosas. Šī klase Zemes ģeoloģiskajā senatnē bijusi pārstāvēta ar daudzām formām, to skaitā arī ar kokveidīgām, kuru atliekas atrod akmeņoglēs. Kosas aug mežos, pļavās, purvos un pat ūdeņos. Tās ir lakstaugi ar ložņājošiem sakneņiem. Sakneņiem bieži ir bumbuļveida pāresnīnājumi — rezerves barības vielu krātuves. Tādi sakneņi ir arī bieži sastopamajai *tīruma kosai*. Kosu stumbri aug stāvus vai pacilus, tie ir posmaini. Posmi ir dobi, ribaini. Posmu epidermā daudz silīcija dioksīda, kas piešķir stumbram lielu izturību. Uz stumbra mieturos novietojas sānzari. Dažām kosu sugām, piemēram, tīruma kosai, vienā veģetācijas periodā veidojas divējāda tipa dzinumi: vieni izaug pavasarī, un uz tiem attīstās sporofili ar sporangijiem. Vēlāk, vasarā, izaug zaļi asimilējoši dzinumi, kuri fotosintēzē veido organiskās vielas un uzkrāj tās pazemes orgānos nākamā gada veģetācijas periodam. Vairumam kosu zaļie vasaras dzinumi rudenī aiziet bojā. Dažām kosām, piemēram, *ziemass kosai*, dzinumi saglabājas cauru ziemu un ir daudzgadīgi. Aprakstītie kosu dzinumi pārstāv sporofītu.

Sporangijos meiotiskās dalīšanās rezultātā veidojas sporas. No sporu apvalkiem attīstās 2 higoskopiskas lentes, kas sausumā aptinas ap sporām, bet mitrumā attīstās. No sporām uz mitras augsnes attīstās sīkas (0,1—1 cm lielas) zaļas daivainas plātnītes — *protalliji*, kas ir kosu *dzimumpaaudze* — gametofīts. Protalliji var būt viendzimuma un divdzimumu. Tā kā sporas savstarpēji sasaistās ar lentēm, dīgstot izveidojas protalliju grupas, kas nodrošina apaugļošanos. Protalliju dzimums var būt atkarīgs no vides apstākļiem (barošanās), bet var būt noteikts arī genotipiski. Protalliju dzīves ilgums dabā sasniedz dažus mēnešus. Ir zināmi gadījumi, kad kosu protalliji kultūrā saglabāti ilgāk par 2 gadiem.

Kosu protallijos attīstās *anteridiji* un *arhegoniji*, kuros meiotiskās dalīšanās rezultātā veidojas dzimumšūnas — *spermatozoidi* un *olšūnas*. Dzimumšūnām saplūstot, rodas zigota, kad dod sākumu jaunajam sporofītam — kosas augam.

Kosas parasti aug augsnēs ar paaugstinātu skābumu. Ja kosas redzamas tīrumos, var secināt, ka nepieciešama augsnes kalķošana. Pļavas, kurās aug kosas, dod zemas kvalitātes sienu. Tur nepieciešama meliorācija un augsnes uzlabošana. Dažas kosas

ir pat indīgas, un to piejaukums sienam ir kaitīgs. *Tīruma kosa* pazīstama kā ārstniecības augs. Viena kosu suga — *lielā kosa* — kā floras retums ierakstīta Latvijas Sarkanajā grāmatā un ir aizsargājama. Šīs kosas dzinumi sasniedz 1,6 m garumu.

#### PAPARŽAUGU NOZĪME

Paparžaugu nozīme mūsdienās Zemes veģetācijā ir niecīga. To sugu skaits ir neliels, un neliela ir arī to veidotā masa. Dažas paparžaugu sugas ir pazīstamas kā ārstniecības augi. Samērā daudzus paparžaugus kultivē dārzos, siltumnīcās un arī dzīvokļos kā dekoratīvus augus. Vairums paparžaugu ir lakstaugi. Tikai Austrālijas un Dienvidamerikas tropu mežos vēl šodien aug kokveida papardes.

Senie paparžaugi deva sākumu akmeņoglēm. Akmeņoglēm ir liela nozīme gan kā kurināmajam, gan arī kā ķīmiskās rūpniecības izejvielai. No akmeņoglēm ķīmiskajā rūpniecībā iegūst visdažādākos produktus — krāsvielas, lakas, plastmasas, kā arī medicīniskos preparātus. Ņemot vērā akmeņogļu lielo nozīmi ķīmiskajā rūpniecībā, nevar atzīt par lietderīgu un racionālu akmeņogļu plašu lietošanu kā kurināmo. Akmeņogļu krājumu un arī ieguves ziņā viens no lielākajiem ir Rūras apgabals.

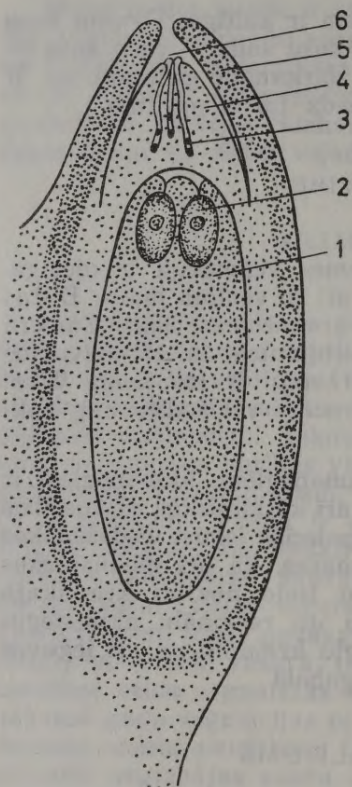
#### SĒKLAUGU NODALĪJUMS

Sēklaugi ir augu valsts visaugstāk attīstītais nodalījums. Šī nodalījuma augiem ir raksturīga sēkla, kas izveidojas no sēklaizmetņa. Augus, kuriem sēklaizmetņi atrodas brīvi uz sēklzvēnām, pieskaita pie kailsēkļu apakšnodalījuma, bet augus, kuriem sēklaizmetņi atrodas sēklotnē, — pie segsēkļu apakšnodalījuma.

#### KAILSĒKĻU APAKŠNODALĪJUMS

Sēklaizmetņa esamība ir pazīme, kas nodala vienkāršākos kailsēklus no papardēm. Sēklaizmetņa izveidošanās filogenēzē saistīta ar paparžu heterosporiju. Arī kailsēkļi pieskaitāmi pie heterosporiem augiem, jo tiem veidojas divējāda tipa sporas — *mikrosporas* un *megasporas*. Taču jānorāda, ka filogenētiski kailsēkļi nav atvasināmi no mūsu paparžaugiem, bet gan no vienkāršākajiem devona perioda paparžaugiem. Jāatceras arī, ka, sākot no devona, paparžaugu un kailsēkļu attīstības līnijas ir dažādas. Pilnveidotākas formas kailsēkļi uz Zemes parādījās un attīstījās vienlaikus ar pirmajiem segsēkļiem un mūsdienu papardēm.





36. att. Priedes sēklaizmetnis ar arhegonijiem:

- 1 — sievišķais gametofīts, 2 — arhegoniji,  
3 — putekšņu dīgstobrs, 4 — nucels,  
5 — integuments, 6 — mikropile.

Sēklaizmetņa izveidošanās procesam kailsēkļu evolūcijā bija ļoti liela nozīme, jo tas deva iespēju labāk pielāgoties jaunajiem vides apstākļiem. Kailsēkļu attīstības ciklā dominē sporofīts, resp., paši augi. Turpreti gan vīrišķais, gan sievišķais gametofīts ir stipri reducēts. *Sievišķie gametofīti* veidojas sēklaizmetņos. Tajos attīstās megasporas un pēc apaugļošanās izveidojas sēklas.

*Vīrišķais gametofīts* kailsēkļiem ir stipri reducēts — gandrīz līdz pilnīgai veģetatīvo šūnu zaudēšanai. Tā evolūcijā redzama putekšņa dīgstobra parādīšanās un pilnveidošanās.

Pie kailsēkļiem pieder tikai kokaugi.

**Ar kailsēkļu vairošanos** iepazīsimies parastās priedes vairošanās piemērā. Katras sēklzvīņas žāklē atrodas divi kaili *sēklaizmetņi*. Tos klāj *sega* jeb *integuments*. Katra sēklaizmetņa centrālo daļu sastāda *nucels*, kurā izveidojas divi arhegoniji, katrs ar vienu olšūnu (36. att.). Mikrosporas (putekšņi) veidojas mikrosporangijos. Gatavām priežu mikrosporām ir divi lidpūsliši, kas sekmē

mikrosporu pārnesanu ar vēju. Mikrosporas izkaisās un notiek apputeksnēšanās. Jāatzīmē, ka priedei un arī citiem skuju kokiem starp apputeksnēšanos un apaugļošanos pāriet ilgs laiks, piemēram, priedēm — apmēram 14 mēneši. Mikrosporas pa šo laiku atrodas ieslēgtas uz nucela. Tikai nākamā gada vasarā, kad sievišķie čiekuri ir sasnieguši maksimālu attīstību, turpinās arī mikrosporu attīstība: veģetatīvā jeb putekšņa dīgstobra šūna izstiepjas, veidojot *dīgstobru*, kas ieaug nucela audos un sasniedz arhegoniju. Izveidojas 2 *spermiji*, kas, plīstot dīgstobra galam, nonāk arhegonijā un saplūst ar olšūnu. Ar olšūnu saplūst tikai viens spermijš. Apaugļotā olšūna tūlīt dalās, un sāk veidoties jaunais dīgļis.

Parasti vienā sēklā attīstās viens dīgļis. Taču, it īpaši skuju kokiem, vērojama *poliembionija*, t. i., vairāku dīgļu izveidošanās. Priedes vairošanās no segsēkļu vairošanās atšķiras ar to, ka neattiecas divkārtā apaugļošanās. Endosperma veidojas no nucela audiem un nav homologa segsēkļu endospermai.



Priežu dīglis sastāv no *digļsaknes*, *digļstumbra*, *digļlapām* un *digļpumpura*. Dažādām priežu sugām digļlapu skaits svārstās robežās no 6 līdz 15, mūsu parastajai priedei ir 6 digļlapas. Priežu sēklas pilnīgi nogatavojas oktobrī, bet izsējas tikai nākamā gada aprīlī, maijā, tātad praktiski divus gadus pēc ziedēšanas un apputeksnēšanās un gadu pēc apaugļošanās. Līdz ar to priedēm ik gadu redzam trejāda tipa sievišķos čiekurus: 1) sīkus, iesarkanus, kuros notiek apputeksnēšanās; 2) zaļus, daudz lielākus, kuros notiek apaugļošanās, un 3) lielus, jau pilnīgi nobriedušus čiekurus ar gatavām sēklām. Nobriedušie čiekuri atver savas sēklzvēiņas un izkaisa sēklas. Parastās priedes sēklām ir lidspārns, un tās izplatās ar vēju.

**Parastā priede** Eiropas ziemeļdaļas un vidusdaļas apgabalos sastopama lielās platībās. Tā plaši izplatīta arī Baltijas valstīs. Koks sasniedz līdz 45 m augstumu. Latvijā priežu meži aizņem 53 % no mežu kopplatības. Augsnes ziņā priede nav izvēlīga — tā galvenokārt sastopama smilts augsnēs, kurās dziļi ieaug koka galvenā sakne, kas vairākkārt zarojas. No tās atiet daudzas sānsaknes. Uz šādām smilšainām augsnēm veidojas plaši priežu sili. Nelabvēlīgos apstākļos — purvos — izaug sīkas, bieži vien kroplīgas priedes, kuras 100 gadu vecumā nepārsniedz 1 m augstumu.

Priežu stumbra un zaru koksne atrodas sveķu ailes, kas izdala sveķus. Sveķi aizsargā kokus no dažādu kaitīgu organismu iedarbības. Uz parastās priedes zariem skujas novietojas pa divām uz īsvasām. Skujas dzīvo 2—3 gadus un nomainās pakāpeniski. Priežu mežos gaiss piesātināts ar ēteriskajām eļļām un ozonu. Tas praktiski nesatur kaitīgus mikroorganismus, tāpēc šādos priežu mežos cel sanatorijas plaušu slimniekiem.

**Parastā egle** ir otrs biežāk izplatītais skuju koks pēc parastās priedes. Egļu ir ēncietīga un prasīgāka pret augsni. Tās sakņu sistēma ir sekla un attīstās augsnes virskārtā, tāpēc arī vētra egļu izgāž ar visām saknēm. Parastās egļu skujas ir četršķautņainas, to dzīves laiks sasniedz 5—7 un pat 10 gadus. Sievišķie strobili ir sarkanīgi, uz augšu stāvoši, vēlāk, nogatavojoties sēklām, tie noliecas uz leju. Nogatavojušies čiekuri ir nokareni, tiem labi attīstās segzvēiņas. Vīrišķie strobili ir ieapaļi, olveidīgi, gaiši dzeltenīgi.

Egļu un priedes koksni lieto celtniecībā, dzelzceļu gulšņu gatavošanai, celulozes un papīra rūpniecībā, ķīmiskajā rūpniecībā no tās iegūst sveķus, terpentīnu, kolofoniju.

Parkos un dārzos kultivē dažādas introducētas dekoratīvās priežu un egļu sugas (ciedrupriedes, Veimuta priedi, aso egli). No Sibīrijas ciedru priedes sēklām iegūst ciedru eļļu.

**Parastais kadiķis** jeb *paeglīs* ir vēl viens no savvaļas skuju kokiem Latvijā. Parastais kadiķis pieder pie ciprešu dzimtas. Tā skujas ir adatveida, novietotas mieturos pa 3 vai arī pretējas,



zvīņveida. Parastais kadiķis ir divmāju augs. Sēklām nogatavojoties, sēklzvīņas kļūst sulīgas un saaugot izveido t. s. čiekurogu. Čiekurogas lieto medicīnā.

**Parastā ive** — aizsargājams, indīgs augs, sastopams galvenokārt Piejūras līdzenumā vai tā tuvumā. Ap sēklām rudeni izaug sarkana sēklsedze, kas rada maldīgu iespaidu, it kā ivei būtu ogas. Ive ierakstīta Latvijas Sarkanajā grāmatā.

Ventas baseinā ir atrastas brūnoglū nogulas, kuras veidojušās mezozojā, apmēram pirms 150—200 milj. gadu. Tajās sastopamas senu skuju koku koksnēs (lignītu) un ziedputekšņu atliekas. Kā rāda prof. P. Galenieka pētījumi, šīs ir īvu dzimtas skuju koku atliekas. Tas liecina, ka apmēram pirms 110—115 miljoniem gadu Latvijas teritorijā ir auguši krāšņi eksotisku skuju koku meži.

#### SEGSEKĻU (MAGNOLIJAUGU) APAKŠNODALIJUMS

Pie šī nodalījuma pieder vairāk nekā puse no pasaulē zināmo augu sugu kopskaita. Segsēkļu raksturīga pazīme ir zieds, kurā megasporofili pārveidoti par *augļlapām*. Augļlapām saaugot, veidojas *auglenīca*. Tās paplašinātajā apakšdaļā atrodas *sēkloine* ar *sēklaizmetņiem*, bet augšdaļā — *irbulis* ar *driksnu*, kuras funkcijas ir ziedputekšņu uztveršana. Pēc apaugļošanās no sēklaizmetņiem attīstās sēklas, bet no auglenīcas — auglis.

Segsēkļu apakšnodalījumu daļa divdīgļlapju un viendīgļlapju klasēs, kuras savstarpēji filoģenētiski cieši saistītas. Tagad uzskata, ka viendīgļlapji radušies vēlāk nekā divdīgļlapji, izceļoties no kādas senas divdīgļlapju grupas un tālāk attīstoties paralēli. Divdīgļlapjiem un viendīgļlapjiem ir vairākas atšķirīgas pazīmes. Kā rāda pats nosaukums, divdīgļlapju dīglim ir 2 dīgļlapas, bet viendīgļlapju dīglim — viena dīgļlapa. Divdīgļlapjiem spēcīgi attīstīta galvenā sakne, turpreti viendīgļlapjiem tā ir vāji attīstīta, vēlāk reducēta un izveidojas spēcīga bārkšsaku sistēma.

Pie divdīgļlapjiem pieder *koki*, *krūmi* un *lakstaugi*, bet pie viendīgļlapjiem — galvenokārt *lakstaugi*.

Divdīgļlapjiem parasti ir 5 vai 4 locekļu zieda daļas, viendīgļlapjiem — 3 locekļu. Divdīgļlapju ziedus galvenokārt apputeksnē dažādi kukaiņi, turpreti viendīgļlapjiem bieži sastopama anemofilija.

#### DIVDĪGĻLAPJU KLASE

##### Krustziežu dzimta

Pie krustziežu dzimtas pieder galvenokārt *lakstaugi*, retāk — *puskrūmi* ar spirāliski sakārtotām lapām un ķekaros sakārtotiem ziediem. Ziedi kārtņi. Kausu veido 4 zaļas kauslapas,

vainagu — 4 krusteniski novietotas vainaglapas. Ziedā ir 6 putekšņlapas, no kurām 2 (ārējās) ir īsākas, bet 4 (iekšējās) garākas. Auglenica sastāv no 2 augļlapām. Augļi — pāksteņi un pāksteniši.

Dzimtā ir apmēram 3000 sugu, kuras sastopamas visos kontinentos. Maz krustziežu ir dienvidu puslodē un tropu apgabalos. To galvenie izplatības centri atrodas Vidusjūras apgabalā, Dienvidrietumu Āzijā un Centrālajā Āzijā. Krustzieži ir plaši pazīstami pārtikas, lopbarības, dekoratīvie un ārstniecības augi. Taču daudzas to sugas bieži sastopamas pļavās un mežos, kā arī ir masveidā izplatītas nezāles dārzos un tīrumos.

No kultūraugiem plaši kultivē kāpostus. To dzimtene ir Vidusjūras apgabals un Rietumeiropa. Te kāposti jau plaši kultivēti vairākus gadu tūkstošus pirms mūsu ēras. Egejas jūras krastos vēl tagad aug ziedu kāpostu savvaļas forma, bet Francijā un Anglijā — lapu kāposti. Latvijā kāpostus audzē no XI gadsimta. Kāpostiem pazīstamas daudzas varietātes: galviņu kāposti, ziedu kāposti, lapu jeb kacenu kāposti u. c. *Galviņu kāposti* ir divgadīgs augs. Pirmajā gadā vasas galā izveidojas pumpurveida galviņa. Mūsu apstākļos, galviņu kāposta augu saglabājot pa ziemu un izstādot nākamā gada pavasarī, veidojas zarots stublājs ar dzelteniem ziedu ķekariem, augļiem un sēklām. *Ziedu kāposti* ir viengadīgs augs ar lapu rozeti, kuras vidū attīstās zarota, etiolēta ziedkopa. Jaunas, neizplaukušas ziedkopas arī izmanto pārtikā. *Lapu jeb kacenu kāposti* ir lopbarības augs, uz kura stublāja pamišus sakārtoti lapu pušķi. Visām kāpostu varietātēm selekcionāri izveidojuši daudzas šķirnes.

Pie kāpostu ģints pieder arī kolrābji, kuru stublājs izveido ar barības vielām bagātu bumbuļveida pāresninājumu. Arī rāceņu sulīgās saknes izmanto gan pārtikā, gan lopbarībā (turnepši). Rāceņiem radniecīgi ir kāļi. Kāļu varietāte — *eļļas rapsis* — ir vērtīgs eļļas augs, kura sēklas satur 35—50% eļļas. No krustziežu dzimtas augiem jāmin arī *baltās, melnās* un *Sareptas sinepes*. No to sēklām iegūst eļļu un lopbarības raušus. No Sareptas sinepju sēklām gatavo galda sinepes.

No sakņaugiem kultivē redīsus un rutkus. Plaši pazīstami dekoratīvie augi ir matiolas un lefkojas. Bieži dārzos audzē *smaržīgo vakareni* (ar violetiem vai baltiem ziediem).

Kā dārzu un tīrumu nezāles pazīstami *ganu plikstiņš, tīruma naudulis, tīruma sinepe, pērkone, lokaugļu zvērene, žodzene* u. c.

Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstīta *daudzgadīgā mēnesene*, kas aug Ogres, Salacas krastos, Slīteres Valsts rezervātā u. c.

Daudzu krustziežu ziedos ir nektāriji, tāpēc šo augu ziedi smaržo un ir arī labi bišu barības augi.



## Rožu dzimta

Pie rožu dzimtas pieder koki, krūmi un daudzgadīgi, retāk — viengadīgi un divgadīgi lakstaugi ar spirāliski sakārtotām vienkāršām vai saliktām lapām.

Ziedi izvietoti racemozās vai cimozās ziedkopās, kārtņi, divdzimumu, ar divkāršu piecdaļīgu apziedni vai — retāk — ar kausveida apziedni. Putekšlapu daudz, 2—4 reizes vairāk nekā vainaglapu. Augļlapu skaits parasti vienāds ar kauslapu skaitu vai arī 2—3 reizes lielāks. Dzimtā vairāk nekā 3000 sugu, kuras plaši izplatītas visos pasaules kontinentos, it īpaši ziemeļu puslodes mērenajā un subtropu joslā. Tajā sastopami starpsugu un starpģinšu krustojumi, kas veido daudzas polimorfas formas. Daudzus rožu dzimtas augus plaši kultivē jau no seniem laikiem, daudzi aug mežos, pļavās, purvos un tīrumos.

Rožu dzimtas centrālā ģints — *rozes*. Aprakstītas apmēram 300 rožu sugas. Rozēm raksturīgi lieli, smaržīgi, sārti, balti vai dzeltenī ziedi. Augļi ir sīki, balti riekstiņi, kurus ikdienā sauc par rožu sēklām. Tie ietverti vairāk vai mazāk sulīgā un miltainā augļu papildapvalkā, kas izveido riekstiņu kopaugli. Vairākas rožu sugas Latvijā sastopamas savvaļā. Biežāk sastop *pakalnu rozi* un *rudo rozi*. Daudz retākas sugas ir *mīkstā roze*, *ābolu roze*, *smaržlapu roze* u. c. Pasaulē pavisam pazīstamas ap 20 000 rožu šķirņu, kas izveidotas, krustojot simtlapu rozi ar Ķīnas rozi, muskusa rozi, daudzziedu rozi u. c. Audzējot jaunas rožu šķirnes, selekcionāri izmanto rožu putekšlapu spēju pāraugt vainaglapās un tādējādi izveidot ļoti skaistus ziedus. Rožu šķirnes iedala vairākās grupās: *floribundrozes*, *parka rozes*, *tējhibridu rozes*, *stigmatājas rozes* u. c. Rožu kultūra ir ļoti sena — tās sākumi meklējami Senajā Persijā un Senajā Ķīnā. No rožu vainaglapām pārtvaicēšanas vai ekstrakcijas ceļā iegūst rožu eļļu, ko izmanto parfimērijā un konditorejā.

Cilvēkam ļoti nozīmīgas ir ābeles un bumbieres. Šodien ābeles ir galvenais ziemeļu puslodes augļu koks. Pie ābeļu ģints pieskaita vairāk nekā 30 savvaļas sugu un vairāk nekā 20 kultūrā sastopamo sugu. Cilvēka izveidoto mājas ābeļu šķirņu skaits pārsniedz 10 000.

Bumbieru ģints ar 60 sugām izplatīta Āzijā, Eiropā un Ziemeļamerikā. No meža bumbieres cilvēks izveidojis ap 5000 kultivēto šķirņu.

Ābeļu un bumbieru ziedi atrodas vairogveida ziedkopās. Ziediem ir divkāršs 5 locekļu apziednis. Putekšlapu daudz. Augļi — saaugusi no 2—5 augļlapām. Ābeļu un bumbieru augļa — ābola — ārējās sulīgās daļas izveidojas, ziedpamatnei apaugot augli.

Plaši pazīstami kultūraugi ir arī plūmes un ķirši. Dienvidu apgabalos audzē persikus un aprikozes. Latvijā plašus pētījumus par persiku un aprikožu audzēšanu veica ilggadējais LU

Botāniskā dārza selekcionārs V. Vārna, kurš izaudzējis arī mūsu apstākļiem perspektīvas persiku un aprikožu šķirnes.

Kā dekoratīvus kokus un krūmus pie mums audzē vilkābeles. Vairākas vilkābeļu sugas sastopamas arī savvaļā, piemēram, *līkkausa vilkābele*.

Mežos un krūmajos aug *parastais pīlādzis* un *parastā ieva*. No Ziemeļamerikas floras kā dekoratīvs, bet it īpaši kā jauns augļukoks ievesta *melnaugļu aronija*, kā arī vietumis kultivētā *vārpainā korinte*, kas daudzās vietās pārgājusi savvaļā.

Pie rožu dzimtas pieder arī tādi pazīstami ogulāji kā *avenes*, *lācenes*, *kazenes*. Plaši izplatītas *zemenes*. Kultivētā dārza zemene izveidota, krustojot Amerikā sastopamās Čīles un Virdžīnijas *zemenes*. Mežu izcirtumos, saulainās nogāzēs aug *meža zemenes*, bet sausos uzkalniņos ar kaļķainu augsni — *spradzenes*.

Pie rožu dzimtas pieder daudzi ārstniecības augi — *parastā vīgrīze*, *ārstniecības ancītis*, *stāvais retējs*, *parastais rasaskrēslis*, *savvaļas rozes*, *vilkābeles* u. c. Daudzi šīs dzimtas augi bieži sastopami pļavās, mežos un pat pagalmos un ceļmalās, piemēram, dažādās retēju sugas, bitenes u. c.

No rožu dzimtas augiem Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstītas *krūmu čuža*, *zviēdru pīlādzis*, *melnaugļu klintene*, *mazā zaļvālte*, *tūbainā roze*, *mežābele* un *savvaļas bumbiere*.

### Tauriņziežu dzimta

Pie tauriņziežu dzimtas pieder galvenokārt lakstaugi, retāk — koki un krūmi ar spirāliski sakārtotām lapām. Lapas biežāk staraini vai plūksnaini saliktas, ar pielapēm.

Daudzi dzimtas lakstaugi ir ar ložņu, pacilu, vijīgu vai kāpelējošu stublāju. Ziedi ķekaros vai galviņās, tauriņveida. Kauss zaļš, sastāv no 5 saaugušām kauslapām. Vainaglapas 5: augšējo lielāko sauc par *karogu*, 2 vidējās malējās veido buras, bet 2 apakšējās saaugušas *laiviņā*. Putekšņlapas 10, to kātiņi savstarpēji saauguši vai arī 9 putekšņlapu kātiņi saauguši, bet 10. putekšņlapa — brīva. Ir 1 augļlapa, auglis — pāksts ar vienu vai vairākām seklām, atveras ar 2 vārsnēm.

Dzimtā vairāk par 12000 sugu, kas izplatītas zemeslodes tropu, subtropu, mērenā un aukstā klimata joslās. Tajā daudzas saimnieciski nozīmīgas gan kultūraugu, gan savvaļas augu sugas. No kultūraugiem jāmin *āboliņi*, *zirņi*, *pupiņas*, *soja* u. c.

Āboliņu ģinti ir ap 300 sugu, no kurām Latvijā savvaļā aug 12 sugas. Gan dabiskajos, gan kultivētajos zālajos liela nozīme ir *sarkanajam āboliņam*. Kultivē arī *bastarda āboliņu*. Ļoti bieži pagalmos, norās un tīrumos aug *baltais āboliņš*. Praktiski visas āboliņu sugas ir nozīmīgas kā vērtīgi lopbarības augi.

Zirņi kultivēti jau ļoti sen — pirms 5000 gadiem. *Sējas zirņu* izcelšanās nav noskaidrota, jo savvaļā tie nav atrasti.



Pupas kultivē samērā plaši. Tās arī ir sens kultūraugs, kas izplatījies no Vidusjūras zemēm, Ķīnas un Japānas. Pupas izmanto gan cilvēka uzturā, gan arī lopbarībā (*dārza pupas, lauka pupas*).

Pupiņu savvaļas sugas (apmēram 200) izplatītas tropu joslās. Parastās pupiņas cēlušās no Dienvidamerikas. Tām pazīstamas 2 varietātes: ar vijīgu stublāju — *kāršu pupiņas* un ar zemu, stāvu stublāju — *krūmu pupiņas*.

Soļu ģinti pazīstamas apmēram 15 sugas, kas izplatītas Āzijā, Āfrikā, Austrālijā. Pasaulē, it īpaši Austrumāzijā, plaši kultivē *sarmataino soļu*, kuras sēklas satur līdz 36% olbaltumvielu un līdz 25% eļļas. Tās izmanto vairāk nekā 100 dažādu pārtikas produktu un ēdienu gatavošanā.

Pie tauriņziežu dzimtas pieder arī daudzi savvaļas lakstaugi, kuri ļoti nozīmīgi dabiskajos zālajos: *plāvas dedestīņa, baltais cefamoliņš, viķi* u. c.

Jāmin arī introducētie dekoratīvie tauriņziežu dzimtas augi, piemēram, *baltā robīnija*, kuru nepareizi dēvē par balto akāciju, *kokeida karagana*, kuru nepareizi sauc par dzelteno akāciju, *zeltalietus, lupinas, puķuzirņi* u. c.

No tauriņziežu dzimtas augiem Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstīta *mainīgā vainadzīte, zemeņu āboliņš, smiltāju esparsete un jūrmalas dedestīņa*.

## Nakteņu dzimta

Pie nakteņu dzimtas pieder lakstaugi, puskrūmi, krūmi vai nelieli koki ar stāvu vai ložņājošu stumbru. Lapas spirāliski sakārtotas, vienkāršas, šķeltas vai dalītas. Ziedi pa vienam vai cimozās ziedkopās, divdzimumu. Kauss parasti saaudzis, piecdaļīgs, vainags arī saaudzis, piecdaivains. Putekšņlapas 5, augļlapas 2. Sēklotne augšēja. Auglis — oga vai pogaļa. Dzimtā ap 2300 sugu, kas izplatītas tropu, subtropu un mērenajās joslās, galvenokārt Dienvidamerikā.

Nakteņu dzimtai ir ļoti liela praktiska nozīme. Pie tās pieder kartupeļu un nakteņu ģints, kuras sugu skaits pārsniedz 1500. Tie galvenokārt ir tropu augi ar izplatības centru Dienvidamerikā. Šodien ir pazīstamas vairāk nekā 200 ģints sugas, kurām zemē veidojas bumbuļi. No šīm sugām izpētīta ir tikai neliela daļa. Mums pazīstamais kartupelis ir nozīmīgs pārtikas augs. Spānijā un Vīnes botāniskajā dārzā tas ievests 1565. gadā. No turienes vēlāk nonācis Holandē un Vācijā. Latvijā kartupeļi ievesti 1673. gadā no Hamburgas. No 1850. gada audzēti lielākās platībās. Pašreiz pasaulē pazīstamas ap 2000 kartupeļu šķirnes.

Plaši izplatīts kultūraugs ir tomāti, kuri Eiropā ievesti 1554. gadā, bet Krievijā parādījušies 1780. gadā. Tomātus ilgu laiku audzēja kā dekoratīvus augus. Latvijā uzturā tos sāka lietot tikai pirms 50—60 gadiem.

Pie nakteņu dzimtas pieder dienvīdu apgabalos plaši kultivētā paprika. Šajā dzimtā ietilpst arī indīgi augi, piemēram, *dzeloņainais velnābols*, *melnā drīgene* un *tabaka*.

No Latvijā biežāk sastopamiem nakteņu dzimtas savvaļas augiem jāmin *bebrukārklīšs* un *melnā naktene*.

### Kurvjziežu dzimta

Pie kurvjziežu dzimtas pieder gan viengadīgi, gan daudzgadīgi lakstaugi, retāk — puskrūmi, krūmi vai nelieli koki ar veselām vai dalītām spirāliski sakārtotām lapām. Ziedi sakopoti galviņās vai kurvišos, kurus ietver augšlapu veidots vīkals. Šādas ziedkopas bieži grupējas vairogos, skarās un čemuros. Atsevišķu ziedu kauss piecdaļīgs, reducēts un pārveidots par matkausu, kas izveido lidierices augļu un sēklu izplatīšanai. Ziedu vainags arī piecdaļīgs, kārtns vai nekārtns. Putekšņlapas 5, saaugot veido stobriņu, retāk putekšņlapas brīvas. Ziedā 2 augļlapas. Augļi — sēkleņi. Kurvjziežu dzimtas augiem izšķir 4 dažādus ziedu tipus: *stobrziedus*, *neistos mēlziedus*, *piltuvziedus* un *mēlziedus*.

Stobrziedi ir kārtņi divdzimumu ziedi. Tie atrodas saulgriežu, pīpeņu, kumelišu un citu dzimtas augu ziedkopu vidusdaļā.

Neīstie mēlziedi ir izteikti nekārtņi viendzimuma ziedi vai nu bez putekšņlapām, vai arī sterili. Tādi ir saulgriežu, kumelišu, staģu un citu augu ziedkopu malējie ziedi.

Piltuvziedi ir nekārtņi, sterili ziedi, kas atrodas ziedkopas malā. Tipiski piltuvziedi izveidojas rudzupuķēm.

Mēlziedi ir nekārtņi divdzimuma ziedi, piemēram, ārstniecības pienenei, parastajam cigoriņam, mauragām u. c.

Kurvjziežu dzimta plaši izplatīta visos kontinentos. Tās sugas ir ļoti plastiskas un pielāgojušās dažādiem dzīves apstākļiem. No evolūcijas viedokļa tā ir augsti attīstīta dzimta, kurai liela praktiska nozīme un kuras sugas sastāda 10 % no visiem segsēkļiem. Pie kurvjziežu dzimtas pieder daudzi ārstniecības, dekoratīvie, pārtikas, eļļas un citi augi. Pie mums pavasara augu florā plaši sastopama *ārstniecības pienene*. Ārstniecības augi ir arī *vērmele*, *dzeltenā kaķpēdiņa*, *dumbrāju kaķpēdiņa*, *parastais pelašķis*, *ārstniecības kumelīte* u. c. Cigoriņu kafiju gatavo no *parastā cigoriņa* saknēm. Pārtikā plaši izmanto kultivēto salātu lapas, bet *vasaras saulgrieze* ir pazīstama kā eļļas augs. *Topinambūru* audzē kā lopbarības augu.

Taču ļoti daudzas kurvjziežu dzimtas sugas ir pazīstamas kā dekoratīvi augi: asteres, ziemasteres, dālijas, klišķerītes, cinnijas, krizantēmas u. c.

Pie dzimtas pieder arī daudzas nezāles, piemēram, mālļepene, tiruma usne, dadži, nesmaržīgā suņkumelīte, mīkstpienes u. c.



Latvijas Sarkanajā grāmatā no graudzāļu dzimtas augiem ierakstīts *Eiropas kāpumiezis*, kuram līdz šim zināmas atradnes tikai Slīteres Valsts rezervātā.

## VIENDĪGLAPJU KLAŠE

### Liliju dzimta

Pie liliju dzimtas pieder daudzgadīgi *lakstaugi* ar daudzveidīgiem pazemes orgāniem — sakneņiem, bumbuļsīpoliem, sīpoliem. Lapas novietotas rozetē vai arī uz stublāja, veselas, biežāk šauras, ar lokveida dzislojumu. Ziedi parasti kārtņi, reti nekārtņi, ar vienkāršu, krāsainu vainagveida apziedni, kuru veido 6 lapas. Putekšņlapas 6, augšējā sēklotnē 3 augļlapas. Auglis — pogaļa vai oga.

Dzimtā vairāk nekā 2500 sugu, kas izplatītas visdažādākajos zemeslodes rajonos. Daudzas sugas ir dekoratīvi, ārstniecības un pārtikas augi. No dekoratīviem liliju dzimtas augiem plaši pazīstamas lilijas. Apmēram 100 liliju sugas izplatītas ziemeļu puslodes mērenā klimata meža zonā. Kultūrā plaši sastopamas *baltās lilijas* (no Priekšāzijas) un *karaliskās lilijas* (no Ķīnas) dažādas šķirnes.

Tulpju ģintī pazīstamas 140 sugas un kultūrā — apmēram 8000 šķirņu. Pavasarī dārzos zied *zilsniedzītes* un *muskares*. Istabās kā dekoratīvu augu un arī ārstniecības augu audzē *kokveida alveju*. No ārstniecības un dekoratīvajiem augiem mežos bieži sastopama *ārstniecības mugurene* un *parastā kreimene*. No citiem dzimtas savvaļas augiem mežu florā bieži atrodama *divlapu žagatiņa*, *četrlapu čuskoga* ar indīgām zilganmelniem ogām un arī agri pavasarī ziedošās *zeltstarītes*.

No liliju dzimtas Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstīta *martagonlilija*, *rūtainā fritillārija*, *ārkausa tofielidija*, *meža tulpe* un *mieturu mugurene*.

Sīpoli, kurus agrāk pieskaitīja pie liliju dzimtas, tagad izdalīti atsevišķā sīpolu dzimtā.

### Graudzāļu dzimta

Pie graudzāļu dzimtas pieder daudzgadīgi, retāk — viengadīgi vai divgadīgi *lakstaugi* un ļoti reti — *kokaugi* (bambusi). Graudzāļu pazemes orgāni ir bārksu saknes un sakneņi. Sakneņi kalpo arī par veģetatīvās vairošanās orgānu. Graudzāļu stumbri ir dobi, ar mezgliem posmos. Tādus stumbrus sauc par *stiebriem*. Graudzāļu lapām izšķir *maksti*, kas aptver un aizsargā stiebra posmus, un *lineāru lapas plātni* ar lineāru dzislojumu. Vietā, kur lapas maksts pāriet lapas plātnē, atrodas plēvveida izaugums — *lapas mēlīte* vai arī *matiņu pušķis*, piemēram, niedrēm.

Ziedi divdzimumu, retāk viendzimuma, sakopoti vārpiņās, kuras veido saliktas ziedkopas. Vārpiņa sastāv no ass, uz kuras novietotās apakšējās (parasti 2) seglapas, ko sauc par *vārpiņu plēksnēm*. Zemāk novietoto plēksni sauc par *apakšējo* jeb *ārējo*, bet augstāk novietoto — par *augšējo* jeb *iekšējo vārpiņas plēksni*. Tās ietver vienu vai vairākus ziedus. Savukārt katru ziedu ietver *zieda plēksnes*. Līdzīgi vārpiņas plēksnēm izšķir *ārējo* un *iekšējo zieda plēksni*. Virs augšējās zieda plēksnes ir 2, retāk — 3 *zieda plēvītes*, kuras ziedēšanas laikā uzbriest un atver ziedu, atbīdot plēksnes. Virs šīm plēvītēm parasti novietotas 3 putekšņlapas, un tālāk divdzimumu ziedos — 2 augļlapas, kas veido auglenci. Ziedkopas ir ļoti dažādas — saliktas vārpas, neistas vārpas, skaras, ķekari. Apputekšanās notiek ar vēja starpniecību — anemofilija. Augļi — graudi, retāk riekstiņi, kaulēni vai ogas.

Pie graudzāļu dzimtas pieskaita 8000—10 000 sugu, kurām milzīga nozīme gan kā labības augiem, gan kā augiem, kuri veido pļavu un ganību galveno zāles masu, kā arī ir plaši sastopami dabiskajā veģetācijā. Graudzāles izplatītas visos pasaules kontinentos — no polārajiem apgabaliem līdz ekvatoram.

Jau pirms 5000 gadiem Ķīnā un Indijā kultivēts rīss. Plaši kultivēti ir kvieši. Savvaļā pazīstamas vairāk nekā 20 kviešu sugas. Šodien kultūrā audzē 2 kviešu sugas — *mīksto kviešu* un *cietos kviešu*.

No labības augiem jāatzīmē vēl *sējas rudzi*, *mieži*, *auzas* un mazāk pazīstamie — *sorgo*, *parastā prosa*.

Zaļmasas un graudu ieguvei audzē kukurūzu. Pazīstams tropu kultūraugs ir cukurniedres, kuru stiebru parenhīma satur 14—18% cukura.

Pļavu un ganību augi ir pļavas auzene, pļavas timotiņš, parastā kamolzāle u. c.

Latvijas Sarkanajā grāmatā no kurvjziežu dzimtas augiem ierakstīta *jūrmalas miķelīte*, *Sibīrijas mēlziede*, *Alpu rūgtlape*, *krāsu zeltlape*, *skarainā dzelzene*.

## AUGU VALSTS ATTĪSTĪBA UZ ZEMES

Aplūkojot augu valsts attīstību uz Zemes, galveno uzmanību veltīsim dažādo augu valsts nodalījumu evolūcijai. Tradicionāli minēsim arī datus par prokariotu un sēņu attīstību.

Pirmās dzīvās šūnas un līdz ar to pirmie dzīvie organismi attīstījās ūdenī pirmatnējā okeānā. Tās bija prokariotiskās šūnas un pirmie prokariotiskie organismi, no kuriem šodien pazīstam baktērijas un zilaļģes. Par to liecina atradumi arheja nogulās, kur iežos, kas vecāki par 3 miljardiem gadu, atrastas baktērijām un zilaļģēm līdzīgu organismu atliekas. Par baktēriju un aļģu laiku metu sauc proterozoju, t. i., laika posmu apmēram pirms 0,6—1,1 miljardiem gadu. Aļģu masveida savairošanās rezultātā izveidojās



lieli nogulumiežu slāņi. Zilaļģes bija pirmie autotrofie fotosintēzējošie organismi uz Zemes. To darbības rezultātā Zemes atmosfēra, kas līdz tam sastāvēja no metāna, amonjaka un oglekļa dioksīda, apmēram pirms 2 miljardiem gadu bagātinājās ar skābekli. Atmosfērā radās arī ozons, kurš līdz pat šodienai pasargā Zemes dzīvos organismus no kaitīgā kosmiskā ultravioletā starojuma.

Pirmās sēnes parādījās apmēram pirms 1 miljarda gadu, kā to liecina atradumi Austrālijā arheja slāņos. Turpat atrastas arī zaļāļģu atliekas. Līdzīga veida jaunāki atradumi (apm. 850 miljonus gadu veci) konstatēti Jakutijā.

Paleozoja sākumā (pirms 570 miljoniem gadu) uz Zemes bija izveidojušies apstākļi, kas deva iespēju tālākai straujai augu un dzīvnieku valsts attīstībai. Tā paleozoja attīstījās aļģes, kuras atstājušas milzīgos nogulumus zemūdens klinšu un rifu veidā. Tās bijušas sārtaļģes un zaļāļģes. Zaļāļģes devušas sākumu gan citām aļģēm, gan arī, pēc pašreiz pastāvošā uzskata, augstākajiem augiem. Tālākajā zaļāļģu evolūcijas gaitā izveidojās arī sauszemes augstākie augi.

No augstākajiem augiem primitīvākie ir sūnaugi. Tie cēlušies ļoti sen, kā domā, no zaļāļģēm, taču nekādas starpformas nav saglabājušās. Vecākās sūnaugu atliekas ir no devona perioda. Sūnaugu sporām līdzīgas sporas atrastas jau kembrija perioda nogulās.

Pirmie sauszemes augi bija psilofīti, kuri savairojās silūrā. Tie bija lakstaugi vai arī krūmveida augi. Daži no tiem auga uz sauszemes, bet vairums — purvos, un tiem bija raksturīgs amfībisks dzīvesveids. To fosilās atliekas atrastas visos kontinentos. Psilofīti bija tā augu grupa, no kuras vēlāk attīstījās paparžaugi visā savā daudzveidībā. Tādējādi paparžaugu attīstības sākumi meklējami pirms apmēram 450 miljoniem gadu, taču savas attīstības kulmināciju tie sasniedza akmeņogļu un perma periodos, pirms 200—300 miljoniem gadu, kad izveidojās krāšņā dažādo kokveida paparžaugu — paparžu, staipekņu un kosu flora. Atsevišķos gadījumos tie bija koki, kas bieži sasniedza 30 m augstumu un 2 m apkārtmēru. Tas bija neparasts, purvainš, ūdeņiem bagāts mežs, kurā vēl neskanēja putnu dziesmas, bet lidinājās lieli kukaiņi un pa zemi staigāja zirnekļi un skorpioni.

Bieži bija lietus, upes un ezeri pārplūda, un šajos plūdus gāja bojā krāšņie meži. Dažādu paparžaugu stumbri iegāzās ūdenī, tos pārklāja dūņas un smiltis. Anaerobos apstākļos šo stumbru koksne nesapuva, bet sablīvējās un daudzu miljonu gadu laikā pārakmeņojās — pārvērtās akmeņogļēs.

Vecākās sēklaugu atliekas atrastas augšējās devona nogulās. Akmeņogļu periodā parādījās kailsēkļi. Par šo augu ziedu laikiem kļuva perma periods. Segsēkļu vecākās atliekas zināmas no juras perioda — tas liecina, ka šie augi eksistējuši jau pirms 150 miljoniem gadu. No tā laika notikusi strauja segsēkļu evolūcija, kas

lielā mērā saistīta ar dzīvnieku valsts, it īpaši kukaiņu-apputeksnētāju evolūciju un turpinās arī tagad.

Cilvēks savā darbībā izmanto ļoti daudzas augu sugas. Daļu no tām cilvēks pārveidojis un pielāgojis labākai savu vajadzību apmierināšanai. Tā cēlušies kultūraugi. Pavisam pazīstamas ap 20 000 kultūraugu sugas, kurām zināmas ļoti daudzas šķirnes. Tā, piemēram, ābeļām zināmas ap 10 000, rozēm — 25 000, kviešiem — vairāk nekā 4000 šķirņu utt.

## AUGU KOPAS

Augu sugas dabā nav sastopamas atsevišķi, izolēti, bet noteiktās grupās. Šādas grupas apzīmē par *augu kopām* jeb *fitocenozēm*. Fitocenoze ir augu sugu populāciju kopa, kuru saista vides apstākļi un savstarpējās attiecības vairāk vai mazāk viendabīgas teritorijas robežās. Šīs attiecības ir dinamiskas, turpina attīstīties un mainīties ilgstošā vēsturiskās attīstības gaitā, dabiskajā izlasē un ciņā par eksistenci.

Kā izveidojas fitocenoze? Ar augiem neaizņemtā teritorijā parādās atsevišķu sugu augi, kuri savstarpēji nav saistīti. Pamazām, šai teritorijai aizaugot, notiek augu satuvināšanās. Par fitocenozes rašanās brīdi pieņemts uzskatīt to momentu, kad augi saskaras ar savām pazemes daļām. Tālākā attīstības gaitā notiek *sugu atlase*. Piemērotākās augu sugas saglabājas, pārējās izzūd. Tādējādi izveidojas noteikta sastāva fitocenoze.

Parasti, runājot par fitocenozēm, tajās ietver tikai sēkļaugus un paparžaugus. Taču tajās atrodas arī sūnaugi un dažādi zemākie augi (aļģes, ķērpji), kā arī baktērijas un sēnes. Fitocenozēs sastopami arī dzīvnieki (gan bezmugurkaulnieki, gan mugurkaulnieki), kam ar augiem veidojas sarežģītas savstarpējās attiecības. Šādas organismu kopas apzīmē par biocenozēm.

Fitocenozes var būt pavisam nelielas un aizņemt tikai dažus kvadrātmetrus (neliela diķa fitocenoze), bet tās var aizņemt arī desmitiem un simtiem hektāru. Mums ir pazīstamas tādas fitocenozes kā mežs, pļava, purvs. Zinām arī, ka ir dažādi meži (skuju, lapu koku, jaukti meži, priežu, egļu, bērzu utt.), ir dažādi purvi (sūnu, zāļu, pārejas) un ir dažādas pļavas (palieņu, sausieņu, zemieņu pļavas).

Fitocenozes veido ne tikai savvaļas, bet arī kultūraugi, kurus cilvēks audzē laukos, dārzos, parkos un citur. Tās ir mākslīgas fitocenozes, kuras nespēj eksistēt bez cilvēka atbalsta un palīdzības.

Viena no fitocenožu iezīmēm ir *stāvojums*. Izšķir *virszemes* un *apakšzemes stāvojumu*. Mežā redzam vairākus stāvus, kas sastāv no augiem, kuri atšķiras pēc savām dzīvības formām. Augstākais ir koku stāvs. Tajā ietilpst koki, kuru vainagi paceļas pāri citiem augiem. To dažkārt dala pirmā un otrā lieluma koku stāvā. Zemāk



ir pamežs, kuru izveido krūmi un nelieli koki. Dzīvo zemsegu veido lakstaugu stāvs, kurā aug sēklaugi un paparžaugi, kā arī puskrūmi un sīkkrūmi. Pēdējais ir sūnu-ķērpju stāvs. Jauno kociņu kopums, kurš pēc sava augstuma atrodas mežaudzes apakšējos stāvos un nav sasniedzis kokaudzes augstākos stāvus, veido *paaugu*.

Bez augiem, kas izvietojas stāvos, jāatzīmē arī t. s. *starpstāvu augi* — alģes, ķērpji, kas sastopami kā virsaudži jeb epifīti uz koku stumbriem un zariem, un liānas, piemēram, parastais apīnis.

Šāds stāvojums ir uzskatāms kā asimilējošo virszemes orgānu pielāgošanās labākiem apgaismojuma apstākļiem un Saules starojuma maksimālai izmantošanai. Tas nozīmē, ka dažādos stāvos atrodas augi, kuriem atšķirīgas prasības pēc gaismas, ēncietība.

Līdzīgs stāvojums redzams arī pļāvās, kur aug lakstaugi, piemēram, pļavās t. s. virszāles ir lačauzas, auzenes, sarkanais āboliņš, bet apakšzāles — smilgas, parastā smaržzāle, baltais āboliņš u. c.

Dažādu sugu augu saknes iekļūst un izvietojas augsnē dažādā dziļumā. Tādējādi izveidojas *pazemes orgānu stāvojums*. Graudzāļu saknes galvenokārt izvietojas augsnes virsējos, bet tauriņziežu saknes — augsnes dziļākos slāņos.

Fitocenozēm raksturīgas arī *sezonālas izmaiņas*, kas uzskatāmi parādās aspektu maiņā. Pavasaros pļāvās dominē dzeltenā ziedu krāsa (purenes, gundegas, gaiļbiksītes), vēlāk to nomaina gan rožaina (spulgnaglenes), gan balta (pīpenes), zila (pulkstenītes) un zilgansārta (vilkmēles) krāsa. Šīs krāsas parasti izvietojas mozaīkveidīgi, aizņemot mazākus un lielākus laukumus. Tas viss liecina par nepārtrauktām fenoloģiskajām un bioloģiskajām izmaiņām, kas notiek pļavu veģetācijā.

## 4. ZOOLOĢIJA

---

### ZOOLOĢIJA UN TĀS IEDALĪJUMS

**Zoologija** ir bioloģijas nozare, kas pēta dzīvniekus. Mūsdienā zooloģija būtībā ir zinātņu komplekss. Dzīvnieku makroskopisko uzbūvi pēta *anatomijs*, audu mikroskopisko struktūru — *histoloģija*, šūnu uzbūvi un funkcijas — *citoloģija*, organisma funkcijas — *fizioloģija*, iedzimtību — *ģenētika*, dzīvnieku un vides mijiedarbību — *ekoloģija* (attiecībā uz sauszemes dzīvniekiem), *hidrobioloģija* (attiecībā uz ūdensdzīvniekiem) un *parazitoloģija* (attiecībā uz parazītiem), dīgļa attīstību olā vai mātes organismā — *embrioloģija*, uzvedību — *etoloģija*. Dzīvnieku sastāvu noteiktā teritorijā pēta *faunistika*, izplatību uz zemeslodes — *zooģeogrāfija*, izmirušos dzīvniekus un agrāko ģeoloģisko laikmetu faunas — *paleontoloģija*. Viena no vecākajām zooloģijas kompleksa zinātnēm ir *sistemātika* jeb *taksonomija*. Izmantodama iepriekš minēto zinātņu, kā arī bioloģijas materiālus, taksonomija veido priekšstatu par vienotu dzīvnieku valsts sistēmu.

Zooloģijas zinātnes iedala vēl arī pēc nozīmīgākajām dzīvnieku grupām: zīdītājus pēta *mamoloģija* jeb *terioloģija*, putnus — *ornitoloģija*, rāpuļus un abiniekus — *herpetoloģija*, zivis un apaimutniekus — *ihtioloģija*, kukaiņus — *entomoloģija*, zirneklus — *arahnoloģija*, gliemjus — *malakoloģija*, parazītiskos tārpus — *helmintoloģija*, viensūņus — *protozooloģija*.

### DZĪVNIEKU DAUDZVEIDĪBA

Dzīvnieku daudzveidība ir milzīga. To raksturo jau *sugu skaits* — vismaz 2 miljoni. Taču sugu reti ir viendabīga (monotipiska) visā izplatības apgabalā jeb areālā. Parasti tā sadalās *pasugās*. Atšķirības starp pasugām dažkārt ir tik lielas, ka grūti noteikt, vai tās ir pasugas vai sugas līmenī. Tāpēc arī, minot sugu skaitu ģintī, bieži vien doti divi skaitļi. Klaidoņpeļu ģintī, piemēram, ir 5—7 sugas.

Daudziem dzīvniekiem sugas ietvaros novērojams dimorfisms vai polimorfisms. Dimorfisms ir divu atšķirīgu formu, bet



polimorfisms — vairāku atšķirīgu formu pastāvēšana vienā sugā. Atzīmēsim dzimumu, vecumu, paaudžu, sezonu un koloniju dimorfismu, respektīvi, polimorfismu.

Visplašāk izplatīts *dzimumu dimorfisms*, ko raksturo atšķirīgas ārējās pazīmes (lielums, forma, krāsa u. c.) starp tēviņiem un mātītēm. Dzimumu dimorfisms izveidojas sakarā ar vairošanās bioloģiju (pielāgojumi pretējā dzimuma atrašanai, tā uzmanības piesaistišanai, apaugļošanās norisei u. c.), rūpēm par pēcnācējiem (aizsargkrāsa tam no vecākiem, kurš perē mazuļus), kā arī konkurences samazināšanai sugas ietvaros (virpotāju pundurtēviņi barību neuzņem, dzīvo tikai dažas stundas, kamēr atrod un apaugļo mātīti). Atšķirības starp abiem dzimumiem dažkārt ir tik lielas, ka tie aprakstīti kā divas patstāvīgas sugas.

*Vecumu dimorfisms* vai *polimorfisms* izveidojies dzīvniekiem, kuri attīstās ar pārvēršanos — vienu vai vairākām kāpuru stadijām. Šajos gadījumos kāpuri var atšķirties no pieaugušām formām pēc ārējā izskata, dzīvesveida, barošanās, sugas labā veicamās funkcijas. Piemēram, daudziem jūrās dzīvojošiem daudzstartāriem un gliemjiem kāpuri ir mikroskopiski sīki, planktoniski, un to pamatuzdevums ir izplatīšanās, piemērotas dzīvesvietas atrašana turpmākajai attīstības fāzei. Pieaugušie gliemji un daudzstartāri sasniedz vismaz vairāku centimetru garumu, dzīvo uz gultnes un pilda savas pamatfunkcijas — intensīvi barojas un vairojas. Daudz vecumu polimorfisma piemēru var atrast kukaiņu klasē, īpaši tiem kukaiņiem, kuri attīstās ar pilnu pārvēršanos (divspārņiem, tauriņiem, plēvspārņiem u. c.).

*Paaudžu dimorfisms* vai *polimorfisms* labi izteikts dzīvniekiem, kuriem gada laikā ir vairākas paaudzes: laputīm, lapkājvēžiem, virpotājiem, scifozojiem u. c. Morfoloģiskās atšķirības (lielums, ķermeņa forma, dzelkņu garums u. c.) starp dažādām paaudzēm ir tik lielas, ka dažkārt tās tiek aprakstītas kā patstāvīgas sugas. Tā no gandrīz 200 bosmini (lapkājvēžu) ģints sugām pēc to dzīves ciklu izpētišanas ir palikušas pāri tikai dažas.

*Sezonu dimorfismu* raksturo pielāgošanās vides fonam sezonāli atšķirīgos klimata apstākļos (sniegotai vai bezsniega sezonai). Tas labi izteikts tundras dzīvniekiem (baltais zaķis ziemā balts, vasarā pelēks).

*Koloniālais dimorfisms* vai *polimorfisms* izveidojies dažādu plēvspārņu, (skudru, bišu), termītu un hidrozoju kolonijās. Tajās reti visi īpatņi ir vienādi un veic vienādus uzdevumus. Evolūcijas gaitā notikusi to funkciju specializēšanās un morfoloģiska diferencēšanās. Daļa īpatņu nodrošina koloniju ar barību, citi to aizsargā, vēl citi rada pēcnācējus.

Dimorfisma un polimorfisma jēga ir konkurences samazināšana sugas īpatņu starpā, labāka barības sagāde, efektīvāka īpatņu skaita palielināšana u. c., taču zoologiem dimorfisms un polimorfisms sagādā papildu grūtības, jo raibo dzīvnieku valsts sastāvu padara vēl daudzkārt raibāku.

## DZĪVNIIEKU SISTEMĀTIKA

Dzīvnieku sadalīšana grupās palīdz orientēties milzīgajā dzīvnieku formu daudzveidībā. Klasifikācijas principi var būt dažādi. Dzīvniekus var grupēt pēc morfoloģiskām vai citām pazīmēm, nepētot to radniecību. Tā to darīja Aristotelis (IV gs. pirms mūsu ēras) un K. Linnejs (XVIII gs.). Šāda tipa sistēmas sauc par *mākslīgām*. To pretstats ir *dabiskā sistēma*, kuras pamatā ir dzīvnieku radniecīgās saites un izcelsmes kopīgums. Dabiskās sistēmas izveidošanā nepietiek tikai ar recento (tagad dzīvojošo dzīvnieku) morfoloģiskajām pazīmēm, salīdzinošās anatomijas un embrioloģijas, ekoloģijas, etoloģijas un ģenētikas datiem, bet jāizmanto arī paleontoloģija un skaitļošanas tehnika. Dabiskā sistēma var būt tikai viena. Tā nav līdz galam izveidota, un daudzām dzīvnieku grupām vieta sistēmā vēl nav stabila.

Sistemātikas pamatvienība ir suga. Vienā sugā apvieno dzīvniekus, kuri viens no otra atšķiras ne vairāk kā vecāki no bērniem, savstarpēji brīvi krustojas un dod auglīgus pēcnācējus. Pēc K. Linneja ieteikuma, sugas starptautisko zinātnisko nosaukumu veido divi latīņu vai kādas citas valodas vārdi, kas pakļauti latīņu grammatikas likumiem. Piemēram, medus bitei tas ir *Apis mellifera*, kur pirmais vārds apzīmē ģinti, bet otrs — sugu. Sugas zinātniskajam nosaukumam latviešu valodā tas ir otrādi — ģints nosaukumu novieto aiz sugas epiteta. Atcerēsimies vēl to, ka starptautiskajā zinātniskajā nomenklatūrā ģints vienmēr rakstāma ar lielo sākuma burtu, bet sugas apzīmētājs — ar mazo. Latviešu nosaukumā abi vārdi rakstāmi ar mazo burtu. Radniecīgās sugas apvieno ģintīs, ģintis — dzimtās, dzimtas — kārtās, kārtas — klasēs, klases — tipos. Bez šiem pamattaksoniem, tāpat kā botānikā, ir vēl papildtaksoni — *pasuga*, *apakšģints*, *apakšdzimtas*, *virsdzimtas* u. c.

Dzīvnieku sadalījums augstākajos taksonos nav vēl stabils. Nākot klāt jauniem, padziļinātiem pētījumiem, nereti nākas saskaldīt līdzšinējos tipus un klases, pārvietot tos kādā citā grupā u. tml. Tā viensūņus tagad uzskata par apakšvalsti, kurā izšķir vairākus patstāvīgus tipus. Ar terminu «zivis» tagad apzīmē virsklasi, kurā ietilpst skrimšzivju un kaulzivju klases.

Patlaban plašāk lietotā dzīvnieku klasifikācija parādīta 5. tabulā.

5. tabula

Dzīvnieku valsts apakšvalstis, tipi un klases\*

| Tipi               | Klases                                                                                  | Sugu skaits    |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1                  | 2                                                                                       | 3              |
| 1. Sarkodinvicaiņi | <b>Viensūņu apakšvalsts</b><br>1. Sarkodinas (amēbas)<br>2. Vicaiņi (eiglēna, volvokss) | 11 000<br>8000 |



| 1                   | 2                                            | 3                  |
|---------------------|----------------------------------------------|--------------------|
| 2. Sporaiņi         | 1. Gregarinas                                |                    |
|                     | 2. Kokcidijas (malārijas plazmodiji)         | 1340               |
| 3. Dzelšporaiņi     | 1. Glotšporaiņi                              | 1000               |
|                     | 2. Aktinomiksīdiji                           |                    |
| 4. Sīkšporaiņi      | Sīkšporaiņi                                  | 800                |
| 5. Skropštaiņi      | 1. Skropštaiņi (tupelite)                    | 7000               |
|                     | 2. Sūcējskropštaiņi                          |                    |
|                     | Parazoju apakšvalsts                         |                    |
| 6. Plakozoji        |                                              | 2                  |
| 7. Sūkļi            | 1. Kaļksūkļi                                 |                    |
|                     | 2. Stiklsūkļi                                | 5000               |
|                     | 3. Spongīnsūkļi                              |                    |
|                     | Daudzšūņu apakšvalsts                        |                    |
| 8. Zarndobumaiņi    | 1. Hidrozoji (hidra)                         | 2700               |
|                     | 2. Scifozoji (medūzas)                       | 200                |
|                     | 3. Koraļļi (aktīnijas, koraļļi)              | 6000               |
| 9. Ktenofori        | 1. Ktenofori                                 | 90                 |
| 10. Plakantārpi     | 1. Skropštīntārpi (planārija)                | 3000               |
|                     | 2. Trematodes jeb sūcējtārpi (aknu fasciola) | 4000               |
|                     | 3. Monogeneji                                | 2500               |
|                     | 4. Lentēni (vērsa lentenis)                  | 3500               |
|                     | 5. Cestodāriji                               | 8                  |
| 11. Nemertīntārpi   | 1. Nemertīni                                 | 750                |
| 12. Veltītārpi      | 1. Vēderskropštaiņi                          | 160                |
|                     | 2. Nematodes (cilvēka cērme)                 | Desmitiem tūkstošu |
|                     | 3. Virpotāji                                 | 1500               |
| 13. Kašgalvjūtārpi  | 1. Kašgalvjūti                               | 500                |
| 14. Snūkgalvjūtārpi | 1. Priāpuli                                  | 7                  |
|                     | 2. Matoņi                                    | 200                |
|                     | 3. Kinorīnhi                                 | 100                |
| 15. Gliemji         | 1. Brūngliemji                               | 1000               |
|                     | 2. Rievvēdergliemji                          | 150                |
|                     | 3. Divvākgliemji jeb gliemenes (bezzobe)     | 20 000             |
|                     | 4. Monoplakofori                             | 12                 |
|                     | 5. Gliemeži (diēgliemezis)                   | 108 000            |
|                     | 6. Lāpstkājgliemji                           | 300                |
|                     | 7. Galvkājgliemji                            | 700                |
| 16. Posmtārpi       | 1. Daudzsartārpi (nereīda)                   | 5300               |
|                     | 2. Mazsartārpi (sliēka)                      | 3400               |
|                     | 3. Dēles                                     | 400                |
|                     | 4. Ehiūri                                    | 150                |
|                     | 5. Sipunkuli                                 | 250                |
| 17. Onihofori       | 1. Pirmtraheāti                              | 70                 |
| 18. Posmkāji        | 1. Zobenastes                                | 5                  |
|                     | 2. Zirnekļi (zirnekļi, ērces)                | 40 000             |
|                     | 3. Jūraszirnekļi                             | 500                |
|                     | 4. Vēži (upesvėzis)                          | 20 000             |
|                     | 5. Daudzkāji                                 | 10 000             |
|                     | 6. Kukaiņi (ūdensvabole u.c.)                | 1 500 000          |
|                     | 7. Tārtigrādi                                | 180                |
|                     | 8. Mēleņi                                    | 70                 |

| 1                           | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3                                                                     |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 19. Vainagtaustek-<br>ļaiņi | 1. Foronīdi<br>2. Sūneņi<br>3. Pleckāji                                                                                                                                                                                                                                                  | 18<br>4000<br>280                                                     |
| 20. Pogonofori              | 1. Pogonofori                                                                                                                                                                                                                                                                            | 120                                                                   |
| 21. Saržokļaiņi             | 1. Saržokļaiņi                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50                                                                    |
| 22. Adatādaļņi              | 1. Jūraslilijas<br>2. Jūraszvaigznes<br>3. Ofiūras<br>4. Jūrasedži<br>5. Jūrasgurķi                                                                                                                                                                                                      | 620<br>1700<br>1500<br>800<br>600                                     |
| 23. Pushordaiņi             | 1. Zarnelpotāji<br>2. Spārnzauni                                                                                                                                                                                                                                                         | 100<br>17                                                             |
| 24. Hordaiņi                | 1. Apendikulārijas<br>2. Ascidiņas<br>3. Salpas<br>4. Galvhordaiņi jeb lancetnieki<br>5. Apaļmutnieki (nēgi)<br>6. Skrimšļzivis (haizivis, rajas)<br>7. Kaulzivis (asaris)<br>8. Abinieki (vārdes, krupji)<br>9. Rāpuļi (ķirzakas, čūskas)<br>10. Putni (balodis)<br>11. Zīdītāji (suns) | 1500<br><br>30<br>46<br>500<br>20 000<br>2500<br>6500<br>8600<br>4500 |

\* Iekavās minēti skolas mācību grāmata apskatītie pārstāvji.

Nav grūti pamanīt, ka skolas mācību grāmatā apskatīta tikai neliela daļa no tabulā minētajām dzīvnieku grupām; tas stipri sašaurina priekšstatu par dzīvnieku pasaules daudzveidību.

## VIENŠŪŅU APAKŠVALSTS

Vienšūņu ķermenis sastāv no vienas šūnas, kas darbojas kā vesels organisms. Vienšūnības limenis ierobežo izmērus, tāpēc vienšūņu vairumam lielums nepārsniedz dažas milimetra desmitdaļas.

**Uzbūve.** Vienšūņu ķermeni apņem daudzšūņu šūnas ārējai membrānai līdzīga puscaurlaidīga membrāna vai no vairākiem membrānu slāņiem sastāvoša elastīga pelikula, no kuras atkarīga raksturīgā ķermeņa forma. Čaulamēbas, foraminīferas, radiolārijas un daži skropstaiņi izdala *aizsargčaulu*, kas sastāv no organiskas vielas (pseidohitīna) un var būt piesātināta ar  $\text{CaCO}_3$  vai  $\text{SiO}_2$ . Čaulai bieži ir noteikta ģeometriskā forma un viena vai vairākas atveres, kuras nodrošina citoplazmas saskari ar ārvidi.

Vienšūņu ķermeni piepilda citoplazma. Tās ārējo, blīvāko slāni sauc par *ektoplazmu*, iekšējo, šķidrāko — par *endoplazmu*. Ektoplazma un endoplazma ir citoplazmas divi dažādi koloidāli stāvokļi, kuri var pāriet viens otrā.



Endoplazmā ir viens vai vairāki kodoli, pēc uzbūves līdzīgi daudzšūņu šūnas kodolam. Evolūcijas gaitā daļai viensūņu sugai raksturīgais hromosomu komplekts kodolā daudzkārsšojies un izveidojies poliploidāls kodols. Tālāka kodola evolūcija ir vairāku kodolu izveidošanās šūnā un vēl tālāka — šo kodolu diferencēšanās *veģetatīvajā kodolā*, kas regulē vielmaiņu, un *ģeneratīvajā kodolā*, kas nosaka iedzimtību. Šo augstāko līmeni sasniedzis skropstaiņu kodolaparāts.

Bez tam viensūņu ķermenī ir organoīdi — plazmatiski veidojumi noteiktu uzdevumu veikšanai. Daļa no tiem ir līdzīgi daudzšūņu šūnu organoīdiem (mitohondriji, plastīdas, endoplazmatiskais tīkls, Goldži komplekss u. c.), bet ir arī tikai viensūņiem specifiski veidojumi, piemēram, šūnas mute, rīkle, pulsējošā vakuola u. c.

*Pārvietošanās organoīdi* ir pseidopodijas (māņkājiņas), vīcas un skropstiņas. *Pseidopodijas* ir mainīgi citoplazmas izaugumi, ar kuru palīdzību viensūnis pārvietojas, kā arī tver barību. *Vīcas* un *skropstiņas* ir pastāvīgi ektoplazmas veidojumi ar visai sarežģītu struktūru, kura atklājas tikai elektronmikroskopā un abos gadījumos ir vienāda. Vīcas no skropstiņām atšķiras tikai pēc garuma. Vīcas ir relatīvi garas, un to skaits parasti ir neliels (1, 2, 6, 8). Skropstiņas ir ļoti īsas, to parasti daudz. Arī daudzšūņiem sastopamas vīcas un skropstiņas (mugurkaulnieku elpošanas ceļus izklāj skropstiņepitēlijs, gandrīz visu dzīvnieku spermatozoidiem ir vīcas utt.) ar tādu pašu submikroskopisku uzbūvi kā viensūņiem. Tas ir viens no pierādījumiem daudzšūņu izcelsmei no viensūņiem, jo grūti iedomāties, ka šī komplicētā struktūra būtu izveidojusies katrā dzīvnieku grupā patstāvīgi.

Daļai viensūņu kustībās daļību ņem kontraktilas šķiedras ektoplazmā — *mionēmas*.

Vēl nav izdevies pilnībā pierādīt, ka viensūņiem ir plazmatiskie veidojumi, kuri vadītu uzbudinājumu līdzīgi daudzšūņu nerviem, taču biķīmiskā acetilholīna—holīnesterāzes reakcija, kas ir nozīmīga uzbudinājuma pārvadē, viensūņiem un daudzšūņiem ir līdzīga.

Daļai viensūņu (eiglēnai, volvoksam) ir organoīdi gaismas uztveršanai — *acslaukums* jeb *stigma* — pigmenta kausiņš ar plazmatisku lēcu.

Ektoplazmā atrodas *aizsargorganoīdi*, piemēram, *trihocistas* (miera stāvoklī nūjiņām līdzīgi veidojumi, kuru saturs pēc kairinājuma saņemšanas izšaujas ārā gara indīga pavediena veidā) un *mukocistas*, kuru gļotainais sekrets veido cistu ap viensūni. Nelabvēlīgos apstākļos viensūnis cistā saglabājas dzīvs, dažkārt tajā vairojas un bieži arī cistas stāvoklī pasīvi izplatās.

**Barošanās.** Viensūņi barojas *autotrofi*, *heterotrofi* un *mikso-trofi* (jaukti). Hromatoforus saturošajiem vīcaiņiem raksturīgs autotrofais barošanās veids, daļai no tiem arī mikсотrofais barošanās tips, bet visiem pārējiem viensūņiem — heterotrofais baro-

šanās tips. Miksotrofā barošanās ir interesanta no filogenēzes viedokļa, jo liecina par augu un dzīvnieku valsts radniecību.

Daļai heterotrofo viensūņu (sarkodīnām) nav ne mutes, ne ānusa. Barību tie uzņem un atkritumus izvada jebkurā ķermeņa vietā.

Citoplazmā — ap pseidopodiju ievilktajām barības daļiņām izveidojas membrānas pūslītis — gremošanas vakuola, kurā no lizosomām ieplūst gremošanas fermenti. Gremošanas procesā gremošanas vakuolā vairākkārt mainās vides reakcija. Gremošanas vakuolu skaits ir atkarīgs no barības daudzuma, viensūņa aktivitātes un citiem faktoriem un nav taksonomiska pazīme.

Gremošanas organoīdi augstāko attīstības pakāpi sasnieguši skropstaiņu tipā. Skropstaiņiem ir ne tikai gremošanas vakuolas, bet arī šūnas mute, rīkle un ānuss. Parazītiskiem viensūņiem gremošanas organoīdi ir vairāk vai mazāk reducēti. Piemēram, sporaiņiem saglabājusies tikai sīka mutes atvere, kas barības uzņemšanas funkciju vairs nepilda. Barību tie uzņem caur ķermeņa virsmu pinocitozes ceļā.

Osmotisko spiedienu regulē pulsējošā vakuola — kontraktils, pūslītis, kurā no citoplazmas ieplūst liekais ūdens. Pulsējošo vakuolu skaits ir sugai raksturīga pazīme. Pulsējošās vakuolas ir galvenokārt saldūdeņos mītošiem viensūņiem. Šķidro vielmaiņas galaproduktu izvadišanā tām ir maza nozīme. Šķidrie vielmaiņas galaprodukti izdalās tieši caur ķermeņa virsmu.

**Vairošanās.** Viensūņi vairojas galvenokārt bezdzimumiski: daloties uz pusēm, daudzkārtēji daloties (šizogonija) un pumpurojoties. *Daloties uz pusēm*, mitotiski dalās kodols. Organoīdi var dalīties, bet var arī kāds no tiem palikt vesels vienā jaunajā organismā un otrā veidoties no jauna, vai arī vecie organoīdi izzūd un abos meitu īpatņos formējas no jauna. Līdztekus citoplazmā veidojas iežmauga, kuras padziļināšanās rezultātā izveidojas divi jauni (meitu) īpatņi. Šādi dalās sarkodīnvicaiņi un skropstaiņi.

*Dauzkārtēja dališanās* notiek galvenokārt sporaiņiem. Vispirms kodols vairākkārtīgi dalās. Ap jaunajiem kodoliem norobežojas daļa citoplazmas un vecais (mātes) īpatnis sairst daudzos meitu īpatņos. Neizmantotā citoplazmas daļa, kas piesātināta ar vielmaiņas galaproduktiem, paliek pāri kā atlieku ķermenis. Šizogonija nodrošina īpatņu skaita strauju pieaugumu.

*Pumpurošanās* ir dališanās veids, kurā neliela daļa kodola un citoplazmas noriešas no mātes organisma. Jaunais īpatnis — pumpurs sākumā peld, bet, atradis piemērotu apmešanās vietu, piestiprinās pie tās un pārvēršas par pieaugušu organismu. Peldošie pumpuri sekmē izplatīšanos. Šādi vairojas sūcējskropstaiņi.

Dzimumprocess ir vai nu *kopulācija* — divu kodolu vai divu dzimumīpatņu (gametu) saplūšana —, vai *konjugācija* — divu īpatņu īslaicīga satuvināšanās un apmaiņšanās ar kodolaparāta daļām.

*Kopulācija* ir izplatītāka un sastopama sarkodīnvicaiņiem,



sporaiņiem, dzelšporaiņiem, siksporaiņiem. Var saplūst divi morfoloģiski līdzīgi haploidāli dzimumipatņi (gametas) vai kodoli. Šādu kopulācijas veidu sauc par *izogāmiju*. Vienšūņiem tomēr biežāk novērojama *anizogāmija* jeb *heterogāmija*, kad saplūst divi dažādi elementi — ļoti sīka, vicaina, kustīga mikrogameta ar lielu, mazkustīgu makrogametu. Mikrogameta aizceļo pie makrogametas. Apgaļošanās rezultātā izveidojas diploidāla šūna — *zigota* — jauna vienšūņa sākums.

*Konjugācija* sastopama tikai skropstaiņu tipā. Divi īpatņi satuvinās, starp tiem izveidojas citoplazmas tiltiņš, pa kuru vienšūņi apmainās ar ļoti nelielu mazā kodola (mikronukleja) daļu un pēc tam reorganizē jaunu kodolaparātu. Konjugācija notiek, ja vienšūņu lielmaiņa kļuvusi gausa vai trūkst barības. Pēc konjugācijas lielmaiņas līmenis strauji ceļas un sākas intensīva bezdzimumiska vairošanās.

Daļai vienšūņu, piemēram, kailamēbām, dzimumprocess līdz šim nav konstatēts.

## SARKODĪNVICAIŅU TIPS

Tipā ietverti senākie vienšūņi, no kuriem attīstījušies ne tikai pārējie vienšūņu tipi, bet arī daudzšūņi. Te pieder sarkodīnu (mācību grāmatā nosaukta par sakņkāju) un vicaiņu klases.

**Sarkodīnu klases** pārstāvji pārvietojas ar *māņkājiņām* jeb *pseudopodijām*. To vairums (foraminīferas, radiolārijas) mīt jūrās un veido ap ķermeni kaļķa čaulu, pārējie (kailamēbas, čaulamēbas, saulenītes) dzīvo saldūdeņos, sūnās un augsnē. Dažas kailamēbas kļuvušas par parazītiem.

Kailamēbu ķermenis atgādina plazmas pilienu, kura apveids pastāvīgi lēni izmainās vienā vai citā virzienā, veidojot māņkājiņas jeb pseudopodijas. Ar māņkājiņām kailamēba gan pārvietojas, gan tver barību: pseudopodijas apņem baktērijas, sīkus vienšūņus un ievilk tos citoplazmā. Šādu barības uzņemšanas veidu sauc par *fagocitozi*. Citoplazmā ap barības daļiņām izveidojas gremošanas vakuola, kurā gremošanas fermentu klātbūtnē noris gremošanas process. Ūdenī izšķīdušās vielas kailamēba uzņem pino-citozes ceļā.

Osmotisko spiedienu kailamēbas ķermenī regulē viena vai vairākas vakuolas. Kailamēbas citoplazmā sāļu koncentrācija ir augstāka nekā saldūdenī. Ūdens tāpēc cauri membrānai sūcas citoplazmā. Pulsejošā vakuola uzņem lieko ūdeni un, ritmiski saraužoties, izgrūž to ārvidē. Kopā ar ūdeni tiek izmesta arī neliela daļa lielmaiņas šķidro galaproduktu, bet pārējos kailamēba izdala tieši caur ārējo membrānu. Vairojas tikai bezdzimumiski, daloties divās daļās.

Kailamēbu vairums mīt ar trūdvielām bagātos ūdeņos un mitrā augsnē. Dažu sugu pārstāvji atrodami cilvēka un dzīvnieku iekšē-

jos orgānos. Bīstams parazīts ir *dizentērijas kailamēba*, kuras darbības rezultātā cilvēks saslimst ar amebiālo dizentēriju (6. tab.). Zināmos apstākļos kailamēbas iecistējas, tādējādi saglabājot dzīvotspēju nelabvēlīgos apstākļos.

Ekonomiska nozīme ir foraminīferām un radiolārijām, kuru kaļķa skeleti pēc viensūņu nāves nogulsņējas jūru un okeānu dibenā, veidojot krīta un kaļķa slāņus. Ģeologi izmanto foraminīferas par indikatoriem, meklējot naftu. Filoģenētiski sarkodīnas nozīmīgas tāpēc, ka no to senčiem ir cēlušies dzeļsporaiņi un sīksporaiņi.

**Vicaiņu klases** pārstāvjiem raksturīgie kustību organoīdi ir vicas, kas arī devušas nosaukumu klasei. Klasē ietilpst gan heterotrofi, gan mikсотrofi un autotrofi organismi. Starp heterotrofaļiem ir daudz parazītu. Nozīmīgākie no tiem mūsu republikā ir *zarnu lamblija*, kas izraisa zarnu darbības traucējumus, un maksts *trihomona*, kura ierosina iekaisumu dzimumvados (6. tab.).

6. tabula

Dažas viensūņu ierosinātās cilvēka  
un dzīvnieku slimības

| Parazītu sugas                               | Ierosinātā slimība             | Saimnieka inva-<br>šanās veids                         | Lokalizācijas<br>vieta saimniekā                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Sarkodīnas</b><br>Dizentērijas<br>amēba   | Amebiālā disen-<br>tērija      | Norij cistas ar<br>barību vai ūdeni                    | Cilvēka resnās<br>zarnas siena                      |
| <b>Vicaiņi</b><br>Zarnu lamblija             | Lamblioze                      | "                                                      | Bernu, retāk pie-<br>augušo tievā zar-<br>na        |
| Maksts trihomona                             | Trihomonoze                    | Pārnes dzimumakta<br>laikā                             | Cilvēka ģenitālā<br>sistēma                         |
| <b>Dzeļsporaiņi</b><br>Skrimšļu<br>miksosoma | Griešanās<br>slimība           | Norij ūdenī eso-<br>šās sporas                         | Foreļu un citu laš-<br>veidīgo zivju<br>skrimšļaudi |
| <b>Sīksporaiņi</b><br>Bišu nozēma            | Bišu caureja<br>jeb nozematoze | Norij bišu izkā-<br>rņumos esošās<br>sporas            | Bišu, retāk tauriņu<br>zarnu epitēlij-<br>šūnas     |
| <b>Sporaiņi</b><br>Trisdienu plazmo-<br>dijs | Trisdienu malārija             | Pārnes malārijas<br>odi, sūcot asinis                  | Cilvēka eritrocīti                                  |
| Eimērijas                                    | Kokcidioze                     | Norij sporas ar ba-<br>ribu vai ūdeni                  | Vistu, trušu zarnu,<br>aknu epitēlij-<br>šūnas      |
| Toksoplazmas                                 | Toksoplazmoze                  | Norij ar barību vai<br>ūdeni; caur pla-<br>centu dīgļi | Mugurkaulnieku<br>(arī cilvēka) audi<br>un orgāni   |
| <b>Skropstaiņi</b><br>Koli balantīdijs       | Balantidoze                    | Norij cistas ar ba-<br>ribu vai ūdeni                  | Cilvēka un cūku res-<br>nā zarna                    |



Pie miksotrofajiem vicaiņiem pieder zaļā eiglēna, kurai blīvs ekto plazmas slānis ļauj uzturēt sugai raksturīgo vārpstveidīgo ķermeņa formu. Priekšgalā ir viena vica. Pie tās pamata — *acs plankums* (stigma). Gaismā dzīvojošas eiglēnas satur hlorofilu, ir zaļas un barojas kā augi — autotrofi. Tumsā fotosintēze pārtraucas. Sākumā eiglēna izmanto autotrofās barošanās laikā uzkrātās rezerves vielas, bet pēc tam pāriet uz dzīvniekiem raksturīgo heterotrofo barošanos, uzņemot organiskās vielas gan caur muti, gan ķermeņa virsmu. Eiglēnā apvienotās augu (hloroplasti, autotrofā barošanās) un dzīvnieku (stigma, mute, heterotrofā barošanās, pārvietošanās spējas) īpašības nostāda to uz augu un dzīvnieku valsts robežas un norāda uz šo abu grupu radniecību.

Pie autotrofajiem vicaiņiem pieder volvoksi. Tie veido sfēriskas kolonijas, kas sastāv no dažādi diferencētiem indivīdiem. Pārvietošanos un autotrofo barošanos veic divvicaini, zaļi *veģetatīvie īpatņi*, bet vairošanos — *dzimumīpatņi* (mikrogametas, makrogametas) un *partenogēnētiskās vairošanās šūnas*. Vicaiņu koloniālās formas ir filogēnētiski interesantas, jo parāda vienu no iespējam, kā no viensūņiem, šūnām diferencējoties, varēja izveidoties primitīvi daudzšūņi.

## SPORAIŅU TIPS

Sporaiņi ir endoparazīti. Tie parazitē saimnieka šūnās vai orgānu dobumos un izraisa bīstamas slimības gan cilvēkam, gan dzīvniekiem. Pie sporaiņiem pieder *malārijas plazmodiji* (cilvēka eritrocītos parazitē 4 sugas), kā arī *toksoplazmozes*, *piroplazmozes* un *kokcidiozes* ierosinātāji (6. tab.). Sporaiņu attīstības ciklā dzimumprocess (gametu kopulācija) mainās ar bezdzimumprocesu (šizogonija). Cikls var norisēt vienā saimniekā un ārvīdē (kokcidiožu ierosinātājam — eimērijām) vai divos saimniekos — *starp-saimniekā* (malārijas plazmodijiem tas ir cilvēks, kura eritrocītos parazitē vairojas, daudzkārtēji daloties) un *definitīvajā saimniekā* (malārijas plazmodijiem tie ir malārijas odi, kuros notiek dzimumprocess — gametu saplūšana). Ar malārijas plazmodijiem cilvēku invadē malārijas odi, sūcot cilvēka asinis. Līdz 20. gs. vidum malārija bija viena no postošākajām slimībām pasaulē. Ar to slimoja miljoniem cilvēku. Latvijā bijuši vairāki malārijas uzliesmējumi, pēdējais no tiem — pirmajos pēckara gados, kad gadā reģistrēja vairāk nekā 5000 slimnieku. Veicot profilaktiskos un ārstnieciskos pasākumus, malārija daudzās valstīs ir likvidēta.

## DZELSPORAIŅU TIPS

Dzelšporaiņi atzīmējami divu iemeslu dēļ. Pirmkārt, tie visi ir parazīti un dažas sugas var izraisīt zivju masveidīgu nobeigšanos (6. tab.). Otrkārt, dzelšporaiņu piemērā redzama viensūņu

tendence pāriet daudzšūnības līmenī, jo tiem izveidojas daudzšūnainas sporas.

## SĪKSPORAIŅU TIPS

Sīksporaiņi parazitē kukaiņos (bitēs, zīdtauriņos), retāk zivīs, izraisot masveidīgu saslimšanu un nobeigšanos. Sporas tiem sīkas, vienkāršas uzbūves. Tajās, tāpat kā dzelšsporaiņiem, ir amēbveidīgs diglis.

## SKROPSTAIŅU JEB INFUZORIJU TIPS

Skropstaiņi ir ļoti komplicēti viensūņi, evolūcijas gaitā sasnieguši viensūnības līmeņa visaugstāko pakāpi. Tiem ir sarežģīts kustību aparāts (skropstiņas un dažādas to kombinācijas, plazmas šķiedru sistēma citoplazmā), aizsargorganoīdi (trihocistas), komplicēta gremošanas sistēma un vismaz divi kodoli. Parastajai tupelitei viens no tiem ir liels (*veģetatīvais kodols*), otrs — mazs (*ģeneratīvais kodols*). Lielais kodols ir poliploidāls un regulē vielmaiņu, mazais — diploidāls un ņem aktīvu dalību dzimumprocesā (konjugācijā).

Tupelīti no ārpuses sedz elastīga pelikula, kas dod ķermenim raksturīgo formu.

**Gremošanas organoīdi** tupelitei sākas ar skropstiņām izklātu priekšmutes rievu, pa kuru barība virzās uz šūnas muti un tālāk nonāk rīklē. Rīkles brīvajā galā veidojas pūslītis — *gremošanas vakuola*, kurā ieslīd rīklē sakrājušās barības daļiņas, pēc tam vakuola atraujas no rīkles. Ja barības vidē daudz, jaunas gremošanas vakuolas var izveidoties ar vienas minūtes intervālu. Gremošanas vakuolas ceļo pa tupelītes endoplazmu. Šajā laikā, darbojoties fermentiem un vides aktīvajai reakcijai, vakuolā barība tiek sagremota. Nesagremoto materiālu tupelite izmet caur ānusu ķermeņa pakaļgalā.

**Tupelite vairojas**, šķērseniski daloties. Dzimumprocess ir konjugācija. Starp divām tupelitēm izveidojas citoplazmas tiltiņš. Lielais kodols lēnām sairst un tiek izmantots par enerģijas avotu.

Katra īpatņa mazais kodols divas reizes dalās. No šiem 4 kodoliem 3 aiziet bojā, bet atlikušais dalās vēlreiz. Dalīšanās rezultātā izveidojas divi haploidāli dažādi kodoli — *vīrišķais* jeb *migrējošais* un *sievišķais* jeb *stacionārais*. Pa plazmas tiltiņu notiek migrējošo kodolu apmaiņa. Katra īpatņa stacionārais kodols saplūst ar atceļojušo migrējošo kodolu. Tam seko jaunā diploidālā kodola dalīšanās, kuras rezultātā izveidojas jauns lielais kodols un mazais kodols. Konjugācija ilgst apmēram 24 stundas. Pēc tam abi īpatņi izšķiras un sāk intensīvi šķērseniski dalīties.



Skropstaiņi — visizplatītākie organismi dažādos ūdeņos un mitrā augsnē. Daudzas sugas masveidīgi attīstās noteiktos vides apstākļos un nepiecieš plašas ārvides faktoru svārstības, tāpēc tās izmanto par bioloģiskiem indikatoriem ūdens piesārņojuma noteikšanai un citām praktiskām vajadzībām. Skropstaiņi ir barība daudziem ūdens organismiem. Vairāku sugu pārstāvjus viegli var audzēt laboratorijas apstākļos tīrkultūrā (tupelītes), tāpēc tos plaši izmanto ģenētiskiem un cita veida eksperimentiem. Daļa skropstaiņu kļuvuši par ektoparazītiem uz zivju un citu ūdens dzīvnieku ķermeņa virsmas, daudzi dzīvo kā simbionti vai kā parazīti cilvēka un dzīvnieku zarnās un citos orgānos (6. tab.).

## DAUDZŠŪŅU IZCEĻŠANĀS

Paleontoloģisku materiālu, kas pierādītu daudzšūņu izceļšanos, nav. Pastāv tikai vairākas hipotēzes, kuru vairums atzīst daudzšūņu izceļšanos no vienzūņiem. To pamatā ir līdzība vienzūņu organisma un daudzšūņu šūnu uzbūvē, kā arī zemāko daudzšūņu olšūnas drostalošanās un gastrulas veidošanās.

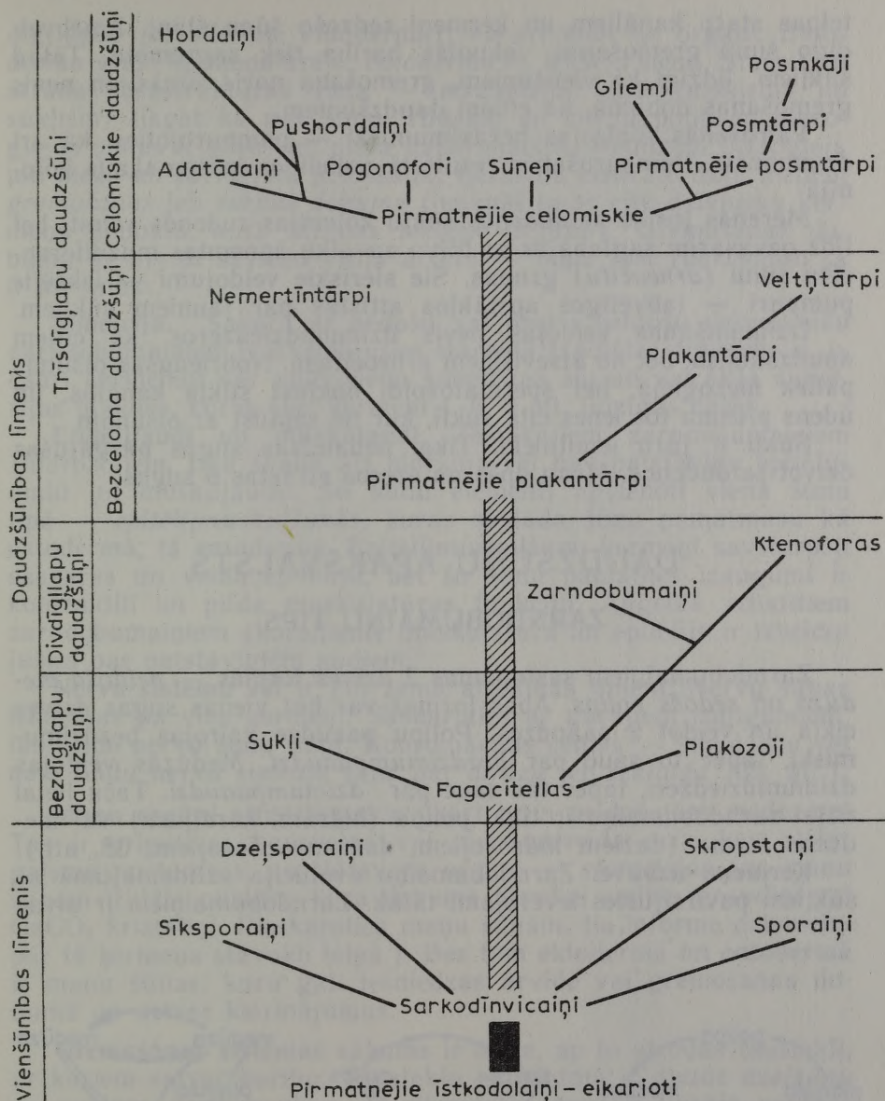
Par daudzšūņu priekštečiem I. Mečņikovs (1886) pieņēma lodveidīgas vicaiņu kolonijas, kuras sākumā sastāvēja no vienādiem īpatņiem. Smagākās, ar barību piepildītākās šūnas iegrīma lodes centrā. Tajās turpinājās barības sagremošana, bet pārējo īpatņu ziņā palika kustību funkcija. Ar to bija likts pamats šūnu un funkciju diferencijācijai. Daudzšūņu hipotētisko senci I. Mečņikovs nosauca par *fagocitellu*.

Jaunākā laikā šo teoriju tālāk attīsta akad. A. Ivanovs. Pēc viņa uzskata, fagocitellas devušas sākumu daudzšūņu 3 zariem: 1) *sūkļiem*, kuri līdz mūsdienām saglabājušies zemā attīstības līmenī — bez audiem, orgāniem un īstām dīgļlapām; 2) *zarndobumaiņiem*, kuri evolūcijas gaitā ieguvuši divas dīgļlapas un radiālu simetriju; 3) *plakantārpiem*, kuriem izveidojās trešā dīgļlapa un divpusīga simetrija, kas pacēla tos augstākā attīstības līmenī un ļāva kļūt par izejas grupu citiem daudzšūņiem (37. att.).

## PARAZOJU APAKŠVALSTS

### SŪKĻU TIPS

Sūkļi pārstāv vienu no daudzšūņu zemākajiem attīstības līmeņiem. No fagocitellveidīgajiem senčiem tie acīmredzot nodalījās ļoti agri — pirms bija noformējušās dīgļlapas un sākuši veidoties audi un orgāni. Šādā līmenī — bez audiem un orgāniem — tie turpina eksistēt vēl šodien. Dzīvības funkcijas veic atsevišķas noteiktā virzienā specializētas šūnas. Sūkļu vairums veido nekustīgas, pie substrāta piestiprinātas kolonijas.



37. att. Dzīvnieku valsts attīstības virzieni.

**Barošanas.** Sūkļi barojas, atfiltrējot mikroorganismus un detritu, kas kopā ar ūdeni ieplūst caur daudzām *ievadporām* sūkļa kanālu sistēmā. Vietumis kanālu sienas izklāj šūnas ar lipīgu apklāti un vicu (*hoanocīti*). Šo šūnu vicu kustības izraisa ūdens plūšanu, bet pie apklātēm pielīp barības daļiņas, kuras tiek ievilkas šūnās un tālāk nodotas *amēbveidīgajām šūnām*. Amēbveidīgās šūnas atrodas mezoglejā — recekļainā vielā, kas aizpilda



telpas starp kanāliem un ķermeni sedzošo šūnu slāni. Amēbveidīgo šūnu gremošanas vakuolās barība tiek sagremota. Tātad sūkliem, līdzīgi kā vienšūņiem, gremošana noris šūnās un nevis gremošanas dobumā, kā citiem daudzšūņiem.

**Vairošanās.** Vairojas bezdzimumiski — pumpurojoties, kā arī dzimumiski. Pumpurošanās rezultātā palielinās īpatņu skaits kolonijā.

Mērenās joslas saldūdeņos sūkļu kolonijas rudeņos sairst, bet līdz pavasarim saglabājas ar blīvu apvalku apņemtas mazdiferencētu šūnu (*arheocītu*) grupas. Šie sfēriskie veidojumi — iekšējie pumpuri — labvēlīgos apstākļos attīstās par jauniem sūkliem.

Dzimumšūnas veidojas nevis dzimumdziedzeros, kā citiem daudzšūņiem, bet no atsevišķiem arheocītiem. Nobriedušās olšūnas paliek mezoglejā, bet spermatozoidi nokļūst sūkļa kanālos, un ūdens plūsma tos ienes citā sūklī, kur tie saplūst ar olšūnām.

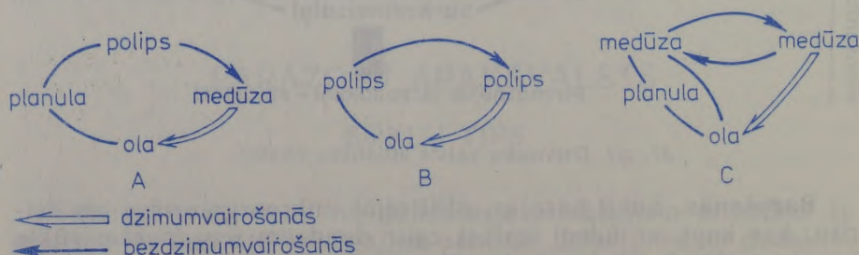
Sūkli ir jūru iemītnieki. Tikai nedaudzas sugas pārgājušas dzīvot saldūdeņos. Mūsu upēs un ezeros atrastas 5 sugas.

## DAUDZŠŪŅU APAKŠVALSTS

### ZARNOBUMAIŅU TIPS

Zarndobumaiņiem sastopamas 2 dzīves formas — *peldoša medūza* un *sēdošs polips*. Abas formas var būt vienas sugas dzīves ciklā un veidot 2 paaudzes. Polipu paaudze vairojas bezdzimumiski, tāpēc to sauc par *bezdzimumpaaudzi*. Medūzās veidojas dzimumdziedzeri, tāpēc tās sauc par *dzimumpaaudzi*. Taču lielai daļai zarndobumaiņu ir tikai polipa (hidrām, korāļiem) vai medūzas forma (dažiem hidrozojiem, dažiem scifozojiem; 38. att.).

**Ķermeņa uzbūve.** Zarndobumaiņu evolūcija salīdzinājumā ar sūkliem pavisam ievērojami tālāk. Zarndobumaiņiem ir divas



38. att. Zarndobumaiņu dzīves cikli:

A — cikls ar izteiktu divu paaudžu maiņu, B — cikls, kurā izzudusi medūzu paaudze, C — cikls, kurā izzudusi polipu paaudze.

diglļapas (ektoderma, entoderma), kā arī audi un orgāni. *Ektoderma* veido ķermeņa ārējo, *entoderma* — iekšējo sienu. Starp tām atrodas bezstruktūras viela — *mezogleja*, kurā (atšķirībā no sūkļiem) tikpat kā nav šūnu. Hidrām un citiem polipiem mezoglejas slānis ir plāns un pilda balstfunkciju. Medūzām mezogleja ļoti bieza un atvieglina peldēšanu. Ķermeņa centrālo daļu aizņem *gremošanas* jeb *zarnas dobums* (nejaukt to ar citu dzīvnieku ķermeņa dobumu, kurā atrodas iekšējie orgāni!). Gremošanas dobumu ar ārvidi savieno viena atvere — *mute*, bet funkcionāli tā ir arī ānuss.

**Simetrija.** Sakarā ar sēdošu vai pasīvi peldošu dzīvesveidu zarndobumainiem ir izveidojusies staraina (radiāla) simetrija, t. i., cauri ķermenim var vilkt vienu simetrijas asi un vairākas simetrijas plaknes, kuras šķel ķermeni 4, 6, 8 utt. līdzīgās daļās.

**Epitēlijaudi un muskuļaudi.** Zemākajiem zarndobumainiem (hidrozoiem, tajā skaitā arī hidrām) vēl nav patstāvīgu epitēlijaudu un muskuļaudu. Šo audu elementi apvienoti vienā šūnu tipā — *epitēlijmuskulšūnās*, kuras sastāda šūnu pamatmasu kā ektodermā, tā entodermā. Epitēlijmuskulšūnu ķermeņi savstarpēji saskaras un veido epitēliju, bet šo šūnu pamatnes izaugumi ir kontraktili un pilda muskulatūras funkciju. Augstāk attīstītiem zarndobumainiem (koraļļiem) muskulatūra un epitēlijs ir izveidojušies par patstāvīgiem audiem.

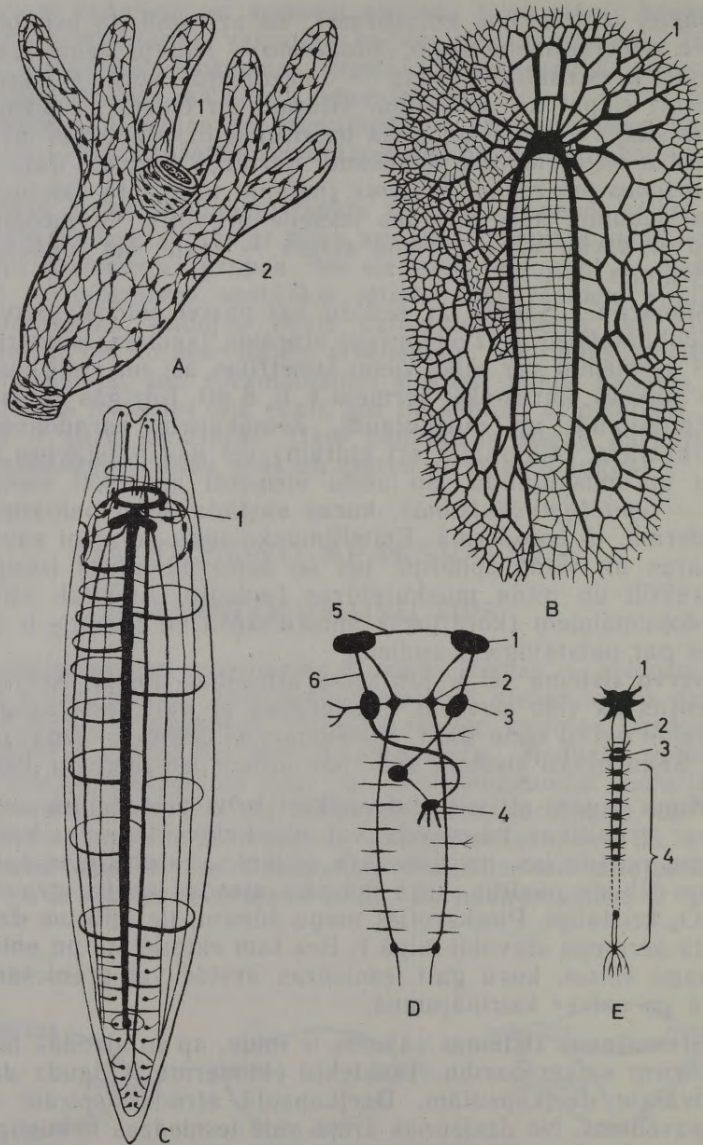
**Nervu sistēma** vēl ir ļoti zemā attīstības līmenī. Nervu šūnas izkaisītas pa visu ķermeni. Saskaroties ar garajiem izaugumiem, tās veido nervu šūnu tiklu. Koordinācijas centra — smadzeņu vēl nav. Šādu nervu sistēmu sauc par *difūzu* jeb *izklaidu* (39. att.).

**Maņu orgāni** attīstīti galvenokārt brīvi peldošajām medūzām. Tās ir primitīvas kausveida vai plankumveida *acis*, kas atšķir gaismu no tumsas, un līdzsvara orgāni — *statocistas* (ar maņu šūnām izklāts pūslītis, kura dobumā atrodas smilšu graudiņi vai  $\text{CaCO}_3$  kristāliņi. Pieskaroties maņu šūnām, tie informē dzīvnieku par tā ķermeņa stāvokli telpā.). Bez tam ektodermā un entodermā ir maņu šūnas, kuru gali iesniedzas ārvidē vai gremošanas dobumā un uztver kairinājumus.

**Gremošanas sistēmas** sākums ir mute, ap to atrodas taustekļi, ar kuriem satver barību. Taustekļu ektodermā ir daudz *dzelšūnu* ar ovālām dzelzkapsulām. Dzelzkapsulā atrodas spirālē savijies dzelzpavediens. No dzelššūnas ārējā vidē iesniedzas nekustīga vīca, kuras saskaršanās ar kādu objektu ierosina dzelzpavediena izmešanu. Dzelzpavediens atkarībā no dzelzkapsulas tipa var kairinājuma izraisītājā iedurties, pielipt pie tā vai aptīties tam apkārt. Dzelzkapsulu šķidrums nogalina vai paralizē sīkus dzīvniekus, bet dažkārt rada ādas iekaisumu un pat smagu saslimšanu cilvēkam.

Barība caur muti nonāk gremošanas dobumā, kurā no entodermas dziedzēršūnām ieklūst gremošanas fermenti. Tā jau ir dobuma gremošana, kaut gan zināma nozīme ir arī iekššūnas gremošanai, jo pussagremoto barību uzņem entodermas šūnas un līdz





39. att. Daži bezmugurkaulnieku nervu sistēmas tipi:

A — hidras difūzā nervu sistēma, 1 — mute, 2 — nervu šūna; B — skropsttīptārpu nervu sistēma, 1 — galvas gangliji; C — nematožu nervu sistēma, 1 — rikles nervu gredzens; D — gliemju nervu sistēma, 1 — galvas gangliji, 2 — kājas gangliji, 3 — mantijas gangliji, 4 — iekšējo orgānu gangliji, 5 — komisūra, 6 — konektīvs; E — lapkājvežu nervu sistēma, 1 — virsrīkles ganglijs, 2 — rikles konektīvs, 3 — zemrīkles gangliji, 4 — ventrālā nervu ķēdīte.

galam to pārstrādā šūnu gremošanas vakuolās. Nesagremotās atliekas izmet caur muti.

**Vairošanās** notiek bezdzimumiski un dzimumiski. Bezdzimumvairošanās ir pumpurošanās un šķersseniska dalīšanās. Hidrām *pumpurošanās* notiek vasarā, kad ūdens ir silts un bagāts ar barību. Pumpūri veidojas, pumpurveidīgi izliecoties ķermeņa sienai. Paugurā iesniedzas arī gremošanas dobums. Pumpurs aug, un tā brīvajā galā izveidojas taustekļi. Hidru pumpūri nodalās no mātes organisma, bet citiem hidrozojiem, kā arī koraļļiem paliek saistīti ar mātes organismu un veido polipu koloniju. Kolonijas var būt *monomorfas* (sastāvēt no vienādiem īpatņiem) vai *polimorfas*. Polimorfās kolonijās bez barošanās īpatņiem, kuri atgādina hidras, ir vēl vairošanās polipi, kuri zaudējuši taustekļus. Scifozoju polipi ir vieninieki un vairojas, *daloties šķersseniski*.

Ektodermā starp epitēlijmuskulšūnām atrodas mazdiferencētas ieapaļas starpšūnas, kuras ņem aktīvu dalību pumpurošanās procesā, jo no tām var izveidoties visi zarndobumaiņu šūnu tipi. Tāpēc zarndobumaiņi spēj ataudzēt (reģenerēt\*) zaudētās ķermeņa daļas un tos, īpaši hidras, plaši izmanto laboratorijās reģenerācijas pētīšanai.

**Dzimumvairošanās.** Dzimumšūnas zarndobumaiņiem atšķirībā no sūkļiem veidojas dzimumdziedzeros jeb *gonādās*. Zemākajiem zarndobumaiņiem (hidrozojiem) dzimumdziedzeri attīstās ķermeņa ārējā sienā un kā nelieli pauguri izspiežas uz ķermeņa virsmas. Augstākajās grupās (scifozojiem, koraļļiem) gonādas veidojas gremošanas dobuma sienā un līdz ar to ir vairāk pasargātas no ārējās vides iedarbības. Dzimumsistēma kā vienā, tā otrā gadījumā tomēr ir ļoti vienkārša, jo nav pat izvadkanālu nobriedušo dzimumšūnu izvadišanai. Spermatozoīdi ārējā vidē izkļūst, plīstot ķermeņa sienai. Ar ūdens straumēm tie nonāk īpatņos, kuros atrodas olšūnas, un saplūst ar tām. Jūrās dzīvojošiem zarndobumaiņiem, apaugļotai olšūnai drostalojoties, attīstās ar skropstām klāts, peldošs kāpurs — *planula*, kas nosēžas uz piemērota substrāta un izaug par polipu.

Pārņākdami dzīvot saldūdenī, daudzi dzīvnieki, to skaitā arī hidras, zaudē peldošo kāpuru stadiju. Hidrām rudenī apaugļotā olšūna pārklājas ar blīvu apvalku — izveidojas ola, kas saglabājas līdz pavasarim un tad attīstās par jaunu hidru. Caur plīsumu olas apvalkā tā izkļūst ūdenī.

Zarndobumaiņu tipu iedala *hidrozoju, scifozoju un koraļļu klasēs*.

\* Reģenerācijas spējas sastopamas gandrīz visu dzīvnieku tipu pārstāvjiem (to nav veļtātāriem), bet visvairāk dzīvniekiem, kuriem ir daudz mazdiferencētu šūnu (sūkļiem, zarndobumaiņiem, skropsttārpiem, posmtārpiem).



Hidrozoju klasē ietilpst gan jūrās dzīvojošie pārstāvji ar izteiktu paaudžu maiņu, gan saldūdeņos mītošās hidras (piemums pārstāvētas ar 3 sugām — *kātaino*, *pelēko* un *zaļo hidru*), kuras medūzu paaudzi ir zaudējušas. Hidras mītinas uz upju, ezeru un dīķu ūdensaugiem. Jūras hidrozoju polipu kolonijas apmetas uz zemūdens priekšmetiem un atgādina sūnām līdzīgus apaugumus. Medūzas ir peldošas un ļoti sīkas. Izņēmums ir Tālo Austrumu jūru piekrastē mītošā *krustmedūza*, kuras diametrs var sasniegt 4 cm. Tā ir bīstama cilvēkam, jo, medūzai pieskaroties, tās dzelkapsulu inde var izraisīt ne tikai ādas iekaisumu, bet arī sirds un nervu darbības traucējumus.

Scifozoju klases pārstāvji gandrīz visi dzīvo jūrā. Dzīves ciklā spēcīgāk izteikta medūzu paaudze. Medūzu ķermeņa diametrs dažām sugām var sasniegt 2 m. Turpretī polipi ir mikroskopiski. Rīgas jūras līcī parasta ir *rožainā aurēlija*, kuras medūzu paaudze rudenos tiek izskalota krastā. Medūzu ķermeņa diametrs mūsu apstākļos ūdens mazā sāļuma dēļ tām nepārsniedz 20 cm. Cilvēkam nav bīstamas. Ļoti indīgas ir tropu jūrās mītošās *kubomedūzas*, kuru ķermeņa forma atgādina kubu ar noapaļotiem stūriem.

Koraļļu klasi pārstāv tikai polipi. Tie ir sīki un dzīvo ar substrātu saistītās kolonijās. Polipu ektodermas šūnas izdala kalķi, kas vai nu izgulsnējas mezoglejā, vai apņem no ārpuses polipa ķermeni. Skeleti pēc dzīvnieku nāves saglabājas, un ar laiku no tiem rodas koraļļu rīfi un salas. Masīvas koraļļu celtnes okeānā un jūrās izveidojas tikai tādās vietās, kur ūdens temperatūra nekad nenoslīd zem 20 °C, sāļums — zem 30‰ un kur jūru straumes tiem piegādā barību — sīkus ūdens organismus. Sekmīgai koraļļu attīstībai nepieciešama arī saules gaisma, bez kuras nevar eksistēt koraļļos simbiozējošās aļģes, tāpēc dzīvie rifu koraļļi sastopami tikai līdz 50 m dziļumam.

Koraļļu klasē sastopami arī vieninieki, piemēram, *aktīnijas*, kuru ir aptuveni 1000 sugas. Aktīnijas ir ievērojami lielākas par koloniālajiem koraļļiem, un to polipa diametrs var pārsniegt 60 cm. Kalķa skeletu tās neveido un nav uz mūžu saistītas ar substrātu — spēj lēnām pārvietoties pa to.

Koraļļu rīfi ir visdaudzveidīgākās jūru biocenozes, jo tie sniedz gan slēptuves, gan barību daudziem un dažādiem dzīvniekiem. Koraļļus izmanto gan rotaslietu gatavošanai (sarkanos, melnos koraļļus), gan augstvērtīga kalķa ieguvei. Koraļļu rifu cietās, asās šķautnes ir bīstamas kuģiem.

## PLAKANTĀRPU TIPS

Plakantārpiem nosaukums radies no plakanā, muguras—vēdera virzienā saplacinātā ķermeņa, kas atgādina lapu, lenti u. tml.

**Simetrija.** Pārejot no peldoša uz rāpojošu dzīvesveidu, plakan-

tārpu senči ieguva *divpusīgu simetriju*, ko raksturo viena simetrijas ass un viena simetrijas plakne, kas ķermeni sadala divās līdzīgās daļās — labajā un kreisajā. Evolūcijas ziņā ļoti svarīgi ir tas, ka šādiem dzīvniekiem kustības virzienā vērstais gals diferencējās par ķermeņa priekšgalu, kurā koncentrējās nervu mezgli un maņu orgāni. Ķermeņa uzbūve plakantārpiem kļuvusi ievērojami sarežģītāka arī tāpēc, ka audu un orgānu veidošanā piedalās 3 digllapas — ektoderma, entoderma un mezoderma.

**Ķermeņa segu** veido *ektoderma*. Brīvi dzīvojošām formām (skropstiņtārpiem, trematožu kāpuriem) tā sastāv no skropstiņepitēlija, bet, pārejot uz parazītisku (īpaši uz endoparazītisku) dzīvesveidu, tā nomaina blīvu, biezu ķermeņa segu bez skropstām.

**Muskulatūra** attīstās no *mezodermas*. Tā atrodas zem ķermeņa segas un veido no gludās muskulatūras sastāvošus gareniskās, gredzeniskās un slīpās muskulatūras slāņus. Muskulatūra kopā ar ķermeņa segu veido elastīgu *ādas-muskuļu maisu*, kurā atrodas iekšējie orgāni. Telpu starp iekšējiem orgāniem un ādas-muskuļu maisu aizpilda mezodermālas izcelsmes primitīvi saistaudi — t. s. parenhīma.

**Nervu sistēma** vairs nesastāv no izkliedētu nervu šūnu tīkla ap ķermeni (kā tas ir zarndobumaiņiem), bet ir izveidojušies nervu šūnu sakopojumi — pārskaita *nervu mezgli* (gangliji) ķermeņa priekšgalā, kuri funkcionē kā koordinācijas centrs. No tiem atiet nervu stiegras.

**Maņu orgāni** (taustekļi, primitīvas kausveida acis u. c.) ir brīvi dzīvojošām formām, kā arī daļai ektoparazītu. Pārejot uz endoparazītisku dzīves veidu, nervu sistēma un maņu orgāni reducējas.

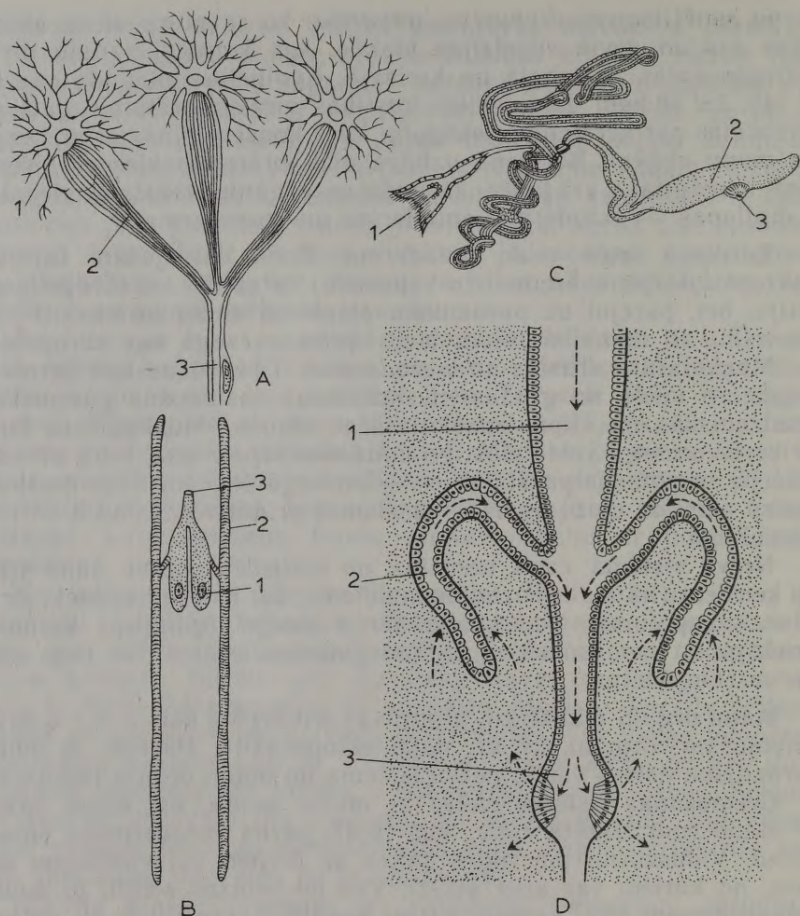
**Gremošanas sistēma** sākas ar *muti atveri*, aiz kuras sākas ar ektodermu izklāta *rikle*, kas tālāk pāriet entodermālā *viduszarnā*. Viduszarna pie rīkles sākas ar diviem vai vairākiem zariem, no kuriem var atiet atzari. Visi tie beidzas slēgti, jo ānusa plakantārpiem nav. Lenteņi zarnu kanālu ir zaudējuši un gatavu sagremotu barību no saimnieka zarnām uzņem caur ķermeņa virsmu.

**Osmoregulācijas un šķidro vielmaiņas galaproduktu izvadīšanas funkciju** pilda *protonefrīdiji* — ektodermālas izcelsmes zaroti kanāli parenhīmā (40. att.). Katrs protonefrīdiju kanāls sākas ar *terminālo šūnu*, caur kuru kanālos iesūcas liekais ūdens un šķidrie vielmaiņas galaprodukti. Terminālās šūnas skropstiņu pušķis, kā arī kanālu sienu skropstiņu kustības dzen ūdeni uz *izvadporu*, ar kuru protonefrīdiji atveras ārvidē.

**Vairojas** galvenokārt dzimumiski, taču iespējama arī bezdzimumvairošanās, šķērseniski daloties (skropstiņtārpiem).

Dzimumsistēma biežāk ir hermafroditiska (vienā individā atrodas kā vīrišķā, tā sievišķā ģenitālā sistēma), sarežģīta, ļoti produktīva (it sevišķi parazītiem). Tā sastāv no olnīcām, sēkliniekiem, dzimumšūnu izvadkanāliem, kopulācijas orgāna, īpašiem dziedzeriem, kuru sekrēti baro olšūnas, veido olas čaulu, samitrina





40. att. Daži bezmugurkaulnieku izvadorgānu tipi:

A — lentēna protonefrīdiju sākuma daļa, 1 — terminālā šūna, 2 — mirgojošā «liesma», 3 — izvadkanāls; B — nematožu ādas dziedzeri (1) ar kanāliem (2) un izvadporu (3); C — posmtārpu metanefrīdijs, 1 — piltuve, 2 — urīnpūslis, 3 — izvadpore; D — ūdens cirkulācijas ceļš kukaiņu zarnu kanālā un Malpīģija vados, 1 — viduszarna, 2 — Malpīģija vads, 3 — galazarna.

izvadkanālu saturu u. c. (Atcerēsieties, ka zarndobumaiņiem ir tikai dzimumdziedzeri!) Apaugļošanās iekšēja.

**Attīstība** notiek vai nu *tieši* (baltajai planārijai), vai ar *metamorfozi*, t. i., vienu vai vairākām kāpura stadijām (trematodēm, lenteņiem). Daļai plakantārpu (trematodēm) attīstības ciklā notiek paaudžu maiņa.

**Asinsrites un elpošanas sistēmas** plakantārpu attīstības līmeni vēl nav. Gāzu maiņa notiek caur ķermeņa virsmu, bet endoparazīti enerģiju iegūst anaerobi.

**Sistemātika.** Plakantārpu tipā apvienotas vairākas klases, no kurām nozīmīgākās ir *skropstiņtārpu*, *sūcējtārpu* jeb *trematožu*, *monogeneju* un *lenteņu klases*.

Skropstiņtārpi ir dažus milimetrus vai dažus centimetrus gari tārpi baltā, brūnā, pelēkā, retumis spilgtā krāsā. Tie ir brīvi dzīvojoši plēsēji, kas pārtiek no dažādiem sīkiem dzīvniekiem, dažkārt arī no saviem ciltsbrāļiem. Sugu vairums mīt jūrās, ezeros, dīķos, upēs, bet daļa — augsnē un jūru piekrastes smiltīs. Mūsu republikas saldūdeņos atrastas 14 sugas. No tām pazīstamākā ir *baltā planārija*. Tā ir līdz 2 cm gara. Ķermeņa priekšgalā ir divas melnas apvērstas acis\* un divi īsi taustekļi. Paēdušiem tārpiem baltajā ķermenī skaidri iezīmējas tumšas zarnas kontūras. Mute atrodas vēderpusē, apmēram ķermeņa vidū. Ar labi attīstītajiem ķīmiskās maņas orgāniem — *sensilām\*\** baltā planārija sajūt barības objektu, ātri tuvojas un iespiežas tajā ar garo, caur muti izvīrīto, muskuļoto rīkli. Barības sagremošana turpinās trīszarotā viduszarnā, kurā notiek arī iekššūnu gremošana (tāpat kā zarndobumaiņiem). Nesagremotās barības atliekas izmet caur muti.

Vairojas galvenokārt dzimumiski. Dēj apaugļotu, kopīgā apvalkā ieslēgtu olu grupas (kokonus), bet iespējama arī bezdzimumvairošanās — dališanās. Līdz ar to skropstiņtārpiem ir lielas reģenerācijas spējas. Šī iemesla dēļ tos izmanto laboratorijās reģenerācijas un transplantācijas mehānismu pētīšanā. Skropstiņtārpiem ir liela filoģenētiska nozīme, jo no to senčiem cēlušies pārējie plakantārpi, kā arī veltītārpu un celomisko dzīvnieku\*\*\* priekšteči.

Trematodes jeb sūcējtārpi parazitē mugurkaulnieku dažādos iekšējos orgānos — žultsvados, zarnās, urīnpūslī, asinsvados, plaušās un citur, nereti izraisot dzīvnieku un cilvēka saslimšanu.

Trematožu ķermenis ir lapveida ar diviem *piesūcekņiem* — mutes un vēdera. Aiz mutes piesūcekņa ir rīkle, bet vēdera piesūceknim nav nekāda sakara ar gremošanas sistēmu, tas ir tikai fiksācijas aparāts. Trematodes ir hermafrodīti. Apaugļotās olas kopā ar saimnieka izdalījumiem nonāk ārvīdē.

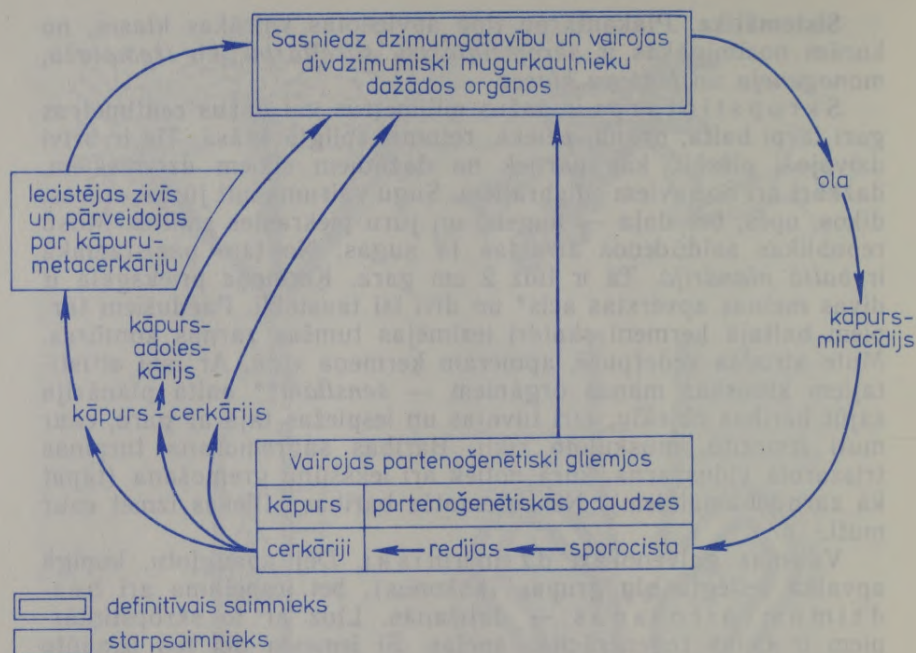
---

\* Par apvērstām jeb invertētām acīm sauc acis, kurās gaismas kairinājums nonāk vispirms maņu šūnu ķermenī un tikai pēc tam gaismas jutīgajos elementos — nūjiņās, kas pavērstas nevis pret gaismas avotu, bet gan pret acs kausa dibenu.

\*\* Planārijas sensila ir maņu šūna, no kuras distālā gala ārvīdē iesniedzas maņu vicas, bet no šūnas pretējā pola atejošie izaugumi pieslēdzas smadzeņu ganglijam.

\*\*\* Par celomiskiem dzīvniekiem sauc dzīvniekus, kuriem ir sekundārais ķermeņa dobums jeb celoms.





41. att. Dažu trematožu attīstības cikli:

A — kaķa trematodes, B — aknu fasciolas, C — šistosomas, D — dziedātājputnu trematodes.

**Attīstības cikls** ir sarežģīts — ar vairākām kāpura stadijām un ar paaudžu maiņu (41. att.).

No olas iznāk skropstains kāpurs — *miracīdijs*, kas uzmeklē noteiktu gliemju sugu. Gliemji ir obligāts starpsaimnieks visām trematodēm. Jādoma, ka evolūcijas gaitā, brīvi dzīvojošiem sūcējtarpu senčiem pārejot uz parazitismu, par pirmo saimnieku nodereja gliemji. Tikai vēlāk attīstības cikls papildinājās ar citiem saimniekiem. Gliemī kāpurs nomet skropstiņas, kļūst maisveidīgs un pārveidojas par *pirmo partenogēnētisko paaudzi* (ražo olšūnas, kurām nav vajadzīga apaugļošana) — *sporocistu*. Sporocistā no neapaugļotām olšūnām attīstās daudzi nākamās partenogēnētiskās paaudzes — *redijas* — pārstāvji. Katrā redijā pēc tam, kad sporocista sairusi, savukārt partenogēnētiski attīstās kāpuri — *cercāriji*. Tādējādi no viena miracīdija atkārtotas partenogēnēzes rezultātā gliemī izeidojas vairāki simti trematodes pēcnācēju. Cercāriji ir līdzīgi pieaugušai trematodei: tiem ir plakans, ovāls ķermenis ar diviem piesūcekņiem, divzarotu viduszarnu, protonefrīdiju sistēmu. Daudzu sugu cercārijiem ir aste, ar kuras palīdzību pēc iznākšanas no gliemja cercārijs peld ūdenī. Tālākais cercāriju liktenis dažādām trematožu sugām ir dažāds. *Aknu fasciolas*

(41. att. B) cercāriji piestiprinās pie zāles vai siena stiebra, iecistējas un pārveidojas par siku lodveidīgu *adoleskāriju*, kuru kopā ar zāli apēd definitīvais saimnieks — govslopi, kazas, aitas. Retumis adoleskāriju var norīt arī cilvēks. Definitīvā saimnieka žultsvados aknu fasciola sasniedz dzimumgatavību.

Saslimstība ar fasciolozī Latvijā ir stipri samazinājusies, jo tiek meliorētas pļavas, tāpēc iznīkst aknu fasciolas starpsaimnieks — mazais diķgliemezis.

*Kaķu trematodes* cercāriji (41. att. A) nokļūst otrā starpsaimniekā — zivīs, iecistējas to audos un pārveidojas par kāpuru — *metacercāriju*. Cilvēks un dzīvnieki (galvenokārt kaķi) invadējas, ēdot jēlas vai termiski mazapstrādātas zivis. Aknu žultsvados kaķu trematode sasniedz dzimumgatavību un izraisa to iekaisumu. *Šistosomas cercāriji* (41. att. C) ieurbjas ūdenī iebrieduša cilvēka kājās, rokās un citās ķermeņa daļās, nonāk asinsrites sistēmā, kur sasniedz dzimumgatavību. Mūsu republikā abas pēdējās trematožu sugas nav konstatētas.

Citu trematožu sugu pārstāvji zivīm izraisa aklumu, putniem — olu liešanas slimību, zarnu iekaisumu, plaušu iekaisumu un citas slimības, tāpēc, lai varētu sekmīgi veikt profilaktiskās apkarošanas darbu, jāzina parazītu attīstības cikli.

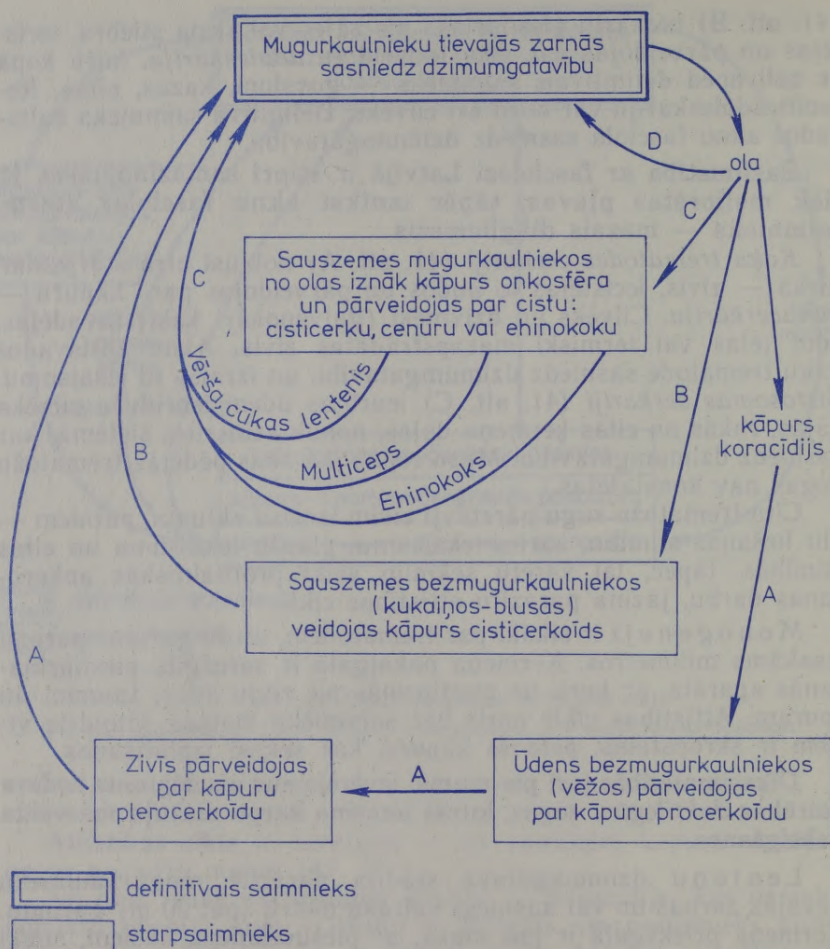
Monogeneji ir sīkāki par trematodēm, un to garums parasti izsakāms milimetros. Ķermeņa pakalgalā ir sarežģīts piestiprināšanās aparāts, ar kuru tie piestiprinās pie zivju ādas, žaunām un spurām. Attīstības cikls noris bez saimnieka maiņas. Gandrīz visiem ir skropstains, peldošs kāpurs, kas sekmē izplatīšanos.

Diķsaimniecībā (arī pie mums) ievērojamus zaudējumus nodara vairākas *daktilogīru* sugas, kuras ierosina karpu mazuļu masveida nobeigšanos.

Lenteņu dzimumgatavā stadija parazitē mugurkaulnieku tievajās zarnās un var sasniegt vairāku metru (pat 20 m) garumu. Ķermeņa priekšgalā ir ļoti maza, ar piesūcekņiem, kāšiem, snuķi un citiem piestiprināšanās aparātiem bruņota galva. Aiz galvas ir kakls, kura rajonā lenteņi aug (kakla galā norobežojas arvien jauni lenteņa nodalījumi — *proglotīdi*). Pārējo ķermeni veido proglotīdu lente, kurā proglotīdu skaits svārstās no 3 (ehinokokam) līdz vairākiem tūkstošiem (platajam lentenim).

Sajā plakantārpu klasē *pielāgošanās parazitismam* gājusi visālāk. Dzīvojot saimnieka sagremotā, izmantošanai gatavā barības masā, lenteņiem kļuvusi lieka gremošanas sistēma, tāpēc tās nav. Gatavu barību uzņem caur ķermeņa virsmu. Stipri reducēta nervu sistēma un maņu orgāni, bet ārkārtīgi labi attīstīta dzimumsistēma. Katrā lenteņa proglotīdā ir patstāvīgs hermafrodītisks dzimumsistēmas komplekts (dažām sugām pat divi). Kakla tuvumā esošajos jaunajos proglotīdos vispirms sāk veidoties vīrišķā dzimumsistēma, lentes vidusdaļā abas sistēmas ir pilnīgi nobriedušas un gatavas apaugļošanās procesam. Apaugļošanās ir iekšēja un var notikt viena proglotīda ietvaros, kā arī sakļaujoties viena lenteņa





42. att. Lenteņu attīstības ciklu varianti:

A — platā lenteņa, B — suņa lenteņa, C — vēšu un cūku lenteņa, multicepa, ehinokoka, D — pundurlenteņa attīstības cikls.

diviem vidusdaļas proglotīdiem, bet, ja zarnās ir vairāki lenteņi, tad sēklas apmaiņa notiek starp tiem. Lentes beigu daļā saglabājas tikai ar apaugļotām olām pieblīvēta dzemde, jo pārējās dzimumsistēmas daļas pēc apaugļošanas pakāpeniski reducējas. Šie pēdējie proglotīdi atraujas no lentes un kopā ar saimnieka fekālijām nonāk ārvidē. Vērša lenteņa diennaktī atdala 5—7 proglotīdus, kuros atrodas līdz 2 milj. olu. Tālākais attīstības cikls dažādām lenteņu sugām ir dažāds (42. att.).

Vissarežģītākais attīstības cikls ir *platajam lenteņim*. Tā pieaugusi forma parazitē galvenokārt cilvēka, retāk zivēdāju zīdītāju zarnās un vidēji sasniedz 10 m garumu. Ja olas kopā ar

saimnieka fekālijām nonāk ūdenī, tajās attīstās skropstains kāpurs — *koracidijs*. Tālākā attīstība notiek, ja koracidijs apēd kāds airkājvēzis, piemēram, ciklops. Šī pirmā starpsaimnieka ķermeņa dobumā 2—3 nedēļu laikā parazitē pārveidojas par nākamo kāpura stadiju — *procerkoīdu*. Otrs starpsaimnieks platajam lentenim ir asaris, lidaka un citas zivis, kuru zarnās nonāk ar lenteņa kāpuriem invadēti airkājvēži. No zivs zarnām kāpurs migrē uz zivs muskulatūru, dažiem iekšējiem orgāniem un 4—5 nedēļās pārvēršas par pēdējo kāpuru stadiju — 1—5 cm garu bāldzeltenu *plerocerkoidu*. Cilvēks invadējas, ēdot jēlas, nepietiekami izsālītas vai nepietiekami termiski apstrādātas zivis. Cīņā ar šo parazitētu liela nozīme ir profilaksei — neieplūdināt ūdenstilpēs fekālijas, neēst jēlas zivis.

*Suņu lenteņa* attīstības ciklā ir tikai viens starpsaimnieks — blusas vai matgrauži, kuros pēc lenteņa olas norišanas attīstās kāpurs *cisticerkoīds*. Suns invadējas, norijot šos kukaiņus. Ar suņu lenteni var invadēties arī cilvēks, īpaši bērni, kas ļauj sunim laizīt seju, rokas, jo siekalās var atrasties no sakostām blusām izkļuvušie *cisticerkoīdi*.

Arī *ehinokoka* izplatīšanā galvenā nozīme ir suņiem, kuru zarnās parazitē sasniedz dzimumgatavību. Pieaudzis ehinokoks ir tikai 8 mm garš, tam 3 vai 4 proglotīdi. Ehinokoka starpsaimnieks ir cilvēks, kā arī dažādi mājas un savvaļas dzīvnieki. Cilvēks invadējas ar sīkajām ehinokoka olām, kuras pielip pie rokām, gļaudot suni. Pēc nokļūšanas cilvēka zarnās parazitē aizceļo uz aknām, retāk citiem orgāniem (piemēram, plaušām) un tur pārveidojas par pūšļveida *finnu*, kas var sasniegt 15 cm diametrā un saturēt vairākus sekundārus pūšļus, katru ar daudzām galvām. Šādu finnas formu sauc par *ehinokoku*. Ehinokoka pūslis traucē invadētā orgāna darbību, izraisa sāpes, dažkārt pat cilvēka nāvi.

Cilvēks ir definitīvais saimnieks *cūkas* un *vērša lentenim*. Pirmais no tiem cilvēka zarnās sasniedz 3 m, bet otrs — 10 m garumu. Ar fekālijām ārvīdē nonākušās olas apēd cūkas vai govslopi, kuru muskulatūrā attīstās lenteņu finna — *cisticerks* (pūslis ar vienu uz iekšu ievilkto galvu). Kāpurs finnā nobeidzas, ja gaļu ilgstoši termiski apstrādā.

Visvienkāršākais attīstības cikls ir *cilvēka pundurlentenim*, kuram starpsaimnieks nav vajadzīgs. Cilvēks invadējas caur muti ar lenteņa olām, kuras pielipušas pie netīriem produktiem vai rokām. No olām zarnu sienās attīstās kāpuri, kuri turpat zarnās pārvēršas pieaugušā stadijā. Ar fekālijām olas nonāk ārvīdē.

Lenteņu izraisītās slimības sauc par *cestodozēm*. Zarnās parazitējošie lenteņi rada zarnu darbības traucējumus, nelabu dūšu, organisma novājēšanu.

Mūsu republikā iedzīvotāji ar cestodozēm saslimst reti. Biežāk sastopams ir pundurlentenis. Ievērojot profilaktiskos pasākumus, tārpā izraisīto slimību — helmintožu izplatību iespējams samazināt vēl vairāk.



Tipā apvienoti dzīvnieki, kuriem ir veltņveidīgs ķermenis, primārs ķermeņa dobums un caurulveidīgs zarnu kanāls, kas sākas ar muti un beidzas ar ānusu. Tipa iedalījums klasēs parādīts 5. tabulā. No tām tālāk raksturota tikai nematožu klase. Nematožu vairumam ķermeņa garums mērāms milimetros, bet virknei parazitāru tas ir ievērojami lielāks. Cilvēka cērmes mātītes garums var sasniegt 40 cm, rištas — 1,5 m, bet kašalota placentas nematodes — pat 6 m.

**Ķermeņa sega** nematodēm salīdzinājumā ar skropstīntārpiem ir zaudējusi skropstiņas un ieguvusi biezu daudzslāņainu kutikulu, kas labi pasargā no dažādiem vides faktoriem, taču traucē kustības un augšanu, tāpēc individuālās attīstības gaitā vairākas reizes tiek mainīta.

**Muskulatūras** vienkāršošanās arī cieši saistīta ar kutikulas attīstību. Izveidojas tikai gareniskās muskulatūras slānis.

Telpu starp ādas-muskuļu maisu un iekšējiem orgāniem piepilda nevis parenhīma (kā plakantārpiem), bet ar šķidrumu pildīts **pirmatnējais ķermeņa dobums**, pēc izcelsmes blastulas dobums, kuram nav savu, no epitēlija veidotu sienu. Ķermeņa dobumam ir vairākas svarīgas funkcijas: balstfunkcija (dobumā esošais šķidrums izspilē ādas-muskuļu maisa sienas un neļauj tām saplakt), transportfunkcija (uzņem no zarnas sagremoto barību un piegādā to audiem un orgāniem, kā arī aizvada ekskretīvijas uz izvadorgāniem) un aizsargfunkcija (ķermeņa dobuma šķidrums satur indīgas vielas).

**Gremošanas sistēma** salīdzinājumā ar plakantārpiem ir progresējusi: izveidojusies ektodermāla *galazarna* un *ānuss*. Līdz ar to ir nodrošināta barības vienvirziena plūsma un labāka izmantošana.

**Izvadsistēma** vairs nav protonefrīdiji, bet dažādi ādas dziedzeri (40. att.).

**Nervu sistēma** vāji attīstīta un sastāv no rikles nervu gredzena un gareniskām nervu stiegrām, kuras savā starpā saista lokveida nervi (39. att.).

**Maņu orgāni** — taustes pauguri un sariņi — attīstījušies galvenokārt ap muti, bet tēviņiem — arī ķermeņa pakalgalā. Galvas sānos ir ķīmiskās maņas orgāni — ādas ieliekumi, kuros atrodas maņu sariņi.

**Vairojas** tikai dzimumiski. Dzimumsistēma parasti ir šķirt-dzimumiska. Daudzu sugu tēviņi arī ārēji atšķiras no mātītēm, piemēram, cērmju tēviņi ir mazāki, pakalgalš tiem saliekts kāši. Taču daļai parazitāru vērojama tendence sekundāri pāriet uz hermefrodītismu. Salīdzinājumā ar plakantārpiem veltņtārpu dzimumsistēma ir vienkāršāka, pavadienveidīga, bez papilddziedzeriem un kopulācijas orgāna. Mātītēm tā ir pārskaitā un sastāv no divām pavadienveida *olnicām*, no kuru iekšējā epitēlija veidojas

*olšūnas*. Olšūnas virzās pa olvadiem uz *dzemdi*, apaugļojas, dros-  
talojas, pārklājas ar apvalku, t. i., noformējas par olām. Abas  
dzemdes saplūst nepāra *maksti*, kas atveras uz āru tuvāk ķer-  
meņa priekšgalam. Tēviņiem viens no dzimumpavedieniem parasti  
ir izzudis. Dzimumsistēma sākas ar *sēklinieku*, kas pāriet cauruļ-  
veida *sēklvadā* un beidzas nevis ar patstāvīgu dzimumatveri kā  
mātītēm, bet galazarnā. Vairums nematožu dēj olas, bet dažu  
sugu (trihinellu, rištas) mātītes dzemdē kāpurus. Apaugļošanās  
iekšēja.

**Dzīves ciklā** parasti ir viena vai vairākas kāpura stadijas.

**Saimnieciskā nozīme** nematodēm ir ļoti liela. Augsnes  
augšējā slānī ir milzumdaudz siku (apmēram 1 mm garu) augšnes  
nematožu, kuras pārtiek no trūdvielām, mikroorganismiem un  
piedalās augšnes veidošanā. Daudzas kļuvušas par augu  
kaitēkļiem. Mūsu apstākļos sevišķi bīstamas ir *kartupeļu*, *sakņu*  
*pangu* un *zemeņu nematodes*, kuras ievērojami samazina kultūr-  
augu ražību. Kādas 3000 sugas parazitē cilvēkā un dzīvniekos.  
No cilvēkā parazitējošām nematodēm galvenā nozīme Latvijā ir  
*cērmei*, *matgalvim*, *spalitim* un *trihinellai*.

Cilvēka cērmes pieaugušā stadijā parazitē zarnās. Ar  
fekālījām izdalītajās olās dažu nedēļu laikā nobriest invadēspē-  
jīgs kāpurs. Dārzos, kuru mēslošanai izmanto fekālijas, olas pie-  
līp pie salātiem, burkāniem, zemenēm u. c. Pret ārējās vides fak-  
toriem tās ir ļoti izturīgas un ilgi saglabājas dzīvas. Lietojot svaig-  
us nemazgātus dārzeņus, nemazgājot rokas pirms ēšanas, olas  
nokļūst cilvēka zarnās, kur no tām izlien kāpurs. Kāpuri ieurbjas  
zarnu sienas asinsvados. Asinsstraume tos aiznes uz aknām, sirdi,  
un beidzot tie nonāk plaušu artērijās. Caur plaušu kapilāriem  
kāpuri iekļūst alveolās, kur divas reizes maina kutikulu, pēc tam  
pa trahejām aktīvi ceļo uz mutes dobumu, tiek otrreiz norīti un  
pēc vēlreizējas kutikulas maiņas sasniedz dzimumgatavību. At-  
tīstības ilgums no invadēšanās brīža līdz dzimumgatavības sa-  
sniegšanai ir 10—11 nedēļas. Parazīta kopējais dzīves ilgums  
nepārsniedz vienu gadu. Dzīvojot cilvēka zarnās, cērmes izdala  
cilvēkam toksiskas vielas, var radīt zarnu aizsprostojumus, bet  
ceļodamas izplata organismā zarnu mikrofloru, kā arī mehāniski  
bojā audus, īpaši asinsvadus un plaušas.

Pirms dažiem gadu desmitiem cērmes bija plaši izplatīts  
parazīts mūsu republikā. Tagad invāzijas apjoms ir samazinājies  
vairāk nekā 10 reizes.

Cilvēka matgalvis ir apmēram 5 cm garš. Tas apmetas  
cilvēka aklajā zarnā un ar ļoti tievo, matam līdzīgo priekšgalu  
dzīli iespiežas zarnas sienā. Ārvidē izdalītās olas ir mazāk izturīgas  
pret aukstumu nekā cērmes olas. Tāpēc matgalvis ir biežāk sastop-  
ams republikas rietumdaļā, kur ziemas ir maigākas. No norītajām  
olām zarnās izšķīlas kāpurs. Tas 4 reizes maina kutikulu un apmē-  
ram mēneša laikā sasniedz dzimumgatavību. Cilvēka aklajā zarnā  
matgalvju mātīte var dzīvot apmēram 5 gadus. Profilaktiskie



pasākumi ir tādi paši kā pret cilvēka cērmi — higiēnas noteikumu ievērošana.

Cilvēka spalīša tēviņa garums nepārsniedz 5 mm, mātītes garums — 12 mm. Parazīte resnajā zarnā. Invadēti ir galvenokārt bērni. Apauglota mātīte pirmajās nakts stundās migrē uz ānusu, tā krokās izdēj līdz 17 000 olu un nobeidzas. Ārvidē olas kļūst invadētspējīgas 4—6 stundu laikā, taču uz veļas un citiem priekšmetiem tās var saglabāties apmēram 3 nedēļas. Viena no raksturīgākajām saslīmšanas pazīmēm ir nieze ānusa apvidū. Kasot šo vietu, olas pielīp pie pirkstiem un var nokļūt mutē. No olām zarnās izšķīļas kāpuri, kuri apmēram divu nedēļu laikā sasniedz dzimumgatavību. Spalīšu apkarošanā galvenā nozīme ir higiēnai — roku mazgāšanai, veļas vārīšanai un gludināšanai.

Trihinellas ir viens no bīstamākajiem cilvēka helminti. Mātītes sasniedz 4 mm, tēviņi — 2 mm garumu. Trihinellas parazītē dažādos dzīvniekos, piemēram, cūkās, žurkās, pelēs, kaķos, kā arī cilvēkā. Cilvēks invadejas, ēdot cūku gaļu, kuru šķērsvītrotajā muskulatūrā apmetušies trihinellu kāpuri. Nonākuši cilvēka zarnās, tie 1—2 nedēļas attīstās par dzimumgatavām trihinellām. Šajā laikā tās var izdzīt ar caurejas līdzekļiem. Zarnās notiek apaugļošanās process. Apaugļotā mātīte ieurbjas zarnu sienā un, dzīvodama tur 50 dienas, dzemdē apmēram 2000 kāpuru. Kāpuri ieceļo zarnu sienas limfvados, vēlāk arī asinsvados un, asinsstrauces nesti, nonāk šķērsvītrotajā muskulatūrā, kur ap katru no tiem izveidojas cista. Cistas sienās ieaug asinsvadi un nervi. Asinis parazītu baro, kā arī aiznes projām tā vielmaiņas galaproduktus. Kāpuri apmetas ar asinsvadiem labi apgādātā muskulatūrā, visbiežāk mēlē, diafragmā, ribstarpu un acsābolu muskuļos. Šajā stadijā no trihinellām atbrīvoties ir ļoti grūti. Slimības simptomi ir acs plakstiņu, vēlāk visas sejas tūska, kas var izplatīties tālāk ķermenī, drudzis, sāpes invadētajos muskuļos.

Trihinelozes profilaksē ietilpst obligāta gaļas veterinārā kontrole, žurku un peļu iznīcināšana. Ar trihinellām invadētu gaļu aizliegts lietot uzturā, kā arī izbarot dzīvniekiem. Tā jāiznīcina.

Dienvīdū zemēs ir izplatīta Medīnas rišta, kuras mātītes sasniedz 100 cm, tēviņi — 30 cm garumu. Parazīts lokalizējas cilvēkam (retumis suņiem, kaķiem) zem ādas, visbiežāk kājās. Apauglota mātīte ādā izurbj atveri, tai cauri izvirza savu dzimumatveri un, kad cilvēks iebridis ūdenī, izdala kāpurus. Kāpurus apēd airkājvēži. Cilvēks invadejas, dzerot nevārītu ūdeni un kopā ar to norijot vēzus.

Latvijas ezeros un dīķos starp ūdensaugiem atrodami matoni, kas pēc izskata līdzīgi rištai, var sasniegt vairākus desmitus centimetru garumu un nepareizi tiek uzskatīti par bīstamiem cilvēkam. Matoņu pieaugušās formas dzīvo ūdenī, barību neuzņem, bet kāpuri parazītē kukaiņos. Matoņus kā patstāvīgu klasi agrāk pievienoja veltņtārpu, pēdējā laikā — snuķgalvtārpu tipam (5. tab.).

## GLIEMJU TIPS

**Tipa vispārīgs raksturojums.** Gliemji cēlušies no pirmatnējiem celomiskiem dzīvniekiem, kad tiem sākās vai pat vēl nebija sākusies ķermeņa sadalīšanās posmos. Arī recentajiem gliemjiem ķermenis ir neposmots un sekundārais ķermeņa dobums (celoms) vāji attīstīts. Simetrija ir divpusīga, bet daļa gliemežu, sagriežoties viduklim, ir kļuvuši asimetriski.

**Ārējā uzbūve.** Gliemju ķermenī izšķirami 3 nodaļējumi: *galva*, *viduklis* un *kāja*. Galvā atrodas smadzeņu gangliji, taustekļi, acis un gremošanas sistēmas sākums. Viduklī novietojušies iekšējie orgāni. Kāja ir muskulots ķermeņa izaugums, ar kuru gliemis pārvietojas.

Gliemju ķermeni sedz *epitēlijs*. Vidukļa rajonā tas veido kroku — *mantiņu*, kas apņem vidukli un dažkārt arī kāju. Telpu starp ķermeni un mantiņu sauc par *mantijas dobumu*, un tajā cirkulē ūdens. Mantijas dobumā atrodas žaunas, ķīmiskās maņas orgāni. Tajā atveras izvadorgāni, ģenitālā sistēma un galazarna. Mantijas dobums sauszemes gliemežiem ir pārveidojies par elp-dobumu, kurā cirkulē gaiss.

Mantijas dziedzeri izdala *čaulu*, kas var sastāvēt no plātnītēm (bruņgliemjiem), ķermeņa segā izkaisītām kaļķa adatām (rievvēdergliemjiem), diviem vākiem (gliemenēm) vai būt viengabala (gliemežiem, galvkājgliemjiem). Iespējams, ka šādā secībā notika čaulas veidošanās evolūcijas procesā. Čaulā izšķir 2 vai 3 slāņus. Čaulas ārējais slānis parasti sastāv no organiskas vielas, bet 1 vai 2 iekšējie — no  $\text{CaCO}_3$ . Čaulai ir aizsargnozīme. Daļai gliemju čaula ir gandrīz pilnīgi izzudusi (kailgliemežiem, vairumam galvkājgliemju), jo traucē kustības.

**Celoms** jeb sekundārais ķermeņa dobums atšķiras no veltnārpju primārā ķermeņa dobuma ar to, ka tam ir savas epiteliālas sienas, kuras embrionālās attīstības gaitā veidojas no pirmatnējām mezodermas šūnām (teloblastiem). Celomu piepilda šķidrums, kas apskalo dobumā esošos iekšējos orgānus. Gliemjiem celoms ir vāji attīstīts, nav posmots, veido nelielu dobumu ap sirdi (sirds somiņu jeb perikardu) un dažkārt ap dzimumsistēmu un gremošanas sistēmu. Pārējās telpas ap orgāniem aizpilda saistaudi.

**Gremošanas sistēma** sastāv no *priekšzarnas*, *viduszarnas* un *galazarnas*, kas beidzas ar *ānusu*. Gliemjiem raksturīgs veidojums rīklē ir no zobainām hitīna plātnītēm veidota *rīvīte*, kas, beržoties gar žokli, sasmalcina barību. Ir arī vairāki gremošanas dziedzeri.

**Asinsrites sistēma.** Asinis tek gan pa asinsvadiem, gan izplūst dobumos. Tādu asinsrites sistēmu sauc par *vaļēju* (pretēji slēgtai asinsrites sistēmai, kurā asinis cirkulē tikai pa asinsvadiem). Šajā gadījumā asinis pareizāk būtu saukt par *hemolimfu*, jo dobumos tās sajaucas ar celoma šķidrumu. Ir pulsācijas orgāns — *sirds*, kas nodrošina hemolimfas tecēšanu.



**Elpošanas sistēma.** Gliemjiem gāzu maiņa vairs nenotiek galvenokārt caur ķermeņa virsmu, kā tas bija iepriekšējiem tipi, bet ir speciāli elpošanas orgāni — *žaunas* (primāri ūdenī dzīvojošajiem gliemjiem) vai plauša (sauszemes vai sekundāri ūdenī pārgājušiem gliemežiem).

**Izvadorgānu sistēmā** protonefrīdijus ir nomainījuši *celomodukti* (ar mezodermaļu epitēliju izklāti kanāli, kuri savieno celomu ar ārējo vidi). Celomodukti sākas sirds somiņā un atveras mantijas dobumā. To skaits dažādās gliemju klasēs variē no viena (gliemežiem), diviem (viena pāra — bruņgliemjiem, gliemenēm) līdz vairākiem pāriem (monoplakoforiem, galvkājgliemjiem).

**Nervu sistēma** primitīvākajām grupām (bruņgliemjiem, rievvēdergliemjiem) zināmā mērā atgādina plakantārpu nervu sistēmu un sastāv no rikles nervu gredzena un četrām gareniskām nervu stiegrām, kuras savieno šķērsnervi. Tālāk evolucionējušām grupām uz nervu stiegrām veidojas vairāki gangliju pāri. Gliemenēm tie atrodas tālu viens no otra dažādās ķermeņa daļās. Šādu nervu sistēmu sauc par *izklaidētu gangliju tipa nervu sistēmu* (39. att.). Pāra ganglijus savstarpēji saista nervu stiegras — *komisūras*, bet dažādos ganglijus — *konektīvi*. Visaugstāko attīstību nervu sistēma sasniedz gliemežu un galvkājgliemju klasēs. Gangliji šiem gliemjiem koncentrējas galvas nodalījumā, veidojot spēcīgi attīstītus *virsrīkles ganglijus* jeb *smadzenes* un *zemrīkles gangliju* masu. Galvkājiem smadzenes pat daļēji ietvertas skrimšļa kapsulā (vienīgais gadījums starp bezmugurkaulniekiem!).

No **maņu orgāniem** labi attīstīti ķīmiskās maņas orgāni, kas parasti novietojušies pie žaunu pamata un informē dzīvnieku par garām plūstošā ūdens kvalitāti.

Daudziem gliemjiem pie galvas ir *taustekļi*. *Acis* ir vai nu pie taustekļu pamata, vai to galos (gliemežiem), uz mantijas malas (gliemenēm) vai galvas sānos (galvkājgliemjiem). Visaugstāko sarežģītības pakāpi tās sasniedz galvkājgliemjiem, kuru acīm ir konverģenta uzbūves līdzība ar mugurkaulnieku acīm. Taču galvkājgliemju acīm ir pavisam cita izcelsme — tās veidojušās kā ķermeņa ārējās sienas ieliekums (mugurkaulniekiem acis veidojas kā smadzeņu izaugums).

**Vairošanās** ir tikai dzimumiska.

**Dzimumsistēma** daļai gliemju ir hermafrodītiska, daļai šķirt-dzimumiska. Apmatīšanās ir iekšēja. No apmatīotās olšūnas ūdenī dzīvojošiem gliemjiem attīstās *peldošs kāpurs*. Dažu gliemeņu kāpuri parazitē zivju žaunās. Sauszemes gliemeži kāpura stadiju ir zaudējuši un attīstās tieši.

**Gliemju tipa daudzveidība.** Gliemju tipu iedala 7 klasēs (5. tab.). Apskatīsim gliemeņu un gliemežu klases.

**Gliemeņu jeb divvākgliemju klase.** Sugu vairums dzīvo jūrās un okeānos, pārējās — saldūdeņos. Lielākās ir *milzgliemenes* jeb *tridaknas*, kas dzīvo Indijas un Klusā okeāna koraļļu rifos un kuru masa sasniedz līdz 200 kg, bet čaulas vāku garums — 1,4 m. Mūsu

valstī lielākās ir *bezzobes* (vāku garums — līdz 20 cm). Bez-zobēm čaulas vāku iekšpusē gar augšējo malu nav kaļķa pauguru («zobu») — no tā arī ģints nosaukums. Gliemenēm galva izzu-dusi, ķermenis sastāv tikai no *vidukļa* un *kājas*. Ar kājas palī-dzību bezzobe rokas smiltis, kā arī lēnām pārvietojas dažus des-mitus centimetru stundā. Barojas ar sīkiem ūdens organismiem un detrita daļiņām, ko atfiltrē no mantijas dobumā ieplūstošā ūdens. Bezzobes ir šķirtdzimuma dzīvnieki. Tēviņu izdalītās sēklas-šūnas ūdens straume ienes mātītes mantijas dobumā. Aupaugļotās olas kādu laiku attīstās mātītes ārējās žaunu lapiņas dobumā, kura šajā laikā ir stipri uzpūsta. Nobriedušie kāpuri žaunas atstāj, no-nāk mantijas dobumā un ar ūdens straumi tiek izgrūsti laukā. Pēc tam tie pieķeras kādai zivij un kā ādas vai žaunu parazīti dzīvo vairākas nedēļas. Pēc tam, atstājušas saimnieku, sīkās bezzobītes apmetas uz gultnes un sāk dzīvot patstāvīgi. Mūsu upēs, ezeros un dīķos sastopamas 24 gliemeņu sugas, bet 4 dzīvo Rīgas jūras līcī un Baltijas jūrā Kurzemes piekrastē.

*Ziemeļu upjupērlene*, kas vēl retumis atrodama dažās Vidzemes upītēs, ierakstīta Latvijas Sarkanajā grāmatā. Gliemeņu nozīmi dabā un saimniecisko nozīmi apskatīsim nodaļas beigās.

**Gliemežu jeb vēderkājgliemju klase** tipa ietvaros ir vislielākā (5. tab.). Tās sugu skaits sastāda 85% no gliemju sugu kopskaita. Vairums dzīvo jūrās, taču daļa pārgājusi dzīvot saldūdeņos vai uz sauszemes.

Tārpveidīgā ķermeņa priekšgalā ir *galva* ar 1 vai 2 taustekļu pāriem. Vēderpusē attīstījusies plata, muskuļota, glotu dziedze-riem bagāta *kāja*. Mugurpusē paceļas paugurveidīgs vai spirālē sagriezts *viduklis*, ko apņem viengabala *čaula*.

Latvijas saldūdeņos bieži ir atrodami *dīķgliemeži* (7 sugas). Upju un ezeru piekrastēs, dīķos parasts ir *lielais dīķgliemezis* (čaulas augstums — līdz 5,5 cm), slapjās pļavās — *mazais dīķ-gliemezis* (čaula — līdz 1 cm augsta). Dīķgliemeži elpo gaisu, kas cauri elpatverei ieplūst mantijas dobumā, kura sienas ir bagātas ar asinsvadiem un funkcionē kā plauša. Tāpēc dīķgliemežiem laiku pa laikam jāpaceļas virs ūdens ieelpot. Skābekli tie izmanto ļoti ekonomiski, tāpēc zem ūdens var atrasties ilgi. Dīķgliemeži pār-tiek no augiem un grauž tos, izmantojot rīklē esošo rīvīti. Lielais dīķgliemezis ir ļoti ēdelīgs un līdztekus augiem apēd arī sīkus dzīvniekus, zivju ikrus u. c. Dīķgliemeži ir hermafrodīti. Olas dēj uz ūdensaugiem receklainā desveidīgā masā. Pēc 20 dienām no olām iznāk jauni gliemeži. Tie ātri aug, pirmā dzīves gada beigās sasniedz pusi no pieaugušā dīķgliemeža apmēriem un spēj vairo-ties.

Latvijā sastopamas 103 gliemežu sugas. No tām saudzējamo dzīvnieku sarakstā ietverts *parka vingliemezis*, kas Latvijā akli-matizēts viduslaikos.

**Gliemju nozīme** dabā un cilvēku dzīvē ir daudzpusīga. Tie ir nozīmīgs barošanās ķēdes loceklis gan ūdeņū, gan sauszemes



biocenozēs. No tiem pārtiek dažādas bentosēdājas zivis, daudzi putni un citi dzīvnieki. Daļa gliemju (gliemenes) barojas, atfiltrējot no ūdens baktērijas, viēnšūņus, sīkdetrītu u. c. Līdz ar to tiem ir nozīme ūdeņu bioloģiskās pašattīrīšanās procesā. Lauksaimniecībā un dārkopībā kaitīgi ir *kailgliemeži*, *raibais vīngliemezis* un daži citi, kuri pārtiek no dažādiem kultūraugiem. Vairāku gliemju sugu pārstāvjus (dažādas austeres, vēdekļgliemenes, mitilus, vīngliemežus, galvkājgliemjus) ne tikai masveidīgi vāc dabā, bet arī audzē cilvēka pārtikai.

Siko gliemju čaulas samaltā veidā izbaro mājputniem, bet no masivajām čaulām ar biezu perlamutra slāni (pie mums — no perlamutrenēm) gatavo perlamutra izstrādājumus. Dabiskās pērles iegūst galvenokārt no silto jūru gliemenēm. Mūsu republikā izaudzēt pērles (izgulsnēt ap mantijas dobumā iekļuvušu smilšu graudiņu čaulas materiālu, kura virsma klāta ar perlamutra slāni) spēj *ziemeļu upespērlene*. Kādreiz ziemeļu upespērleņi masveidīgi zvejoja Zviedrijas un Krievijas galmu vajadzībām. Pēc 1750. gada skaistas pērles vairs nav atrastas un pašu gliemeņu skaits sarucis līdz kritiskai robežai. Pēdējos gadu desmitos tas notiek galvenokārt upju piesārņojuma dēļ.

*Gliemenes-kuģurbji* bojā jūras ūdenī esošas koka būves (pāļus, laivas, kuģus), izalojot tos. Zemā ūdens sāļuma dēļ mūsu ūdeņos to nav. Toties no Kaspijas baseina pirms kādiem 150 gadiem ienākušās *dreisenas* labi iejutušās Lielupē, Daugavā un citās upēs. Šo gliemeņu peldošie mikroskopiskie kāpuri iekļūst hidroelektrostaciju caurulēs, piestiprinās pie to sienām un pakāpeniski tās aizsprosto.

Un, beidzot, gliemji ir obligāts starpsaimnieks visām trematodēm (41. att.), sekmē to savairošanos un izplatīšanos.

## POSMTĀRPU TIPS

**Tipa vispārējs raksturojums.** Ar posmtārpu tipu sākas posmaino celomisko dzīvnieku apskats. Posmtārpu radniecība ar posmkājiem ir tik liela, ka dažkārt tos apvieno vienā grupā (*Articulata*), tāpēc nav iemesla posmtārpus apskatīt kopā ar plakanārtņu un veltnārtņu tipiem, kā tas ir skolas bioloģijas programmā. Arī gliemju tipa ievietošana starp posmtārpus un posmkājus tipiem nav pareiza.

**Ķermeņa uzbūve.** Posmtārpu ķermenis ir *posmots* (no tā arī tipa nosaukums), un tas redzams jau ārēji. Katrā posmā ir viens celoma maisu pāris. To sienas iezīmē robežu starp diviem blakus esošiem posmiem. Posmojums piešķir ķermenim lielākas kustību spējas, kā arī evolūcijas procesā veicina ķermeņa dažādu daļu diferencēšanos un specializēšanos.

Posmtārpu ķermeni apņem plāna *kutikula*, zem tās esošais, ar dziedzeršūnām bagātais *epitēlijs* gādā, lai ķermenis būtu allaž

mitrs, glotains. Labi attīstīti *gredzeniskais* un *gareniskais muskulatūras* slāņi. Gareniskajam muskulatūras slānim piekļaujas celoma maisu sienas.

**Celoms** posmtārpiem ir labi attīstīts un piepildīts ar šķidrumu, kas atrodas nepārtrauktā kustībā. Celoma šķidrums neļauj saplakt ādas-muskuļu maisam, transportē barības vielas, šķidros vielmaiņas galaproduktus un dzimumšūnas.

Lielākajai posmtārpu daļai — daudzsartārpiem — pie katra posma ir viens pārvietošanās orgānu — *parapodiju pāris*. Parapodijas ir muskuļoti ķermeņa sienas izaugumi ar sariņu pušķiem. Pārejot uz dzīvi augsnē vai ūdenī, parapodijas reducējas (sliekām) un no tām saglabājas tikai daži sariņi. Pārvietošanās ūdenī un urbšanās augsnē ir vieglāka, ja ķermenis ir gluds. Delēm parapodiju nav, tās pārvietojas, izmantojot muti un kaudālos piesūcekņus. Tātad tipa ietvaros parapodijas nevis neprogresē, bet regresē. Parapodijas tālāku attīstību ieguvušas posmkāju tipā, kurā no tām izveidojušās posmotas ekstremitātes (ejkājas, mutes daļas u. c.).

**Gremošanas sistēma** sākas ar *muti*, kura novietota ķermeņa priekšgalā nedaudz ventrāli. Sedošiem jūras daudzsartārpiem ap to ir taustekļi, kas palīdz savākt barību, — dūņas un sīkus organismus. Aiz mutes ir *priekšzarna*, kas izklāta ar ektodermu un var būt sadalīta mutes dobumā, rīklē, barības vadā, guzā un muskuļkuņģī (tā tas ir arī sliekām). Sliekām barības vadā ieplūst divi pāri kaļķa dziedzeru, kuru sekrets neitralizē ar barību uzņemto humīnskābi. Tālāk seko gara ar entodermu izklāta *viduszarna*, kurā noslēdzas barības pārstrāde un barība uzsūcas. Nesagremotos pārpalikumus izmet caur galazarnu un ānusu.

**Izvadstistēma** sastāv no garām, izlocītām, dziedzerotām caurulītēm, kuras pa pāriem atkārtojas katrā posmā (40. att.). Katra caurulīte sākas ar skropstainu piltuvi celomā un atveras ar izvadporu ārvidē. Šādus izvadorgānus sauc par *metanefridijiem*. Tie atdala un izvada celomā nonākušos šķidros vielmaiņas galaproduktus. Daļai daudzsartārpu, tāpat kā to senčiem — skropstīgtārpiem, vēl ir saglabājušies *protonefridiji*.

**Asinsrites sistēma** ir *slēgta* (asinis tek tikai pa vadiem un neizplūst celomā). Tā sastāv no gareniskiem asinsvadiem, kuri novietoti virs un zem zarnu kanāla un kurus savieno gredzeniskie asinsvadi. Asinsriti nodrošina *muguras* (dorsālā) *asinsvada*, kā arī dažu *gredzenisko* asinsvadu pulsācija, jo sirds posmtārpiem nav. Pa muguras asinsvadu asinis plūst uz ķermeņa priekšgalu, pa vēdera (ventrālo) asinsvadu — uz pakaļgalu. Gredzenisko asinsvadu kapilāros no zarnās uzsūcas sagremotās barības vielas, kuras asinis tālāk iznēsā pa visu ķermeni. Blakus barošanās (trofiskajai) funkcijai asinis notiek arī gāzu maiņa.

**Elpošana** notiek caur ķermeņa virsmu, kurā ir bagāts kapilārū tīkls, bet daudzsartārpiem pie parapodiju pamata izveidojušies plānsienaini, uz ārvidi vērsti un ar asinsvadiem bagāti



ķermeņa sienas izaugumi — *žaunas*. Vairumam posmtārpu asinis ir sarkanas, jo pēc ķīmiskā sastāva to elpošanas pigments ir tuvs hemoglobīnam. Elpošanas pigments atrodas plazmā, nevis asins šūnās. Dažiem daudzsartārpjiem asinis ir zaļas, jo kā skābekļa transportētājs darbojas zaļais pigments — hlorokruorīns. Augsnē dzīvojošie posmtārpi izmanto starp augšnes daļiņām esošo gaisa skābekli, bet ūdenī dzīvojošie — ūdenī izšķīdušo skābekli. Audos asinis pakāpeniski zaudē skābekli un piesātinās ar oglekļa dioksīdu, no kura atbrīvojas caur žaunām vai ķermeņa virsmu.

**Nervu sistēma** ir principiāli citādāka nekā iepriekš apskatītajiem dzīvniekiem. Tā sastāv no *rikles nervu gredzena*, ko veido virsrīkles un zemrīkles gangliji un tos savienojošās nervu stieģas. No zemrīkles ganglijiem atiet *vēdera (ventrālā) nervu ķēdīte*, kas stiepjas visā ķermeņa garumā tuvu ādas-muskuļu maisa ventrālajai sienai. Katrā posmā ventrālajai nervu ķēdītei ir izveidojies viens gangliju pāris, kas inervē (apgādā ar nerviem) attiecīgo posmu un ir saistīts ar kaimiņposma ganglijiem. Tātad ventrālajā nervu ķēdītē regulāri mijas paresninātas vietas (gangliji) ar tievām vietām (nerviem); tā rezultātā veido ķēdītei līdzīgu struktūru.

**Maņu orgāni** labāk attīstīti daudzsartārpu rāpojošām formām. Tiem var būt acis, tausti, ķīmiskās maņas bedrītes u. c. Šie maņu orgāni lokalizēti daudzsartārpu ķermeņa priekšgalā, t. s. galvas nodalījumā. Mazsartārpjiem, piemēram, sliekām, sakarā ar dzīvi augsnē vai dūņās speciālu maņu orgānu nav, ir tikai ķermeņa seģā izkaisītas maņu šūnas, kuras reaģē uz gaismu un tumsu, uztver mehāniskus vai ķīmiskus kairinājumus.

**Vairošanās** notiek galvenokārt dzimumiski. Dzimumsistēma daudzsartārpjiem ir galvenokārt šķirtdzimumiska, mazu sartārpjiem un dēlēm — hermafrodītiska. Dzimumšūnas veidojas dzimumdziedzeros. Pārskaita dzimumdziedzeri ir vai nu gandrīz visos posmos (dauzsartārpjiem), vai tikai dažos posmos (mazu sartārpjiem). Dzimumšūnas nonāk celoma šķidrumā, kur pilnīgi nobriest. Pēc tam tās izklūst ārvidē vai nu pēc ķermeņa sienas plīšanas (daļai daudzsartārpju), vai arī tiek uztvertas dzimumvadu piltuvēs un pa dzimumvadiem izvadītas ārvidē (dauzsartārpjiem), vai iedētas kokonā (sliekām, dēlēm). Slieku kokonos notiek olšūnu saplūšana ar spermatozoīdiem. Dēlēm ir izveidojies kopulācijas orgāns, tāpēc notiek iekšēja apaugļošanās. Posmtārpu tipa robežās labi redzams, kā pieaug rūpes par pēcnācējiem. Daudzsartārpji iznērš dzimumproduktus ūdenī, sliekas divi ipatņi uz laiku sakļaudamies, apmainās ar spermatozoīdiem, kurus uzglabā sēklas uztverējos līdz brīdim, kad tiem pāri slid jostiņas rajonā izveidotā kokona caurulīte ar tajā iedētajām olšūnām. Sliekai izmaucoties no caurulītes, caurulītes gali noslēdzas un izveidojas ieapaļš kokons, kurā atrodas viena vai dažas apaugļotas olšūnas. Filoģenētiski jaunākajai posmtārpu grupai — dēlēm — ir jau iekšēja apaugļošanās. Kokonā, kuru, tāpat kā mazu sartārpjiem, izdala ādas

dziedzeri, nokļūst apaugļotas olšūnas. Apaugļotās olšūnas drostalojas pilnīgi, spirāliski.

Daudzsartārpi spēj vairoties arī bezdzimumiski — *pumpurojoties* vai *šķersseniski daloties*. Šķersseniskā dališanās ir cieši saistīta ar dzimumproduktu nogatavošanos. No tārpā priekšgala nodalās pakalģals ar nobriedušām dzimumšūnām un uzpeld ūdens virsējā slānī. Pie gultnes palikušajam priekšgalam izveidojas jauns pakalģals. Tropiskajos ūdeņos šis process notiek masveidīgi un regulāri. Indonēzijas iedzīvotāji uzpeldējušos tārpā dzimumproduktus izmanto pārtikā.

Lielas reģenerācijas spējas ir ne tikai daudzsartārpiem, bet arī mazzartārpiem. Piemēram, sliekas viegli ataudzē zaudētās ķermeņa daļas, pat priekšgalu.

**Posmtārpu daudzveidība.** Posmtārpu tipu iedala vairākās klasēs (5. tab.). No tām atzīmēsim *daudzsartārpu*, *mazzartārpu* un *dēļu* klases.

**Daudzsartārpi** ir lielākā, senākā un filoģenētiski nozīmīgākā posmtārpu grupa. No daudzsartārpu senčiem cēlušās ne tikai pārējās tipa klases, bet arī posmkāji. Daudzsartārpiem ir labi izteikts galvas nodalījums ar maņu orgāniem, viduklis, kuram pie katra posma ir viens parapodiju pāris, un anālais nodalījums ar ānusu. Daudzsartārpi ir tipiski sāļu jūru iemītnieki, tāpēc Baltijas jūras iesāļajam ūdenim spējuši piemēroties tikai nedaudzi (Latvijas piekrastē 4 sugas).

**Mazzartārpi** pārgājuši dzīvot saldūdeņos un augsnē, zaudējuši maņu orgānus ķermeņa priekšgalā un parapodijas, no kurām katrā posmā saglabājušās 4 sariņu grupas. Pie šīs klases pieder *sliekas*, *milzsliekas*, *sīksliekas* u. c. Milzsliekas dzīvo galvenokārt tropos, un to garums var sasniegt 3 m. Sīksliekas ir sīki, balti, līdz 4 cm gari tārpiņi, kas bieži un lielā skaitā atrodami augsnē un dūņās.

**Dēles** ir galvenokārt saldūdeņu un jūru iemīniece, retāk dzīvo mitrās vietās uz sauszemes. Plēsīgās sugas pārtiek no dažādiem sīkiem bezmugurkaulniekiem, bet ektoparazīti sūc cilvēka un dzīvnieku asinis. Atšķirībā no citiem posmtārpiem dēlēm ir divi piesūcekņi — ķermeņa priekšgalā (tā ieliekumā atrodas mute) un pakalģalā (šim piesūceknim nav sakara ar zarnu kanālu, ar to dēle piestiprinās pie substrāta). Latvijā konstatētas 15 dēļu sugas, no kurām viena — *medicīniskā dēle* — ierakstīta Latvijas Sarkanajā grāmatā.

**Posmtārpu nozīme** dabā un cilvēka dzīvē ir ļoti liela, kaut ne vienmēr viegli pamanāma šo tārpā slēptā dzīvesveida dēļ.

Posmtārpi ir viens no augsnes un ūdenstilpju biocenožu pamatkomponentiem. Kā jūrās, tā saldūdeņos un augsnē dzīvojošie posmtārpi pārtiek no atmirušu organismu atliekām, pārstrādā tās un bagātina ar savu gremošanas dziedzeru sekrētiem. Aprēķināts, ka tad, ja uz 1 m<sup>2</sup> augsnes ir 7 vai 8 sliekas, gada laikā tās pārstrādā līdz 250 kg augu atlieku uz 1 ha meža augsnes.



Augsnes auglību sliekas ceļ, arī irdinot augsni. Dažās zemēs sliekas pat īpaši audzē un iegūtos kokonus izsēj augsnē, tādējādi par 50—100% paaugstinot ražu. Posmtārpi ieņem nozīmīgu vietu ne tikai augsnes un ūdensdzīvnieku, piemēram, zivju, bariņā, bet tos labprāt ēd arī putni un zīdītāji. Baltās siksliekas audzē zivju mazuļu barošanai zivaudzētavās. Dažas slieku sugas Āzijas zemēs izmanto cilvēka pārtikā.

No posmtārpu negatīvajām īpašībām jāatzīmē, ka tie ir starpsaimnieki dažādiem parazitiskajiem tārpiem, piemēram, cūku plaušās parazitējošām nematodēm. Vairākas parazitisko dēļu sugas ir kaitīgas diķsaimniecībās: sūc zivju asinis un pārnēs dažādas infekcijas slimības. Cilvēka ādai piesūcas vairākas dēļu sugas, taču ādu pārkost mūsu reģionā spēj tikai *medicīniskā dēle*, kas dzīvo dažos aizaugušos Latvijas ezeros. Medicīnisko dēli var izmantot pēcoperācijas periodā, lai nerastos trombi (dēle koduma brūcē ievada hirudinu, kas kavē asins sarecēšanu), kā arī gadījumos, kad jāpazemina asinsspiediens vai jāuzlabo asins sastāvs.

## POSMKĀJU TIPS

**Tipa vispārējs raksturojums.** Posmkāji sastopami jūrās, saldūdeņos, uz sauszemes un ir vienīgie bezmugurkaulnieki, kas spēj lidot. Sugu skaita ziņā tie pārsniedz visu pārējo dzīvnieku sugu kopskaitu (5. tab.). Ķermeņa uzbūves ziņā posmkājiem ir daudz līdzības ar posmtārpiem, no kuru senčiem arī ir cēlušies.

**Ķermeņa uzbūve.** Posmkāju ķermenis, līdzīgi kā posmtārpiem, ir posmots, tikai šis posmojums nav viendabīgs, bet, posmiem apvienojoties un specializējoties, izveidojušies atšķirīgi ķermeņa nodaļējumi: *galva*, *krūtis* un *vēders*.

Daudzsartārpu parapodijas posmkājiem ir attīstījušās par posmotām *ekstremitātēm*. Primitīvākajiem posmkājiem, līdzīgi kā posmtārpiem, pie katra posma ir pa vienam ekstremitāšu pārim. Evolūcijas gaitā ekstremitātes diferencējas un to skaits samazinās. Ekstremitātes, kuras pilda pārvietošanās funkciju, sauc par *kājām*. Tās atrodas pie krūtīm, dažkārt arī pie vēdera. Viens vai divi galvas ekstremitāšu pāri specializējušies par maņu orgāniem — *taustekļiem* jeb *antenām*, bet pārējie 1—3 pāri — par *žokļaparātu*, kas satver, plosa, grauž, sūc, bet dažkārt arī atfiltrē barību.

Ķermeni sedz hitina *kutikula*, kura piesātināta ar  $\text{CaCO}_3$  un veido ap katru posmu izturīgu apvalku. Kutikula maz traucē kustības, jo uz posmu robežām tā ir mīksta, taču kavē augšanu. Tāpēc posmkāji veco apvalku periodiski nomet un, kamēr jaunais vēl ir mīksts, intensīvi aug. Kutikula ne tikai piešķir ķermenim raksturīgo formu, izdevīgu krāsu, pasargā no ievainojumiem, kavē ūdens atdevi (ļoti svarīgi sauszemes posmkājiem!) bet tā funkcionē arī kā ārejs skelets, pie kura piestiprinās šķērssvītrotie muskuļi.

Kutikulu izdala zem tās esošais ektodermālais vienslāņa epitēlijs, ko šajā gadījumā sauc par *hipodermu*.

**Muskulatūra** veido nevis gludās muskulatūras ādas-muskuļu maisu (kā tārpiem), bet atsevišķus šķērsvītrotās muskulatūras muskuļus, kas darbojas ļoti efektīvi un var izturēt pat relatīvi lielāku slodzi nekā mugurkaulnieku muskuļi. Pavērojiet, cik lielu kravu salīdzinājumā ar sīko ķermeni nes skudra!

**Ķermeņa dobums** embrionāli sāk attīstīties, līdzīgi kā posmtārpiem, mezodermālu maisu veidā, bet vēlāk tā sienas izzūd un celoma dobums saplūst ar primārā ķermeņa dobuma atliekām. Šādu ķermeņa dobumu sauc par *jauktu ķermeņa dobumu* jeb *mik-socelu*. Tajā atrodas iekšējie orgāni un cirkulē hemolimfa. Celoma sienas saglabājušās tikai atsevišķās vietās, piemēram, ap sirdi, veidojot *sirds somiņu* jeb *perikardu*.

**Asinsrites sistēma** salīdzinājumā ar posmtārpiem ir stipri pārveidojusies. Zaudējot kapilārus un dažkārt arī artērijas, tā kļuvusi *vaļēja*. Saglabājies dorsālais (mugurējais) asinsvads, kas daļēji pārveidojies par pulsācijas aparātu — sirdi (atcerēsieties, ka arī posmtārpu dorsālais asinsvads spēja kontrahēties!), kurai ir plaisveida atveres un kas ieslēgta sirds somiņā. Cauri plaisveida atverēm sirdī ieplūst hemolimfa, jo sirdī ieejošu asinsvadu nav. No sirds atiet viena, divas vai vairākas artērijas vai aortas, pa kurām aizplūst apskābļota hemolimfa. Daudzu posmkāju (kukaiņu) hemolimfai ir tikai trofiskā funkcija, jo gāzu maiņā tā dalību neņem.

**Elpošanas orgāni** ir dažādi. Vēžiem ir *žaunas*, kuras, līdzīgi kā daudzsartārpiem, attīstās pie ekstremitāšu pamata. Uz sauszemes dzīvojošiem posmkājiem izveidojušās *plaušas* (vairumam zirnekļu) vai *trahejas* (kukaiņiem, daļai zirnekļu). Zirnekļu plaušas būtībā ir pārveidotas vēdera ekstremitātes. Embrionāli tās izveidojas kā pārskaīta maisveidīgi izspilējumi — vēdera kāju aizmetņi, kas attīstības procesā iemaucas ķermenī un tiek bagātīgi apgādāti ar hemolimfu. No plaušām un žaunām apskābļotā hemolimfa plūst uz sirds somiņu un tālāk ieplūst sirdī. Elpojot ar trahejām, gaisa skābeklis patēriņa vietai tiek piegādāts tieši, bez hemolimfas starpniecības. Trahejas ir zarota, ar hitina spirāli izklāta cauruļu sistēma, kurā cirkulē gaiss. Trahejās tas iekļūst caur pārskaīta *elpatverēm* jeb *stigmām*, kuras atrodas krūšu vēdera posmos. Pa traheju kanāliem gaiss plūst tieši uz skābekļa patēriņa vietu — šūnām un audiem.

**Gremošanas sistēma** sastāv no *priekšzarnas*, *viduszarnas* un *galazarnas*, tikai šie nodalījumi ir specializētāki, sadalīti vairākos nodalījumos un bagātāki ar dažādiem dziedzeriem.

**Nervu sistēmas** (39. att.) somatiskā daļa principā ir līdzīga posmtārpu nervu sistēmai, tikai virsrīkles gangliji ir spēcīgāk attīstīti un izveidojušies par *galvas smadzenēm*, kas sastāv no diviem vai trim nodalījumiem (priekšējām smadzenēm, vidus-smadzenēm un pakalējām smadzenēm) ar asociatīvajiem centriem.



Posmkājiem ir izveidojusies arī *veģetatīvā nervu sistēma*, kas inervē iekšējos orgānus.

**Maņu orgāni** ir labāk attīstīti nekā iepriekšējās dzīvnieku grupās. Ir vienkāršas un saliktas acis, līdzsvara maņu orgāni — *statocistas*, ļoti jutīgi ķīmiskās, termiskās maņas un citu maņu orgāni.

**Izvadstīdēma** ir no posmtārpiem mantotie *celomodukti*, bez tam vēl *Malpīgija vadi*. Celomoduktu pāri posmkājiem neatrodas katrā posmā, kā tas ir posmtārpiem, bet tikai dažos, un nosaukumu iegūst galvenokārt pēc to atvēršanās vietas: antenālie dziedzeri (tos dažkārt sauc par zaļajiem dziedzeriem) atveras pie antenu pamatnes, maksilārie dziedzeri — apakšžokļa, koksālie dziedzeri — kāju pamatnē. *Malpīgija vadi* (40. att.) ir aklī izaugumi uz viduszarnas un galazarnas robežas. No miksocela vados iesūcas šķidrie vielmaiņas galaproducti. *Malpīgija vadu* dobumā izkristalizējas urīnskābes vai guanīna sāļi, bet no tiem atīrītais ūdens cauri zarnu kanāla sienām plūst atpakaļ ķermeņa dobumā. Kristālus izvada caur galazarnu un ānusu. Tātad *Malpīgija vadi* ir ļoti taupīga izvadorgānu sistēma attiecībā pret ūdens izdalīšanu, tā posmkājiem izveidojusies sakarā ar pāriešanu uz sauszemes.

**Vairojas** tikai dzimumiski ar apaugļotām vai neapaugļotām olām, t. i., partenogēnētiski. Vairums posmkāju ir šķirtdzimumu dzīvnieki, bieži ar ārēji izteiktu dzimumu dimorfismu.

Mūsdienās dzīvojošos (recentos) posmkājus iedala vairākās klasēs (5. tab.), no kurām apskatīsim zirnekļus, vēžus un kukaiņus.

#### **Zirnekļu klase.**

**Ķermenis** sastāv no *galvkrūtīm* un *vēdera*. Pie galvkrūtīm ir 6 ekstremitāšu pāri: *heliceras*, ar kurām satver un nogalina barības objektu, *pedipalpi*, kuri veic maņu, dažkārt arī tvērējfunkciju, un 4 pāri *ejkāju*.

Pie vēdera pieaugušiem dzīvniekiem tipisku ekstremitāšu nav, bet var būt to pārveidojumi. Atceresimies, ka zirnekļu plaušas veidojas no vēdera kāju aizmetņiem! Arī timekļa kārpas vēdera galā ir cēlušās no kāju aizmetņiem.

**Gremošanas sistēma.** Zirnekļu klases pārstāvji ir plēsēji, retāk — parazīti un augu kaitēkļi.

*Mute* un *barības vads* ir ļoti šauri, tāpēc zirnekļi var izmantot tikai šķidru pussagremotu barību, ko sūc no barības objekta, iepriekš tajā ievadot gremošanas fermentus no siekalu un aknu dziedzeriem. Daudzi zirnekļu klases pārstāvji ir indīgi. Ērcēm indi ražo siekalu dziedzeri, bet citiem zirnekļu klases pārstāvjiem ir speciāli indes dziedzeri, kas atrodas *helicerās* (zirnekļiem) vai vēdera galā (skorpioniem). *Viduszarnai* ir daudz aklu izaugumu, kas ļauj barību uzņemt lielās porcijās un ar nedēļām, mēnešiem, pat gadiem (dažām ērcēm) ilgu pārtraukumu.

**Izvadorgāni** ir *Malpīgija vadi*.

**Asinsrites** sistēma sīkajiem šīs klases pārstāvjiem (ērcēm) stipri reducējusies vai pat pilnīgi izzudusi.

**Elpošanas sistēma** daļai zirnekļu (skorpioniem, senākajiem zirnekļiem) ir *plaušas* — 1—4 pāri. Plaušas ir senākais elpošanas orgānu veids šajā klasē. Vairumam zirnekļu līdztekus plaušām ir attīstījušās arī *trahejas*, bet solpūgas, mānzirnekļi, mānskorpioni un daļa ērcu elpo tikai ar trahejām. Trahejas gaisa vidē ir visizdevīgākā elpošanas sistēma, jo elpošanas procesā neizdala ūdeni.

**Dzimumsistēma** ir šķirtdzimumiska un atrodas vēderā. Sakarā ar pāriešanu uz sauszemes dzīvi ārējo apaugļošanas ir nomainījusies iekšējā. Mātītes parasti dēj olas (ērcēm viena mātīte var izdēt līdz 30 000 olu), bet daudzi skorpioni, mānskorpioni un dažas ērces ir dzīvdzemdētājas. Vairumam attīstība ir tieša, bet ērcēm tā notiek ar pārvēršanos jeb metamorfozi — no olas attīstās *kāpuri*, kas pārvēršas par *nimfu*, bet nimfa — par pieaugušu ērci.

**Zirnekļu klases daudzveidība.** Zirnekļu klasē ietilpst apmēram 10 kārtas. Apskatīsim nozīmīgākās.

**Skorpioni.** No skorpionu 600 sugām vairums mīt Zemes siltajos rajonos — tropos un subtropos. Vidusāzijā, Krimā un Kaukāzā sastopamas 15 sugas. Ķermeņa garums var sasniegt 15 cm. Skorpionus viegli pazīt pēc spēcīgi attīstītajiem knaibļveida pedipalpiem un slaidā posmotā vēdera, kas nobeidzas ar indes aparātu pēdējā posmā (43. att.). Inde noder medījuma — kukaiņu, zirnekļu nogalināšanai. Tieša saules gaisma skorpioniem kaitīga, tāpēc dienā tie slēpjas zem akmeņiem un citur. Siko skorpionu inde cilvēkam nav bīstama, bet prāvāko skorpionu inde izraisa stipras sāpes, sirdsdarbības un elpošanas traucējumus, retumis (galvenokārt bērniem) arī nāvi.

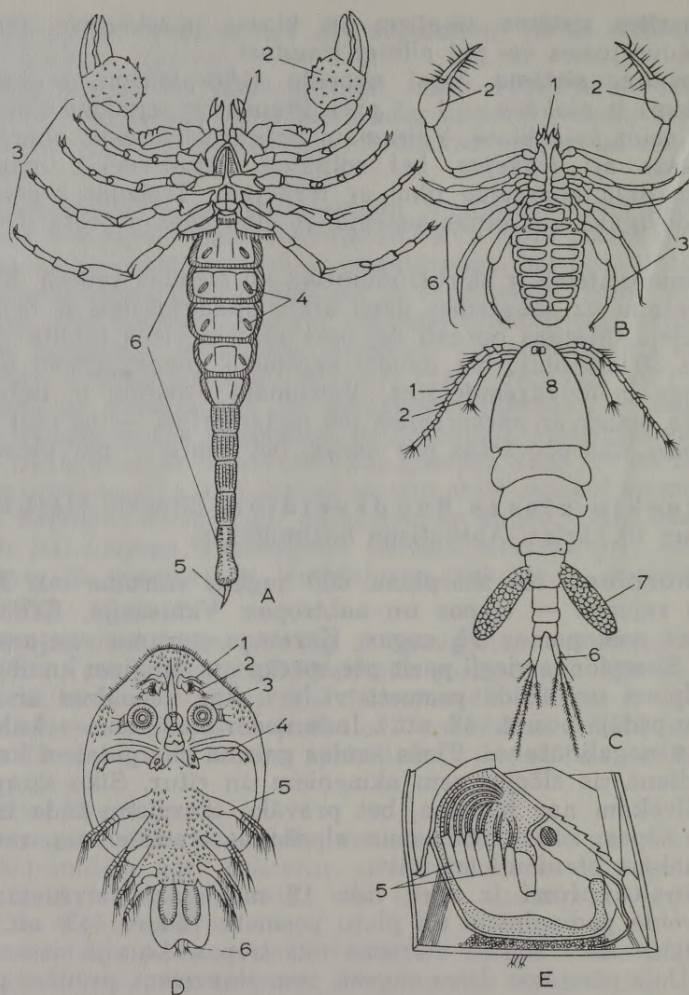
**Mānskorpioni** ir sīki, līdz 12 mm gari dzīvnieciņi ar knaibļveida pedipalpiem un platu posmotu vēderu (43. att.). No zināmajām 1300 sugām vairums mīt tropos. Latvijā atrastas 9 sugas. Daļa pārstāvju dzīvo augsnē, zem akmeņiem, praulos, putnu un zidītāju ligzdās, arī cilvēka mītnēs — vecās grāmatās, zem tapetēm, herbārijos, kur medī ērcu un kukaiņu (piemēram, gultas blakšu) kāpurus un olas.

**Solpūgas** ir līdz 7 cm gari, plēsīgi un agresīvi dzīvnieki. Ar spēcīgajām, uzpūstajām helicerām tās var pārkost cilvēka ādu. Indes dziedzeru helicerās nav, taču kodiens ir sāpīgs. Zināmās 600 sugas dzīvo galvenokārt Zemes siltajos rajonos, stepēs un tuksnešos.

**Mānzirnekļu** ķermenis ir ovāls, jo galvkrūtis plati saplūdušas ar vēderu. Ar garajām, slaidajām kājām tie tekalē pa sūnām, zāli, ēku sienām un meklē kukaiņus. Daļa barojas ar augiem un trūdiem. Pasaulē 3200, pie mums 14 sugas.

**Zirnekļu** kārtā ir vislielākā — 25 000 sugu, Latvijā — vairāk nekā 400 sugu. Galvkrūtis ar lielo, neposmoto vēderu saista tievs





43. att. Daži zirnekļu un vēžu klases pārstāvji:

A — skorpions, B — mānšorpions; 1 — helicerās, 2 — pedipalpi, 3 — ejkājas, 4 — elpatveres, 5 — indes dzelonis, 6 — vēders; C — airkājvēžu mātīte ar olu maisiem, D — žaunkājvēzis, E — sprogkājvēzis; 1 — pirmās antenas, 2 — otrās antenas, 3 — piesūcekņi, 4 — apakšzokļi, 5 — krūškājas, 6 — dakšiņa, 7 — olu maiši, 8 — acis.

kātiņš. Helicerās ir indes dziedzeri, kuru inde domāta kukaiņu pieveikšanai, taču var būt bīstama arī cilvēkam un mājdzīvniekiem. Piemēram, no *Vidusāzijas karakurta* indes var nobeigties zirgi, kamieli, tā var izraisīt nāvi arī cilvēkam. Starp mūsu faunā sastopamajām zirnekļu sugām neviena neapdraud ne cilvēku, ne mājdzīvniekus. Nedaudz sāpīgs ir *ūdens zirnekļa* kodiens. Zirnekļi iznīcina daudz kukaiņu, kuru notveršanā palīdz ne tikai

veiklās kājas, bet arī pašu austie tīkli. Timekļa dziedzeri atrodas vēderā. To sekrets izdalās caur ļoti daudzām dziedzerkanālu atverēm timekļa kārpīņu galā. Timeklis ir lipīgs un gaisā sacietē par ārkārtīgi smalkām stidziņām. Simtiem šo smalko veidojumu zirneklis ar pakālejo kāju nagiem savērpj vienā izturīgā un elastīgā pavedienā — izturīgākā nekā zīdtauriņu kāpuru veidotais zīda pavediens. Timekļiem ir liela nozīme zirneklju dzīvē. No tiem veido ķeramiklus, izpolsterē mītnes, auž olu kokonus, veido pārvietošanās pavedienus u. c.

Zirneklīem ir izteikts dzimumu dimorfisms. Tēviņi parasti ir mazāki par mātītēm. Pedipalpu pēdējais posms tiem pārveidots par savdabīgu kopulācijas aparātu, kurā pirms kopulācijas iepilda spermu un ko kopulācijas laikā ievada mātītes dzimumsistēmā. Mātītes dēj olas kokonā, kuru nēsā līdz vai apsargā aliņā. Attīstība tieša.

Ērces ir sīkas, dažkārt pat mikroskopiskas. Mātītes dēj apaugļotas olas, no kurām iznāk *kāpurs*. Kāpuram ir 3 pāri kāju. Mainot kutikulu, tas pārvēršas par *nimfu* — stadiju, kura atgādina pieaugušu ērci. Nimfai ir 4 pāri kāju, bet dzimumaparāts vēl nav līdz galam attīstīts.

Ērcu kārtā ir vismaz 15 000 sugas, Latvijā — 650. Daļa ērcu dzīvo ūdenī, augsnē, sūnās un pēc barošanās veida ir plēsējas, daļa — kļuvušas par augu kaitēkļiem. Nepatīkami augļkoku un siltumnīcu kultūrkaitēkļi ir *tiklērces*. Apstādījumos koku dekoratīvo izskatu bojā *pangērces*. Pārtikas produktus bojā *miltu ērces*. Noliktavās graudos, miltos, sierā un citos produktos dažkārt tās savairojas masveidīgi.

No cilvēka un dzīvnieku parazītiem atzīmējamas dažādas *kašķērces*. *Cilvēka kašķērcē* parazitē ādas epidermā, kur grauž ejas un izraisa mokošu niezi. Šīs ērces ir ļoti sīkas — līdz 0,4 mm. Ar cilvēka kašķerci aplip, pieskaroties slimā cilvēka ķermenim (īpaši rokām — sasveicinoties), kā arī drānām, gultas veļai. No tām var izsargāties, bieži mazgājoties ar ziepēm siltā ūdenī.

Daudzas ērces ir slimību pārnēsējas. No tām īpaši atzīmējamās *ganību ērces*. Sūcot asinis, tās no slimā organisma veselajā pārnēs vīrusus, baktērijas, spirohetas un citas sīkbūtnes, kuras izraisa ērcu encefalītu, ērcu atguļas tīfu, tularēmiju un citas slimības. Mūsu republikā ērcu encefalīta izplatīšanā galvenā nozīme ir divām ganību ērcu sugām — *taigas ērcei* un *suņu ērcei*. Pieaugušās ganību ērces, rāpodamas pa zāli un krūmiem, uzbrūk cilvēkam, kā arī augumā lieliem zīdītājiem. Paēdusi ērcu mātīte atlaižas no saimnieka un, nokritusi zemsegā, dēj olas. No olām iznākušie kāpuri sūc rāpuļu, putnu, pelveidīgo graužēju un citu sīko dzīvnieku asinis. Paēdušie kāpuri pamet saimnieku, nonāk zemsegā, maina kutikulu un pārvēršas par nimfu. Ninfas uzbrūk jau lielākiem dzīvniekiem — zaķiem, vāverēm u. c. Paēdušās nimfas zemsegā, mainot kutikulu, kļūst par pieaugušām ērcēm un, uzrāpušās krūmu zaros, gaida ejaḡ garām kādu lielāku dzīvnieku.



Tātad ganību ērces ir *trīssaimnieku ērces*. Ganību ērces ir izplatītas visā Latvijas teritorijā. Pārņākot mājās no meža, obligāti jāpārbauda apģērbs, vai tam nav pieķērušās ērces. Atrastās ērces sadedzina, brūci dezinficē. Cilvēkiem, kuri bieži atrodas mežā, ieteicams izdarīt pretencefalīta vakcināciju.

#### **Vēžu klase.**

**Ārējā uzbūve.** Vēžu ķermenī izšķir 3 nodaļījumus — *galvu*, *krūtis* un *vēderu*. Daļai vēžu, piemēram, upesvēžiem, galva saplūdusi ar krūtīm, veidojot *galvkrūtis*. Pie katra posma ir viens pāris divzarotu ekstremitāšu. (Atcerēsimies, ka posmtārpu parapodijas arī ir divzarotas!) Pie galvas posmiem ir divi pāri *taustekļu* jeb *antenu* un trīs pāri *žokļu*, pie krūtīm — *žokļkājas* un *ejkājas*, bet pie vēdera — *vēderkājas*. Antenas funkcionē kā taustes un līdzsvara maņas orgāns, bet dažiem vēžiem palīdz peldēt (airkājiem, kladocerām), žokļi — sasmalcina vai atfiltrē barību, žokļkājas — pievada mutei barību, bet ar ejkājām vēži rāpo pa substrātu. Vēderkājas upesvēžim piedalās vairošanās procesā un palīdz peldēt.

**Ķermeņa sega** — *kutikula* — bentiskajiem vēžiem ir cieta, planktoniskajiem — mīksta, viegla. Augot kutikulu regulāri maina.

**Nervu sistēma** primitīvākajos gadījumos ir līdzīga posmtārpu nervu sistēmai: pārskaita virsrīkles un zemrīkles gangliji, ko savieno nervu stiegras un vēdera nervu ķēdīte ar vienu gangliju pāri katrā posmā (39. att.). Nervu sistēmas evolūcija turpinājusies divos virzienos: vēdera nervu ķēdītē satuvinoties pāra komponentiem un ganglijiem koncentrējoties ķermeņa priekšgalā. Krabjiem, piemēram, visi vēdera gangliji saplūduši kopīgā gangliju masā, kas atrodas krūšu daļā. Bez nupat aprakstītās somatiskās nervu sistēmas vēžiem ir vēl simpātiskā nervu sistēma, kas inervē iekšējos orgānus.

**Maņu orgāni** ir dažādi: antenās atrodas ķīmiskās maņas orgāni — *statocistas* (ar maņu matiņiem izklāta bedrīte, kurā ievietots smilšu graudiņš). Ir vienkāršas kausveida un saliktas acis. Kausveida acs ir ķermeņa virsmas ieliekums, kas izklāts ar maņu šūnām un kuru parasti apņem tumša pigmenta slānis. Kausa dobumu piepilda dzidra lēca. Līdzīgi kā skropstiņtārpiem, tās ir *apvērstas* jeb *invertētas acis*. Bieži vairāki acu kausi ir satuvināti kopā. Šādas kopā saplūdušas acis ir vēžu kāpuriem — nauplijiem (tāpēc tās sauc par nauplijacīm), kā arī daļai pieaugušo vēžu.

*Istās saliktās acis* jeb *fasetacis* sastāv no daudzām (upesvēžiem — no 3000) sīkām, savstarpēji cieši satuvinātām, bet ar plānu pigmentslāni citu no citas norobežotām mazām acīm — *omatidijiem*. Katra mazā acs uztver tikai tos no objekta nākošos gaismas starus, kuri krīt uz to tieši perpendikulāri, tātad tikai ļoti šauru gaismas staru kūli. Līdz ar to kopīgais attēls sastāv it kā no daudzām sīkām attēla detaļām — kā mozaīka. Daļai vēžu apkārtnes fona krāsas radītais kairinājums ierosina īpašas neuro-

sekretorās šūnas izdalīt hormonus, kuri iedarbojas uz krāšsūnām (hromatoforiem), kuras novietotas zem ķermeņa segas, un vēža krāsa kļūst līdzīga apkārtnes krāsai. Dzīvojot uz sārtalģēm, krevetes ir sārtas, bet, ja tās pārvieto uz zaļa fona, — kļūst zaļas.

**Dzimumsistēma** vēžu lielākajai daļai ir šķīrt dzimumiska, dažkārt ar ārēji izteiktu dzimumu dimorfismu. Piemēram, upesvēžu mātītei pirmais vēderkāju pāris tikpat kā nav saskatāms, bet tēviņiem tas ir garš, slaidis un tiek izmantots kopulācijā. Daļai vēžu (kladocerām) tēviņi ir krietni mazāki par mātītēm, dažām parazitiskajām vai sēdošām formām ir pundurtēviņi, bet vēl citām tēviņu nemaz nav un dzimumsistēma kļuvusi hermafrodītiska.

Vēži dēj olas un daudzās gadījumos rūpējas par tām — nēsā līdz īpašos maisos (airkājvēži), piestiprina sev pie vēderkājām (upesvēži). Vairumam no olām attīstās planktonisks kāpurs, kas vairākkārt maina kutikulu (novelkas). Ar katru jaunu novilkšanos nāk klāt jauns posms un ekstremitāšu pāris. Daļai vēžu visa digļa attīstība noris olā un no olas izšķīlas miniatūra vecāku kopija (upesvēžiem).

Vēži aug periodiski — starplaikos, kad nomesta vecā kutikula un sāk veidoties jauna. Kutikulas maiņu ierosina neirosekretoro šūnu un galvā esošo endokrīno dziedzeru hormoni. Vecās kutikulas iekšējais slānis pakāpeniski izšķīst un uzsūcas ķermenī, dodot materiālu jaunās kutikulas veidošanai. Starp vecās kutikulas ārējo slāni un jauno, topošo kutikulu, kura vēl ir plāna un elastīga, izveidojas starptelpa. Tad vecā kutikula pārplīst un vēzis no tās izlien.

Vēžu klasi iedala daudzās kārtās. Lai iegūtu kaut nelielu priekšstatu par šīs grupas daudzveidību un saimniecisko nozīmi, īsumā dažas apskatīsim.

Lapkājvēžu kārtas nozīmīgākā grupa ir *kladoceras* jeb *ūdensblusas*, no kurām jūrās un saldūdeņos sastopamas apmēram 400, bet mūsu republikā — 80 sugas. Tie ir dažus milimetrus gari vēziši. Sugu vairumam ķermenis ietverts plānā, no sāniem saplacinātā divvāku čaulā. Caur lapveidīgo krūškāju plānajām sienām notiek gāzumaiņa, bet šo kāju daudzie sariņi atfiltrē derīgo barību. Kladoceras pārvietojas, vēzējot otrā pāra taustekļus — *peldantenas*, līdz ar to kustības ir it kā lēcienveidīgas. No tā arī šīs grupas latviskais nosaukums — ūdensblusas. Republikas diķos un ezeros bieži sastopami *daņņiju* un *bosmīnu* ģinšu pārstāvji. Ar kladocerām barojas dažādi ūdensdzīvnieki, to skaitā visu zivju mazuļi un planktonēdājas zivis — sigas, repši u. c. Kladoceras zivaudzētavās masveidīgi savairo zivju mazuļu barošanai.

Airkājvēžu kārtā ietvertas apmēram 1800 sugas, mūsu republikā atrastas vairāk nekā 50. Tie ir siki vēziši ar iegarenu, posmotu ķermeni (43. att.) un garu pirmo antenu pāri ķermeņa priekšgalā. Ar antenu vēzieniem, piepalīdzot divzarotajām krūškājām, vēziši peld. Izdētās olas salip kopā, veidojot vienu vai divus



olu maisus, kurus mātīte nesā līdz. No olas iznāk kāpurs, kas pēc vairākkārtīgas kutikulas nomainas sasniedz dzimumgatavību. Kā saldūdeņos, tā jūrā airkājvēži ir nozīmīgs barošanās ķēdes loceklis, jo no tiem pārtiek daudz un dažādi ūdensdzīvnieki, sākot ar vaļiem un beidzot ar zivju mazuļiem. Daudzi airkājvēži parazitē uz zivju ādas un žaunām.

Žaunastvēži ir neliela ektoparazitisku vēžu kārta, kuras pārstāvji dzīvo uz zivju ādas. Ķermenis ir vairogveidīgs, līdz 8 mm garš. Ar galvas ekstremitātēm žaunastvēži piestiprinās pie saimnieka, bet ar krūškājām rāpo un peld. Sevišķi bīstami tie ir diķsaimniecībās. Pie mums atrastas 2 sugas.

Sprogakājvēži dzīvo jūrās, piestiprinājušies pie zemūdens priekšmetiem. Brīvi peldošas ir tikai pirmās kāpuru stadijas. Planktoniskās dzīves beigās kāpuri ar priekšgalu piestiprinās pie substrāta. Divzarotās krūškājas kļūst garas, pavedienveidīgas un ķer barību. Apkārt ķermenim sprogkakjvēzis veido masīvu, no kaļķa plātnītēm sastāvošu čaulu (43. att.). Sakarā ar sēdošo dzīvesveidu sprogkakjvēžu vairums kļuvuši par hermafrodiātiem. No pasaules jūrās izplatītajām 820 sugām Latvijas piekrastē sastopama viena — *Baltijas jūraszīle*. Tā piestiprinās pie gliemju čaulām, akmeņiem, koka gabaliem un citur. Visumā sprogkakjvēži ir kaitīgi, jo ātri veido apaugumus uz ostās stāvošu kuģu korpusiem, tādējādi palielinot berzi, — ievērojami samazinās kuģu gaitas ātrums.

Vienādkājvēžu ķermenis ir plakans. Visām krūškājām ir līdzīga uzbūve (no tā arī kārtas nosaukums). Ar tām dzīvnieki pārvietojas, bet lapveidīgās vēderkājas izmanto kā žaunas — elpošanai —, un tās pārklāj īpašs vāciņš. Šāds elpošanas aparāts deva iespēju daļai šo vēžu (mitrenēm) dzīvot uz sauszemes un elpošanai izmantot plāno mitruma kārtiņu ap žaunām. Mitrenes dzīvo zem malkas grēdām, pagrabos un citās mitrās vietās. No pasaulē konstatētajām 4500 vienādkājvēžu sugām vairums tomēr mīt ūdeņos — jūrās (pie mums, piemēram, *lielais grēvis*), saldūdeņos (pie mums — *pelēkais ūdensēzelītis*). Diezgan daudz ir arī ektoparazītu, kas parazitē uz zivīm, krevetēm, krabjiem u. c.

Sānpeldvēžu kārtas pārstāvjiem ķermenis saplacināts no sāniem, arī peld tie sasvērušies uz sāniem. Sugu skaits pārsniedz 4500. Jūru un saldūdeņu piekrastē sānpeldvēži savairojas masveidīgi un veido nozīmīgu barības bāzi zivīm. Sānpeldvēžus nereti ievēd ūdenstilpēs zivju barības bāzes uzlabošanai. Latvijā ir 14 vietējās sugas. Vēl vienu sugu pie mums mēģina aklimatizēt.

Desmitkājvēžiem nosaukumu devuši 5 pāri labi attīstīto krūškāju. Tā ir vislielākā vēžu kārta, kurā apvienotas vairāk nekā 8500 sugas. Mātītes piestiprina olas pie vēderkājam un nēsā līdz, kamēr izšķīlas mazuļi vai kāpuri. Saldūdeņos mītošie desmitkājvēži attīstās bez pārvēršanās, pārējie — ar vienu vai vairākām kāpuru stadijām. Desmitkājvēžiem ir liela nozīme gan biocenozēs, gan cilvēka dzīvē. Daudzi no tiem — *krevetes* jeb *garneles*, *omāri*,



*langusti, krabji, upesvēži* — tiek izmantoti pārtikā. Savukārt Tālajos Austrumos rūpnieciskos apmēros zvejo *Kamčatkas krabi*, Ziemeļjūrā — *krevetes*, saldūdeņos — *upesvēžus*. No mūsu ūdeņos mītošajiem desmitkājvēžiem pārtikai izmanto *platspīļu* un *šaurspīļu upesvēži*. Platspīļu upesvēzis ir saimnieciski vērtīgāks, bet kļuvis tik rets, ūdeņu piesārņojuma un infekciju apdraudēts, ka uzņemts Latvijas Sarkanajā grāmatā. Vēzu resursu bagātināšanai Latvijas saldūdeņos uzsākta ekoloģiski izturīgā un ātraudzīgā *Amerikas signālvēža* aklimatizācija.

### **Kukaiņu klase.**

**Ārējā uzbūve.** Kukaiņu ķermenī izšķirami 3 nodaļumi: galva, krūtis, vēders.

Galvas posmi ir saplūduši un ietverti kopīgā hitīna kapsulā. Pie galvas atrodas 4 ekstremitāšu pāri: *antenas*, *augšzokļi*, *apakšzokļi*, *apakšlūpa*. Antenas uztver dažādus ārējās vides kairinājumus, bet pārējie 3 galvas ekstremitāšu pāri apņem muti un darbojas kā mutes orgāni. Galvas kapsulas sānos ir divas lielas saliktās acis, bet starp tām var būt vairākas vienkāršas *actīņas*.

Krūtis sastāv no 3 posmiem: *priekškrūtīm*, *viduskrūtīm* un *pakaļkrūtīm*. Pie katra krūšu segmenta ir pa vienam posmotu kāju pārim. To izveidojums cieši saistīts ar kukaiņu dzīvesveidu un var būt piemērots skriešanai (skrejvabolēm), peldēšanai (ūdensvabolēm), rakšanai (racējcircenim), lēkšanai (blusām, sienāžiem) u. c.

Kukaiņu vairumam pie viduskrūtīm un pakaļkrūtīm ir pa vienam *spārnu* pārim. Tie nav cēlušies no ekstremitātēm, bet veidojušies kā krūšu posmu sienu izspilējumi. Spārnos ir daudz dzīslu, kurās ieiet ķermeņa dobums, trahejas, nervi, muskuļu tajos nav. Spārnus kustina dorsoventrāli (muguras—vēdera virzienā orientēti) krūšu muskuļi un speciāli spārnu pamatnes muskuļi. Spārnu forma ir ļoti dažāda. Senākajiem spārnotajiem kukaiņiem abi spārnu pāri ir gandrīz vienādi. Šādi spārni uzskatāmi par izejas formu. Tādi tie vēl šodien ir spārēm. Evolūcijas gaitā spārni specializējās un dažādojās. Piemēram, vabolēm pirmais spārnu pāris pārveidojās par cietiem, muguru sargājošiem segspārniem. Kad vabole nelido, zem tiem salokās otrs — plēvainais spārnu pāris. Divspārņiem otrs spārnu pāris stipri reducējies, saglabājoties tikai divu īsu stabiņu — *dūcekļu* veidā, kas stabilizē lidojumu. Virknei ektoparazītu (blusām, spalvgrauziēm, dūrējutīm) izzuduši abi spārnu pāri. Jāatzīmē, ka ir kukaiņi, kuriem spārnu nekad nav bijis. Tās ir primitīvāko kukaiņu kārtas — protūras, kolembolas, tizanūras.

Vēders ir posmots. Posmu skaits sākotnēji ir bijis liels. Arī tagad protūrām vēders sastāv no 11 posmiem. Posmi pakāpeniski reducējušies, un jaunākajām kukaiņu grupām (divspārņiem, daļai plēvspārņiem) to ir līdz 5. Pie vēdera ekstremitāšu nav vai ir saglabājušies to rudimenti (protūrām, tizanūrām).



**Ķermeņa sega** sastāv no *kutikulas*, *hipodermas* un *pamatmembrānas*, kas balsta hipodermu. Kukaiņu pamatkrāsa atkarīga no krāsu pigmentiem kutikulā vai hipodermā. Metāliskais spidums ir optisks efekts, gaismas stariem lūstot un atstarojoties no kutikulas virsmas.

**Šķerssvītrotā muskulatūra** ir ļoti labi attīstīta. Vienam nervu impulsam muskuļi spēj atbildēt ar vairākām kontrakcijām, tāpēc, piemēram, divspārņu un plēvspārņu spārnu pamatnes muskuļi var sarauties līdz 1000 reizēm sekundē un attiecīgi arī izdarīt 1000 spārnu vēzienus, attīstot ātrumu līdz 54 km/h. Muskuļiem darbojoties, paaugstinās kukaiņu ķermeņa temperatūra, pastiprinātas darbības gadījumā — pat līdz 40° C.

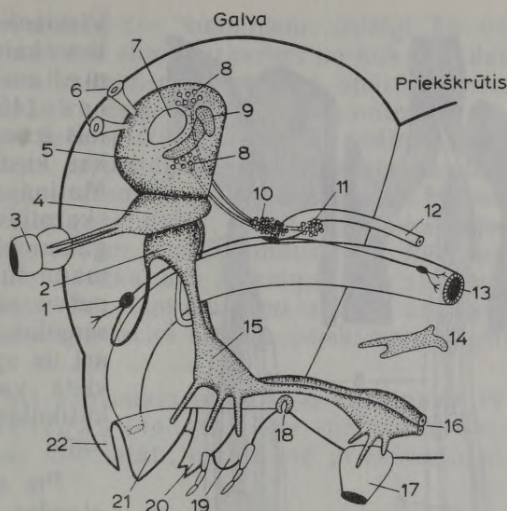
**Gremošanas sistēma** ir specializējusies atbilstoši kukaiņu barošanās veidam. Specializācija sākas jau ar mutes orgāniem. Cietas barības sasmalcināšanu izdara ar *grauzējtipa* mutes orgāniem. Tos uzskata par mutes orgānu pamattipu. Tie vēl tagad saglabājušies daudzās kukaiņu kārtās (spārēm, prusakiem, vabolēm u. c.). Šķidru barību uzņem ar *laizītājtipa* (mušas), *lacējtipa* (bites), *sūcējtipa* (tauriņi), *dūrējtipa* (odi) mutes orgāniem. Atbilstoši specializējies ir arī tālākais zarnu kanāls. Parasti mutes dobumam seko *rikle*, *barības vads*, *guza*, *muskuļkuņģis*. Šos nodalījumus izklāj kutikula, un kopumā tos sauc par priekšzarnu. Priekšzarnā notiek barības pirmapstrāde — vairāk mehāniska nekā ķīmiska, bet dažkārt arī tās uzkrāšana (nektārēdājiem). Ar entodermu izklātajā viduszarnā barība tiek galīgi sagremota un uzsūkta, tāpēc ir dažādi pielāgojumi viduszarnas aktīvās virsmas palielināšanai — krokas, pauguri un akli izspilējumi — piloriskie piedēkļi. Galazarnu izklāj kutikula, un pa to tiek izvadīts ārvidē nesagremotais barības atlikums.

**Izvadorgāni** ir 2—200 *Malpigijs vadi* (40. att.) un *tauku ķermenis* — irdeni, traheju caurausti balti vai iedzelteni audi, kuru šūnās uzkrājas urīnskābe. Galvenā tauku ķermeņa funkcija ir rezerves vielu uzkrāšana badošanās periodam, kas var būt mēnešiem ilgs (piemēram, kūniņas stadijā). Tauku ķermeņa šūnās var atrasties īpaša viela — luciferīns, kas fermenta luciferāzes un skābekļa klātbūtnē oksidējas. Šo ķīmisko procesu pavada enerģijas izdalīšanās gaismas veidā, un kukainis spīd. Ši spēja piemīt, piemēram, spīdvabolēm (2000 sugas), tajā skaitā arī pie mums sastopamo «jāņtārpiņu» mātītēm.

**Nervu sistēma** kukaiņiem ir *somatiskā* un *veģetatīvā*. Somatiskās nervu sistēmas centrālā daļa sastāv no *virsrīkles ganglijiem* un *ventrālās nervu ķēdītes*. Virsrīkles gangliji veido *smadzenes*, kurās izšķir 3 nodalījumus: priekšējās smadzenes, vidussmadzenes un pakalējās smadzenes (44. att.). Priekšējās smadzenēs atrodas *sēņveida ķermenis* — asociatīvais centrs. Tā lielums raksturo kukaiņa izturešanās un instinkta sarežģītības līmeni, piemēram, istabas mušai sēņveida ķermenis sastāda 5,9%,

44. att. Kukaiņu somatiskās un vegetatīvās nervu sistēmas priekšējā daļa:

1 — vegetatīvā nervu sistēma, 2 — pakalējās smadzenes, 3 — antena, 4 — vidussmadzenes, 5 — priekšējās smadzenes, 6 — actīnas, 7 — pārgriezta redzes daļa, kas iet uz fasetaci, 8 — neirosekretorās šūnas, 9 — sēņveida ķermenis, 10 — kardinalie ķermeņi, 11 — papildķermeņi, 12 — siekalu dziedzeru izvadkanāls, 13 — barības vads, 14 — priekškrūšu dziedzeris, 15 — zemriekles gangliji, 16 — ventrālās nervu ķēdītes pirmais krūšu ganglijs, 17 — pirmā kāju pāra pamatposms, 18 — ventrālais dziedzeris, 19 — apakšlūpa, 20 — apakšžoklis, 21 — augšžoklis, 22 — augšlūpa.



bet darba skudrai — 40,4% no smadzeņu kopapjoma. Priekšējās smadzenes inervē acis, vidussmadzenes — antenas un tajās esošos maņu orgānus, bet pakalējās smadzenes — augšlūpu.

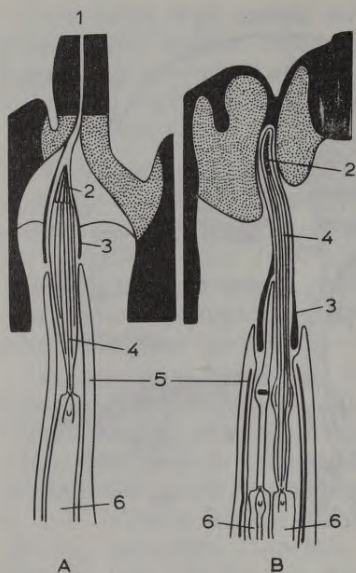
Ventrālās nervu ķēdītes zemriekles gangliji inervē mutes eks-tremitātes (augšžokļus, apakšžokļus, apakšlūpu), bet 3 krūšu gangliji atzaro nervus uz kājām un spārniem. Ventrālās nervu ķēdītes atlikušās daļas — vēdera gangliju — skaits ir dažāds (at-karīgs no posmu skaita). Parasti tie savstarpēji stipri satuvinās un ir pievirzīti pie krūšu ganglijiem, dažkārt pat pilnīgi saplūst ar tiem.

Ar galvas smadzenēm un ventrālo nervu ķēdīti cieši saistīta endokrīnā sistēma (neirosekretorās šūnas, kardinalie ķer-meņi, papildķermeņi, priekškrūšu dziedzeri), kuras hormoni regulē vielmaiņu, kutikulas maiņu, individuālo attīstību un citus kukaiņu dzīvē nozīmīgus procesus.

Veģetatīvā nervu sistēma sākas galvas smadzenēs un sastāv no vairākiem sīkiem savstarpēji saistītiem ganglijiem un nerviem (44. att.), kuri inervē gremošanas sistēmu, dzimumsis-tēmu, trahejas un citus iekšējos orgānus.

**Maņu orgāni** ir daudzveidīgi, complicēti un ārkārtīgi jutīgi. To pamatelements ir *sensīlas*. Tās cēlušās no viena izejas tipa, bet vēlāk specializējušās dažādiem uzdevumiem. Sensīla sastāv no vienas vai vairākām maņu šūnām jeb receptoršūnām. Katras re-ceptoršūnas viens atzars vērsts pret ārvidi, bet otrs pievienojas nervu sistēmai. Sensīlas ir izkaisītas ķermenī pa vienai vai kon-centrējas grupās, veidojot dzirdes, redzes un citus maņu orgānus.





45. att. Kukaiņu mehanoreceptorās sensilas:

A — bites maņu matiņš, B — viena no zeltactiņas Džonstona orgāna sensilām; 1 — maņu matiņš (nogriezts), 2 — maņu šūnas dendrita vīcu nobeigums, 3 — kutikulas apvalks, 4 — dendrita vīcas, 5 — apvalka šūna, 6 — maņu šūnas dendrits.

Visvienkāršāk veidotas mehāniskos kairinājumus uztverošās — mehanoreceptorās sensilas (45. att.). Šo sensilu distālais izaugums pāriet maņu matiņā, kas kustīgi savienots ar kutikulu. Matiņa stāvokļa maiņu, tam saskaroties ar kādu cietu priekšmetu, gaisu vai ūdeni, uztver maņu maņu šūna un aizvada uz centrālo nervu sistēmu. Mehanoreceptorās sensilas izkaisītas pa visu ķermeni, arī uz spārniem. Sensilām maņu vietā var būt kutikulas izcilnis, kutikulas kupols un citi veidojumi.

Pie spārnu pamata kukaiņiem atrodas *Džonstona orgāns*, kas sastāv no ļoti daudzām zem kutikulas iegrimušām sensilām (45. att.), ar kuru palīdzību kukainis nosaka lidojuma ātrumu un virzienu.

No mehanoreceptorām sensilām vai šo sensilu grupām sastāv arī kukaiņu *dzirdes orgāni*. Tie var atrasties dažādās ķermeņa vietās,

piemēram, uz priekškāju stilba. Dzirdes orgāni uztver ļoti plašu diapazona skaņas, sākot ar infraskaņām (8—10 Hz) un beidzot ar ultraskaņām (45 000 Hz). Kukaiņi spēj ne tikai skaņu uztvert, bet arī to radīt, beržot kādu cietu sava ķermeņa daļu (kāju, spārnu) pret cietu sava ķermeņa virsmu (krūtīm, spārnu), piemēram, siseņi to dara, trinot pakalķājas pret priekšspārniem. Izdotās skaņas galvenokārt ir domātas otra dzimuma uzmanības piesaistīšanai. Tēviņi tādējādi parasti pieviline mātītes.

Hemoreceptorus pārstāv ožas un garšas sensilas. Ožas sensilas parasti atrodas uz taustekļiem un žokļiem. Tās palīdz atrast barību, atšķirt savas sugas īpatņus no svešiem, atrast pretējā dzimuma pārstāvjus u. c. Savā ziņā tā ir ķīmiska valoda, kurā kukaiņi sazinās. Vielas, kuras kukaiņi izdala savas sugas īpatņu informēšanai, sauc par *feromoniem*. Ožas sensilas ir ārkārtīgi jutīgas un spēj uztvert ļoti niecīgas smaržas devas pat kilometriem tālu (tauriņu tēviņi mātīšu izdalītos feromonus). *Garšas sensilas* parasti atrodas uz mutes daļām (kukaiņu vairumam) vai kāju pēdām (mušām). Tās veido vairākas maņu šūnas, no kurām katra reaģē uz savu garšas kairinājumu (sāļu, saldu u. c.).

Bez tam ir vēl sensilas, kas uztver vides temperatūru, mitrumu, gaisa spiedienu, radioaktivitāti u. c.

Saliktās acis jeb fasetacis kukaiņiem, līdzīgi kā vēžiem, sastāv no *omatidijiem*, kuru skaits atkarīgs no kukaiņu dzīvesveida. Plēsīgiem, aktīviem kukaiņiem, piemēram, spārēm, katrā acī ir līdz 28 000 *omatidiju*, bet krēslā un zem zemes mītošiem kukaiņiem fasetacis veido tikai daži *omatidiji*. Tāpat kā vēžiem, katrs *omatidijs* uztver tikai pret to perpendikulāri vērstos starus. Starus, kuri krīt zem cita leņķa, absorbē pigmentšūnas, un tie ne-nonāk *omatidija* gaismas jutīgajā daļā. Tātad attēls formējas no tik daudziem attēlu fragmentiem, uz cik *omatidijiem* stari krīt perpendikulāri. Atšķirībā no cilvēka acs kukaiņu acis spēj uztvert arī ultravioletos starus. Bez tam kukaiņu acis ir arī sava veida spidometrs, kas nosaka gar acīm slidošo priekšmetu kustības ātrumu.

Kukaiņu kāpuriem un arī vairumam pieaugušo kukaiņu ir vēl vienkāršāks acis jeb *actīnas* (44. att.), kas spēj uztvert polarizēto gaismu un gaismas intensitāti, bet nedod priekšmetu attēlu.

**Elpošanas sistēmu** veido *traheju tīkls*, kurā gaiss ieplūst caur 10 elpatveru pāriem (vēderā — 8, pakalkrūtīs un viduskrūtīs — pa vienam pārim) un tiek aizvadīts tieši uz patēriņa vietu bez asiņu starpniecības. Izelpa ir aktīvs process un notiek, kontrahējoties vēdera muskuļiem — no saspiestajām trahejām tiek izgrūsts gaiss. Muskulatūrai atslābstot, trahejas atgriežas normālā stāvoklī un gaiss tajās ieplūst no jauna. Vienā ieelpas—izelpas reizē apmainās apmēram  $2/3$  no sistēmā esošā gaisa.

**Asinsrite.** Sakarā ar elpošanas orgānu pārkārtošanos (pāreju uz traheju sistēmu) asinsrite gāzumaiņas funkciju ir gandrīz pilnīgi zaudējusi. Hemolimfas pamatfunkcija ir trofiskā — barības vielu un hormonu transports. Līdz ar to asinsvadu lielākā daļa izzudusi. Mugurpusē ir gara, no vairākām kamerām sastāvoša, pakalgalā slēgta *sirds*, kuras sānos ir pārskaista *ostijas*. Caur ostijām ieplūdušo hemolimfu sirds kontrakcijas dzen no sirds uz ķermeņa priekšgalu atejošā *aortā*, kura izbeidzas galvā.

**Dzimumsistēma** šķirtdzimumiska. Tēviņi parasti ir mazāki un citādā krāsā nekā mātītes, ar spēcīgāk attīstītiem žokļiem un antenām. Dažās kukaiņu grupās spārni ir tikai tēviņiem.

Daļai kukaiņu bez dzimumprocesa novērojama arī partenogēnēze — vairošanās ar neapaugļotām olām (laputīm, sabiedriskajiem plēvspārņiem), bet nedaudziem — tikai partenogēnēze (daļai laputu, pangodiņu).

**Kukaiņu attīstības tipi.** Postembrionālā attīstība sākas ar to, ka no olas iznāk vai nu jauns kukainis, kas ir līdzīgs vecākiem (segžokļaiņiem), vai kāpurs (kailžokļaiņiem).

Ja attīstībā ietilpst kāpura stadija, tad tā var būt ar *nepilnīgu* vai *pilnīgu pārvēršanos*. Nepilnīgās pārvēršanās gadījumā kāpurs galvenajās līnijās līdzīgs vecākiem, taču ir zināmas atšķirības: spārni ir tikai aizmetņu veidā, nav vēl izteiktas sekundārās dzimumzīmes u. c. Atkārtoti (4—30 reizes)



mainot kutikulu, kāpurs kļūst aizvien līdzīgāks pieaugušajai stadijai. Nepilnīgās pārvēršanās gadījumā attīstības ciklā ir 3 pamatstadijas: *ola*, *kāpurs*, *pieaugusi stadija*. Šāds attīstības cikls ir spārēm, viendienītem, taisnspārņiem, prusakiem, blaktīm.

Kukaiņiem ar pilnīgu pārvēršanos attīstības ciklā ir 4 pamatstadijas: *ola*, *kāpurs*, *kūniņa* un *pieaugusi stadija*. No olas iznākušais kāpurs kā pēc izskata, tā dzīvesveida krasi atšķiras no vecākiem: nav spārnu aizmetņu, nav salikto acu, ir citāds ekstremitāšu skaits un mutes orgānu tips, ķermeņa segmentācija neskaidri izteikta utt. Kāpuri dzīvo citā vidē un pārtiek no citas barības nekā attiecīgās sugas pieaugušie kukaiņi. Kāpura stadija parasti ir ilgstošākais periods attīstības ciklā (maijvabолēm 4—5 gadi). Kāpurs vairākas reizes maina kutikulu un pēc pēdējās novilkšanās pāriet miera stadijā — pārveidojas par kūniņu, kuras iekšienē kāpura orgāni noārdās, pārvēršas par mīkstu masu un no īpašām nediferencētu šūnu grupām, kuras atrodas dažādās ķermeņa vietās, veidojas pieaugušā kukaiņa orgāni.

**Sistemātika.** Kukaiņu klasi daļa 2 apakšklasēs — *segžokļaiņos* un *kailžokļaiņos*. Segžokļaiņi ir sīki, primitīvi kukaiņi ar grauzējtipa vai sūcējtipa mutes daļām, kuras ietvertas īpašā kapsulā. Spārni šiem kukaiņiem nekad nav bijuši, pie vēdera ir ekstremitāšu rudimenti. Augsnē un zemsedzē dzīvo 2500 sugas, Latvijā — 123 sugas.

Kailžokļaiņu apakšklasē ietverti visi pārējie kukaiņi, kurus iedala 20—30 kārtās. Apskatīsim galvenās.

**Kukaiņu kārtas, kuras attīstās ar nepilnīgu pārvēršanos.** Spāres ir sena kukaiņu kārtā, kas vēl cieši saistīta ar ūdeņiem. Tām ir grauzējtipa mutes orgāni, divi lieli, vienādi veidotu spārnu pāri. Olas dēj uz ūdensaugiem. Kāpuri dzīvo ūdenī, sākumā pārtiekami no sīkiem ūdensdzīvniekiem (kladocerām u. c.), vēlāk uzbrūk pat zivju mazuliem. *Ešnas* jeb *dižspāres* 5 cm garais kāpurs diennaktī apēd 12—50 zivju mazulus. Kāpuri pārziemo ūdenī un nākamās vasaras sākumā, pēdējo reizi mainot kutikulu, sasniedz dzimumgatavību.

Arī pieaugušās spāres ir aktīvi plēsēji — tās mušas, tauriņus un citus kukaiņus ķer lidojumā un bieži vien lidojot tos arī apēd. Pasaulē ir 6000 sugas, mūsu republikā — 53.

**Viendienītes** ir nelieli kukaiņi ar maigiem, prāviem priekšspārņiem. Pakalējie spārni ir mazāki vai pat rudimentāri. Ķermeņa pakalgalā 2 vai 3 garas pavedienveida piedevas. Pieaugušās viendienītes barību neuzņem, dzīvo dažas stundas vai dienas. Pēc pārošanās dēj olas ūdenī, kur kāpurs, daudzreiz (līdz 23 reizes) mainot kutikulu, dzīvo 2—3 gadus. No pasaulē sastopamajām 1600 sugām Latvijā ir 48, vairums dzīvo tekošos ūdeņos. Daugavas krāčainajā daļā starp Jēkabpili un Skrīveriem dzīvo *Eiropas vairogviendienīte*, kas iekļauta Latvijas Sarkanās grāmatas 1. kategorijā.

Taisnspārņiem priekšspārni ir ādaini, pakaļspārni plēvjaini. Mutes orgāni graužējtipa. Pakaļējais kāju pāris piemērots lēkšanai. Pasaulē 20 000 sugu. Pie taisnspārņiem pieder *sienāži*, *circeņi* (abām grupām taustekļi vismaz ķermeņa garumā) un *siseņi* (taustekļi īsi). Latvijā ir 10 sienāžu, 2 circeņu un 27 siseņu sugas. Mitrās, krūmainās vietās sastopams līdz 4 cm garais *dziedošais dižsienāzis*. Virtuvēs un maizes ceptuvēs aizkrāsnē dažkārt sisina *mājas circeņis* (pārtiek no pārtikas produktiem). Lauksaimniecības kaitēkļi ir *parastais racējcirceņis* jeb *zemesvēzis*, kas bojā augu saknes, un *klejotājsiseņi*, kas pārtiek no augu virszemes daļām, laiku pa laikam stipri savairojas un masveidā pārvietojas, ceļā apēdzdami visus zaļos augus. Klejotājsiseņi ir izplatīti Eirāzijā un Āfrikā, sastopami arī Dienvidamerikā un Ziemeļamerikā.

Kukaiņu kārtas, kuras attīstās ar pilnīgu pārvēršanos. Tauriņiem jeb zvīņspārņiem abus spārnu pārus klāj epidermālas izcelsmes zvīņas. Mutes orgāni sūcējtipa. Ar garo sūcēsnuķi sūc ziedu nektāru, bet miera stāvoklī sūcēsnuķi saritinā. Kāpuri tārpveidīgi, ar 3 pāriem krūškāju un 5 pāriem kājveidīgu izaugumu pie vēdera (tās nav ekstremitātes). Kāpuriem graužējtipa mutes orgāni. Kāpuri vairumam sugu ir augēdāji, daudzi — bīstami kultūraugu un mežu kaitēkļi (balteņi, sprižotāji, tinēji, tiklkodes, pūcītes), daži pārtiek no dzīvnieku vilnas, spalvām (kodes). Dabiskais zīds ir zīdtauriņu kāpuru siekalu dziedzeru izdalītais materiāls, ko kāpurs tin ap sevi iekūpošanās laikā. Vidusāzijā un Aizkaukāzā audzēto *zīdkoku zīdtauriņa* kāpuri sasniedz 8 cm garumu, bet to izvērttais pavediens — 1000—3000 m. Kāpuri, no kuriem attīstās tēviņi, auž par 20% garāku pavedienu nekā mātītes. Zīdkoku zīdtauriņa kāpurus baro ar zīdkoku lapām, bet pieaugušie īpatņi barību neuzņem. Zīdtauriņu domestikācija sākās Ķīnā pirms 5000 gadiem.

Pasaulē ir 150 000 tauriņu sugas. Latvijā — 2166, no tām mūsu Sarkanajā grāmatā iekļautas 4 reliktās\* sugas: *esparsetu zilenītis*, *tragantzirņu pūcīte* un *cirulišu dižtauriņš*, kā arī *gāršas lācītis*.

Vabolēm jeb cietspārņiem priekšējie spārni hitinizējušies un pārveidojušies par cietiem segspārņiem, kuri ne tikai sargā zem tiem esošos pakaļspārnus un vēderu, bet atviegļina arī urbšanos cietā substrātā (koksne, augsne), peldēšanu, niršanu utt. Graužējtipa mutesorgāni. Vaboles pasaulē plaši izplatītas, dzīvo visdažādākajos apstākļos. Liela daļa ir augēdājas. Starp tām daudzas ir lauksaimniecības (lapgrauži, piemēram, kartupeļu lapgrauzis, avenvaboles, sprakšķi, smecernieki) vai mežsaimniecības kaitēkļi (mizgrauži, koksngrauži, smecernieki, maijvaboles).

\* Par reliktiem sauc mūsdienās dzīvojošus organismus, kas kādā teritorijā maz izmainītā veidā saglabājušies no iepriekšējiem ģeoloģiskiem laikmetiem.



Daļa vaboļu pārtiek no augu un dzīvnieku atliekām, pat mēsliem (likvaboles, īsspārņi) — darbojas kā dabas sanitāri. Plēsīgās vaboles samazina kaitīgo kukaiņu daudzumu. Te jāmin *mārites*, kas sekmīgi iznīcina laputis un bruņutis. Vairākas mārišu sugas savairo masveidīgi un izlaiž dabā ciņai pret šiem bīstamajiem augu kaitēkļiem.

Pasaulē ir aptuveni 250 000 vaboļu sugu, mūsu valstī konstatētas vairāk nekā 2500, bet iespējams, ka tās vēl nav visas. Latvijas Sarkanās grāmatas 0 kategorijā kā iespējami iznīkusi suga ierakstīta *lielā briežvabole*, bet 1. kategorijā — *dīzais koksngrauzis*, kā arī *spidīgais, blāvais* un *lapukoku praulgrauzis*. Visas 5 sugas ir dienvidnieces.

Blusas minamas kā kukaiņi, kuri, pāriedami uz ektoparazītisku dzīvesveidu, zaudējuši spārnus. Tām nav arī salikto acu. Sūcējtipa mutes orgāni. Blusas ir kaitīgas ne tikai tāpēc, ka tās sūc asinis, bet arī tādēļ, ka tās pārnēs dažādu gan cilvēka, gan dzīvnieku slimību ierosinātājus (mēri, suņa lenteni u. c.). Blusu kārtā ir vairāk nekā 1000 sugas, mūsu republikā — 39 sugas.

Plēvspārņus raksturo divi plēvainu, caurspīdīgu spārnu pāri. Grauzējtipa vai laizītājtipa mutes orgāni. Mātītēm ir garš dējeklis, kas var būt pārveidots par dzeloni. Pieaugušie plēvspārņi barojas ar augu sulu (panglapsenes), nektāru, ziedputekšņiem (bītes, kamenes) vai ir plēsējas (skudras). Kāpuriem parasti nav ekstremitāšu. Tie ir augēdāji (zāglapsenes — to kāpuriem ir krūškājas un neistas vēderkājas!) vai parazīti (jātnieciņi, spožlapsenes), kuru mātītes iedēj olas citu kukaiņu olās vai kāpuros. Parazitisko plēvspārņu izmantošana kaitēkļu apkarošanā ir bioloģiskā ciņas metode. Pie mums ar *spožlapsenēm* apkaro tauriņus — zirņu tinēju un ābolu tinēju. Daudziem plēvspārņiem ir izteiktas rūpes par pēcnācējiem un sarežģīta uzvedība, dzīvošana saimēs, darba dalīšana un koloniju polimorfisms. *Medus bites* saime, piemēram, sastāv no 7—60 000 darbabišu jeb neattīstītu mātīšu, bišumātes un dažiem simtiem bištēviņu jeb tranu. Plēvspārņu nozīmi dabā raksturo ne tikai lielais sugu skaits (pasaulē 150 000 sugu, Latvijā — 2500), bet arī to masveidība, kas piešķir tiem ievērojamu vietu ekosistēmu barošanās ķēdēs, augu apputeksnēšanā, cilvēka dzīvē u. c. Bites ražo vasku, medu, bišumaizi, propolisu. Bišu indi izmanto medicīnā. *Mežaskudras* iznīcina daudz kokiem kaitīgo kukaiņu. Bites, kamenes un mežaskudras ņemtas valsts aizsardzībā.

Divspārņiem labi attīstīts tikai priekšspārņu pāris, bet pakšpārņi ir rudimentāri, vālišveida. Mutes daļas ir vai nu dūrējtipa (odiem), vai laizītājtipa (mušām). Pie divspārņiem pieder odi, knišļi, moskiti, trisuļodi, pangodiņi, mušas, spindeles, dunduri, kāpurmušas, laupitājmušas, briežmušas u. c. Divspārņu kāpuri dzīvo ūdenī un noder par barību zivīm (odiem, trisuļodiem, knišļiem), augos (pangodiņiem), sēnēs (sēņodiņiem), pūstošās

organiskās vielās (mušām) vai parazītē cilvēkā (Volfārtmušām) un dzīvniekos (ādas spindelēm, kuņģa spindelēm).

Pieaugušo divspārņu dzīvesveids arī ir visai dažāds. Daļa divspārņu ir cieši saistīti ar ziediem (ziedmušas) un veic to apputeksnēšanu. Plēsīgo sugu pārstāvji (laupītājmušas) iznīcina daudz kaitīgo kukaiņu. Ar pieaugušiem gaisā lidojošiem divspārņiem barojas spāres, putni, sikspārņi u. c. Lielu divspārņu kārtas daļu sastāda asinssūcēji divspārņi, kuriem ir liela epidemioloģiska nozīme (malārijodiem, moskītiem, cecemušām), jo asins sūkšanas laikā tie pārnes bīstamas cilvēka un dzīvnieku slimības (malāriju, leišmaniozes, miega slimību).

Pasaulē 80 000 sugu. Mūsu republikā divspārņi vēl maz pētīti. Latvijā ir apmēram 4000 sugas.

## HORDAIŅU TIPS

Hordaiņi ir augsti attīstīta dzīvnieku valsts daļa, kuras pārstāvjiem ir milzīga nozīme gan jūru, saldūdeņu un sauszemes biocenozēs, gan cilvēka dzīvē. Tipā ietilpst vairāk nekā 40 000 sugas, un to sadala 3 apakštipos: tunikātos, bezgalvkausaīņos un mugurkaulniekos.

**Tipa vispārīgs raksturojums.** Viena no visraksturīgākajām šo dzīvnieku pazīmēm ir **iekšējs ass skelets** — *horda* vai *mugurkauls*, kas stiepjas visā ķermeņa garumā. Horda ir elastīga, no pūšļveida šūnām sastāvoša muguras stiegra, ko apņem izturīgs šķiedrainš apvalks. Bezgalvkausaīņiem tā saglabājas visā dzīves laikā, tunikātiem un lielākajai daļai mugurkaulnieku tā ir tikai digļa vai kāpura stadijā. Vairumam mugurkaulnieku attīstības gaitā hordu nomaina no kaula skrimšļiem sastāvošs *mugurkauls*, kas veidojas no hordu aptverošajiem saistaudiem. Hordas atliekas šiem dzīvniekiem saglabājas tikai kā mugurkaula starpskriemeļu diski.

**Somatiskās nervu sistēmas** centrālā daļa hordaiņiem atrodas mugurpusē (atcerēsimies, ka posmtārpiem un posmkājiem tā novietota vēderpusē!), virs hordas. Tās aizmetnis noriešas no ekto-dermas nervu caurulītes veidā.

**Asinsrites** centrālais orgāns — *sirds* vai to aizvietojošais asinsvads atrodas ķermeņa vēderpusē (bez mugurkaulniekiem mugurpusē!).

**Elpošanas sistēma** aizmetas zarnu kanāla priekšdaļā — kā *žaunu spraugas* rīklē. Zemāko hordaiņu apakštipos, kā arī apaļmutniekiem un zivīm tās saglabājas visā dzīves laikā. Putniem un zīdītājiem žaunu spraugas ir tikai digļa stadijā, bet elpošanas funkciju vēlākā attīstībā pārņem *plaušas*.

Hordaiņiem, īpaši to digļiem un zemākajiem hordaiņiem parādās vairāku iekšējo orgānu (muskulatūras, skeleta u. c.) *metamērija*, bet tā ir vājāk izteikta nekā posmtārpiem un posmkājiem.



Hordaiņi dzīvo ūdenī, uz sauszemes, augsnē, gaisā.

Hordaiņi ir biocenotiski interesanta un tautsaimnieciski nozīmīga dzīvnieku grupa. Par to liecina jau tas vien, ka gandrīz visi mājdzīvnieki un medību dzīvnieki pieder pie hordaiņu tipa. Vairākām sugām ir negatīva nozīme lauksaimniecībā, mežsaimniecībā un zivsaimniecībā. Virkne sugu ir cilvēka un mājdzīvnieku slimību ierosinātāju pārnēsēji, izplatītāji un starpsaimnieki.

#### BEZGALVASKAUSAIŅU APAKŠTIPS

Bezgalvaskausaiņi ir sīki (1,5—10 cm) slaidi jūras dzīvnieki. Tā ir ļoti sena, sugu skaita ziņā neliela (30 sugu) dzīvnieku grupa, kuras pārstāvjiem nav galvaskausa, mugurkaula un pārskaita ekstremitāšu. Tomēr bezgalvaskausaiņiem ir vairākas pazīmes (horda, caurulveida nervu sistēma), kuras ļauj pieskaitīt tos pie hordaiņu tipa. Apakštipā ir tikai viena klase — galvhordaiņi jeb lancetnieki.

##### **Galvhordaiņu jeb lancetnieku klase.**

**Lancetnieku ķermenis** ir slaidis, no sāniem saplacināts, abos galos smails, bez izteikta galvas nodalījuma. Gar mugurpusi stiepjas ādas kroka, kas pakalgalā paplašinās, lancetveidīgi apņem asti un vēderpusē turpinās uz priekšu līdz *atriopora* — apžāunu dobuma atverei. Bez tam ir 2 sānu krokas, kas sākas priekšgalā un iet gar ķermeņa sāniem.

Ķermeni sedz *āda*, kas, tāpat kā augstākajiem hordaiņiem, sastāv no vienslāņa *epitēlija* (epidermas) un *istās ādas* (korijs). Korijs atrodas zem epitēlija un sastāv no galertveidīgiem saistaudiem.

**Muskulatūra** ir šķērsvitrota, metamēra, sastāv no V veida muskuļu segmentiem — *miomēriem*, kuru smailes vērstas pret priekšgalu. Citu no cita tos atdala starpsiena. Miomēru kontrakcijas tārpveidīgi vai viļņveidīgi izloka ķermeni.

**Ass skeletu** veido *horda*, kas stiepjas visā ķermeņa garumā, ieiet arī galvā (no tā klases nosaukums), saglabājas visu mūžu un funkcionē kā hidrostatisks skelets — muskuļu kontrakcijas palielina tās blīvumu.

**Nervu sistēma** sastāv no biezsienuainas nervu caurulītes, kas atrodas virs hordas. Tās priekšgals nesniedzas līdz hordas priekšgalam. Arēji nervu caurulīte nesadalās galvas un muguras smadzenēs, taču tās iekšējā uzbūvē un funkcijās atšķirības pastāv.

**Celoms** ir stipri reducējies, saglabājies tikai rikles rajonā.

**Gremošanas sistēma** sākas ar *muti*, kas atrodas mutes piltuves dibenā. Muti apņem taustekļi. *Rikles dobums* ir plašs, tā sienās atrodas žaunu spraugas, bet dibenā ir ar gļotu dziedzeriem un skropstiņepitēliju izklāta *rieva*. Galvhordaiņi ir filtrētāji. Ūdenī suspendētās barības daļiņas, galvenokārt detrits, pielip pie gļotām un ar skropstiņepitēlija skropstiņām tiek ievadīts

*zarnā*, kas novietota aiz rīkles un beidzas ar *ānusu*. Zarnas priekšējam nodalījumam pievienojas akls izaugums — *aknas*, kas izdala gremošanas fermentus. Barības sagremošana notiek gan aknu dobumā, gan zarnā.

**Asinsrites sistēma** slēgta. Sirds nav. Tās funkciju pilda *vēdera aorta*, pa kuru venozās asinis plūst uz ķermeņa priekšgalu, nonāk vairākos simtos *žaunu artēriju*, kas atrodas žaunu spraugu sienās, un tur piesatīnās ar skābekli. Arteriālās asinis ieplūst divos paralēlos virsžaunu asinsvados — *aortas saknēs*, no kurām atiet īsas *miega artērijas*. Daļa apskābļoto asiņu pa miega artērijām nonāk ķermeņa priekšgalā, bet galvenā asins masa ieplūst *muguras aortā*, kas izveidojas, savienojoties abām aortas saknēm. Muguras aorta stiepjas līdz ķermeņa pakaļgalam un dod atzarus uz audiem un orgāniem. Venozās asinis no zarnas kapilāriem satek *zemzarnas vēnā*, kas iet uz aknām, sadalās kapilāros, veidojot *aknu vārtu sistēmu*. Pēc tam kapilāri no jauna apvienojas vienā *aknu vēnā*, kura turpinās *vēdera aortā*. Venozās asinis no ķermeņa priekšgala un pakaļgala ieplūst *priekšējās* un *pakaļējās kardinālajās vēnās* un tālāk — vēdera aortā.

**Elpošanas sistēma.** Rīklē ir daudz *žaunu spraugu*, kuras atveras nevis uz āru, bet gan apžaunu jeb atriālajā dobumā un ar ārvidi saista *atriopors*. Žaunu spraugu starpsienu artērijās, kā arī lancetnieku ādā asinis apskābļojas.

**Izvadorgāni**, apmēram simts pāru, atgādina daudzsartārpu metanefrīdijus un atrodas virs rīkles.

**Dzimumsistēma** šķirt dzimumiska. Kā tēviņiem, tā mātītēm ir 25 pāri ieapaļu metamēru *dzimumdziedzeru*. Dzimumdziedzeriem nav izvadkanālu. Nobriedušās dzimumšūnas pārplēš gonādu sienu un nokļūst apžaunu jeb atriālajā dobumā, bet no tā caur apžaunu dobumu atveri jeb atrioporu — ūdenī, kur arī notiek olšūnu apaugļošanās. No olšūnas attīstās peldošs kāpurs, kas 2—3 gadu vecumā pāriet dzīvot dūnās un sasniedz dzimumgata-vību.

Galvhordaiņi ir plaši izplatīti Vidusjūrā, Melnajā jūrā, Atlantijas okeāna Eiropas un Amerikas piekrastēs. Tos mēdz uzskatīt par hipotētiskiem mugurkaulnieku priekštečiem.

#### MUGURKAULNIEKU APAKŠTIPS

Mugurkaulnieku apakštipā apvienoti augstāk attīstītie hordaiņi, kurus raksturo aktīvs dzīvesveids, labi attīstīta nervu sistēma, maņu orgāni un intensīva vielmaiņa.

**Āda.** Ķermeni no ārpuses apņem divslāņu āda. Ārējo slāni veido daudzkārtaina *epiderma*, kas bagāta ar dziedzeriem. Epidermas slānī attīstās zvīņu emalja, spalvas, mati, kā arī nagi. Ādas iekšējais slānis ir biežāks, un to sauc par *koriju* jeb īsto ādu. Korijs ir bagātīgi apgādāts ar nerviem un asinsvadiem. Tajā



veidojas kaula zvīņas un ādas kauli jeb segkauli. Krāsas šūnas atrodas gan epidermā, gan korijā un kopumā nosaka dzīvnieka krāsu.

Āda ne tikai pasargā no bojājumiem zem tās esošos audus, bet atrodas arī cieša sakarā ar ārvidi un vispirms izjūt vides tiešo ietekmi. Tā aizkavē ķermeņa atdzišanu, izžūšanu un slimību ierosinātāju iekļūšanu, daļēji piedalās gāzu apmaiņā, kā arī vielmaiņas galaproduktu izvadīšanā.

**Skelets.** Mugurkaulniekiem ir raksturīga spēcīga iekšējā skeleta attīstība. Izveidojies *galvaskauss* ar žokļaparātu, hordu no mainījis no skriemeļiem veidots *mugurkauls*. Proporcioniāli dzīvnieku kustīguma pieaugumam attīstījušās *ekstremitātes* un *ekstremitāšu joslas*. Īpaši šo procesu sekmēja pāreja no dzīves ūdenī uz dzīvi uz sauszemes. Zivju mugurkaulā izšķir divus nodaļumus — *vidukli* (tam ir ribas) un *asti* (ribu nav). Sauszemes mugurkaulniekiem mugurkaulā izšķirami 5 nodaļumi: *kakla*, *krūšu*, *jostas*, *krustu*, *astes*.

Zivīm ir divi ekstremitāšu pāri — krūšu un vēdera spuras, kuru skelets sastāv no nedaudziem kaula stariem. Stari savienojas ar ekstremitāšu *jostu skeletu*, kurš zivīm ir vienkārši veidots un nav saistīts ar mugurkaulu. Sauszemes mugurkaulniekiem ir izveidojušās piecpirkstainas ekstremitātes, kuras ap mugurkaulu saista *plecu josla* (priekšējās ekstremitātes) un *iegurņa josla* (pakaļējās ekstremitātes). Kustību ātruma attīstīšanai svarīgs vēl ir ekstremitāšu proksimālās daļas (augšdelma un augšstilba) stāvoklis pret pārvietošanās virsmu. Rāpuļiem priekšējo ekstremitāšu augšdelms un pakaļējo ekstremitāšu augšstilbs novietoti paraleli, bet zīdītājiem — perpendikulāri pārvietošanās virsmai, kas ļauj attīstīt daudz lielāku kustību ātrumu nekā rāpuļiem.

**Muskulatūra** ir šķērsvītrotā un gludā. *Šķērsvītrotā muskulatūra* atrodas zem ādas un sadalās atsevišķos muskuļos; to sauc par somatisko jeb skeleta muskulatūru. Ūdenī dzīvojošiem mugurkaulniekiem tā ir galvenokārt metamēra, bet, dzīvniekiem pārejot uz sauszemi, metamērija zūd, izveidojas speciāli, komplicēti muskuļu kompleksi, palielinās ekstremitāšu muskuļu masa. *Gludā muskulatūra* atrodas zarnu un citu iekšējo orgānu sienās.

**Gremošanas sistēma** ir komplicēta, tā var būt sadalīta *mutes dobumā*, *riklē*, *barības vadā*, *kuņģī*, *tievajā* un *resnajā zarnā*.

Apalmutniekiem mute piemērota sūkšanai, pārejiem mugurkaulniekiem mutes dobumā žokļos veidojas zobi, ar kuriem tver un sasmalcina barību. Mutes dobuma dibenā parādās siekalu dziedzeri, kas samitrina mutes gļotādu un barību. Čūskām daļa siekalu dziedzeru pārveidojušies par *indes dziedzeriem*. Zīdītāju siekalu dziedzeri satur fermentu amilāzi, kas šķēļ ogļhidrātus.

Rīklē ūdensdzīvniekiem ir *žaunu spraugas*, bet sauszemes mugurkaulniekiem ar rīkli saistītas *plaušas*.

Aiz rīkles ir *barības vads*, kas pāriet *kuņģī*. Putnu *kuņģa* sienās ir spēcīga muskulatūra, kas palīdz sāberzt barību. *Kuņģī*

ieplūst gremošanas dziedzeru sekrēti, kas nodrošina kuņģa sulas skābo reakciju un izdala fermentus.

Tievās zarnas priekšdaļu sauc par *divpadsmitpirkstu zarnu*, un tajā atveras aknu un aizkuņģa dziedzeru izvadkanāli. Resnā zarna beidzas ar *taisno zarnu*, kas atveras kloākā vai patstāvīgi. Uz tievās un resnās zarnas robežas attīstās *aklā zarna*. Rāpuļiem tā ir aizņemta stāvoklī, putniem — vāji, bet pārējiem mugurkaulniekiem labi attīstīta.

Aknas un aizkuņģa dziedzeris veidojas kā akli zarnas sienas izaugumi. Tie noriešas no zarnas un pārvēršas par kompaktiem vai daivainiem dziedzeriem, kas labi attīstīti visiem mugurkaulniekiem. Aknas producē *žulti*. Tā emulgē taukus un aktivizē lipāzi. Žults neitralizē kuņģa skābo reakciju. Aknām ir liela nozīme asins attīrīšanā, dažu vitamīnu (K) un glikogēna sintēzē un uzkrāšanā. Aizkuņģa dziedzeris izdala gremošanas fermentus — *tripsīnu* (šķel olbaltumvielas), *amilāzi* (šķel ogļhidrātus) un *lipāzi* (šķel taukus), kā arī funkcionē kā iekšējās sekrēcijas dziedzeris, kura hormoni regulē ogļhidrātu maiņu.

Zivīm zarnas sākumā kā dorsālās sienas izaugums izveidojas *peldpūslis*, kas funkcionē galvenokārt kā hidrostatisks orgāns.

**Elpošanas orgāni** mugurkaulniekiem atkarībā no dzīvesveida ir divējādi — *žauņas* vai *plaušas*. Bez tam ievērojama nozīme elpošanas procesā (visiem, izņemot rāpuļus un putnus) ir ādai.

**Asinsrites sistēma** ir slēgta. Evolūcijas procesā kā vēdera aortas paplašinājums ir izveidojies pulsācijas orgāns — sirds, kuras sienās ir šķērsvītrotā muskulatūra. Apaļmutniekiem un zivīm ir tikai viens sirds priekškambaris un viens kambaris (IV krās. att.). Abiniekiem un rāpuļiem sirds sastāv no 3 nodalījumiem — 2 priekškambariem un kambara. Augstākajiem mugurkaulniekiem (putniem, zīdītājiem) sirdij ir 4 nodalījumi: divi priekškambari un divi kambari.

Asinsvadus, pa kuriem asinis plūst uz sirdi, sauc par *vēnām*, bet asinsvadus, kuri aizvada asinis no sirds, — par *arterijām*. Apskābļotās asinis, kas piesātinātas ar skābekli, sauc par *arteriālām asinīm*. *Venozās asinis* satur daudz oglekļa dioksīda. Asinsvadu sienās ir gludā muskulatūra. Vissmalkākos artēriju sazarojumus sauc par *kapilāriem*, un tie savienojas vēnās. Dažkārt (aknās, nierēs, hipofīzē) arī vēnas var sadalīties kapilāros un pēc tam no jauna apvienoties vēnās.

Primārajiem ūdensmugurkaulniekiem (apaļmutniekiem, zivīm) ir tikai *viens asinsrites loks*: no sirds kambara asinis plūst uz žaunām, tur apskābļojas, nonāk muguras aortā un pa tās atzariem aizplūst pa visu ķermeni, atdod barības vielas un skābekli, piesātinās ar vielmaiņas galaproduktiem un pa vēnu sistēmu atgriežas sirds priekškambari.

Abiniekiem un rāpuļiem izveidojušies *divi asinsrites loki* — mazais un lielais, kas gan nav stingri nodalīti viens no otra. Abi tie sākas no sirds kambara, kurā ir jauktas asinis. *Mazais*



*asinsrites loks* virzās caur plaušām un beidzas sirds kreisajā priekškambarī, ievadot tajā apskābļotas asinis. *Liels asinsrites loks* iznes asinis pa visu ķermeni, atdod skābekli un ievada sirds labajā priekškambarī venozās asinis. Abiem priekškambariem reizē saraujoties, kā arteriālās, tā venozās asinis ieplūst kambarī. Šāda asinsrite ir pārejas tips evolūcijas procesā uz nošķirtu divloku asinsrites sistēmu, kas izveidojusies putniem un zīdītājiem.

Putniem un zīdītājiem *liels asinsrites loks* sākas no sirds kreisā kambara, aizvada arteriālās asinis uz orgāniem un audiem, tad pa vēnu sistēmu aiznes atpakaļ uz sirds labo priekškambari. *Mazais asinsrites loks* sākas no labā sirds kambara, nes venozās asinis pa plaušu artērijām uz plaušām, no kurienes apskābļotās asinis pa plaušu vēnām ieplūst kreisajā sirds priekškambarī.

Bez asinsrites sistēmas mugurkaulniekiem ir vēl otra cirkulārā ar asinsriti saistīta sistēma — **limfātiskā sistēma**. Tā nav slēgta un veic vielu apmaiņu starp asinīm un audiem.

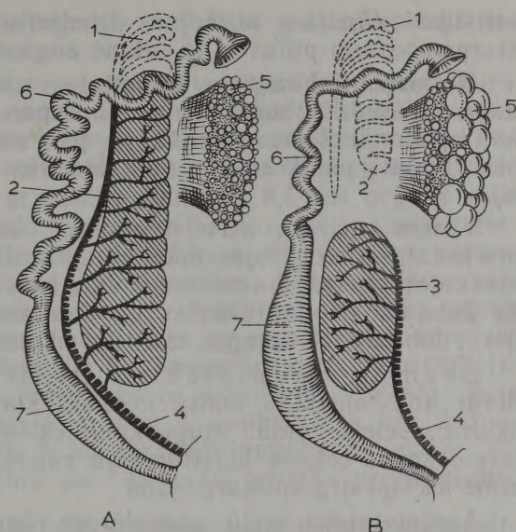
Asinsrites, elpošanas un gremošanas sistēmu pilnveidošanās putniem un zīdītājiem paaugstināja vielmaiņas līmeni un ļāva noturēt pastāvīgu ķermeņa temperatūru. Tas padarīja šos dzīvniekus mazāk atkarīgus no nelabvēlīgiem vides apstākļiem, pagarināja to aktivitātes laiku.

**Nervu sistēma** embrionālās attīstības gaitā rodas ektodermālas caurulītes veidā, kas vēlāk diferencējas par *somatiskās nervu sistēmas centrālo daļu* (sastāv no galvas un muguras smadzenēm), *perifēro nervu sistēmu* (to veido no galvas un muguras smadzenēm atējošie nervi) un *simpātisko nervu sistēmu* (galvenokārt sastāv no nervu mezgliem mugurkaula rajonā, kuri saistīti ar divām garām, gar mugurkaulu ejošām nervu stiegrām). Nervu sistēmas evolūcija mugurkaulniekiem saistīta ar galvas smadzeņu pārveidošanos. Galvas smadzeņu garozas aizmetņi parādās rūpuliem, bet visaugstāko attīstību sasniedz zīdītājiem.

Evolūcijas procesā izveidojas jaunas, komplicētas uzvedības formas, kuras veidojas uz nosacījuma refleksu pamata. Palielinās individuālās pieredzes loma. Sakarā ar galvas smadzeņu attīstību evolucionē arī maņu orgāni, kuru centri atrodas galvas smadzenēs.

**Maņu orgāni** uztver mehāniskos kairinājumus. Te vispirms jāmin *brīvie nervu gali* ādā, zarnu gļotādā un citur. Bez tam ir *pāra dzirdes orgāni*, kas vienlaikus ir arī *līdzsvara orgāni*. Abiņiem ir ne tikai iekšējā auss, bet arī vidusauss, kurā atrodas dzirdes kauliņi, bet dažiem rūpuliem, visiem putniem un zīdītājiem — arī ārējā auss. Redzes orgāni — *acis*. Mugurkaulniekiem acsābols veidojas kā starpsmadzeņu izliekums (bezmugurkaulniekiem — kā ādas ieliekums!). Labi attīstīti arī *ožas orgāni*.

**Izvadorgāni** mugurkaulniekiem attīstības gaitā mainās (46. att.). Visu mugurkaulnieku dīgļiem ķermeņa priekšgalā aizmetas *galvas niere* jeb *pronefross*, kas kā izvadorgāns funkcionē tikai dīgļiem un zemāko mugurkaulnieku kāpuriem. Tālākajā attīstības



46. att. Mugurkaulnieku sie-  
višķā uroģenitālā sistēma:

A — abinieku, B — augstāko mugur-  
kaulnieku; 1 — pronefross, 2 — mezo-  
nefross, 3 — metanefross, 4 — urin-  
vads, 5 — olnica, 6 — olvads, 7 —  
dzemde.

gaitā aiz pronefrosa, t. i., astes nodalījuma tuvumā, aizmetas *vidukļa niere* jeb mezonefross. Sākumā mezonefrosa caurulītes atveras pronefrosa kanālā, bet vēlāk gareniski sadalās 2 kanālos — *Millera kanālā*, kas saglabā sakaru ar pronefrosu, un *Volfa kanālā*, kuram paliek sakars ar mezonefrosu. Zemāko mugurkaulnieku (zivju, abinieku) mātītēm pronefross reducējas un Millera kanāls pārveidojas par olvadu, mezonefross funkcionē kā niere, bet Volfa kanāls — kā urīnvads. Tēviņiem pronefross un Millera kanāls reducējas, bet mezonefross pilda divkārsu funkciju: tā pakaļējā daļa darbojas kā niere, bet priekšējā daļa savienojas ar sēklinieku un funkcionē kā sēklvads.

Rāpuļiem, putniem, zīdītājiem aiz mezonefrosa aizmetas *ie-gurņa niere* jeb *metanefross*. Millera kanāls saglabājas tikai mātītēm un funkcionē kā olvads, bet Volfa kanāls saglabājas tikai tēviņiem un izvada spermatozoīdus.

**Dzimumsistēma** ir šķirtdzimumiska. Kā tēviņiem, tā mātītēm ir viens gonādu pāris. Bez tam ir dzimumsūnu izvadkanāli, kuri tēviņiem sākas no sēkliniekiem, bet mātītēm — ar piltuvi ķermeņa dobumā. Nobriedušās olšūnas caur plīsumu olnīcas sienā nonāk celomā, bet no turienes — olvada piltuvē.

**Iekšējās sekrēcijas** (endokrīnie) **dziedzeri** izdala asinīs specifiskas vielas — hormonus un piedalās visa organisma darbību un attīstības regulācijā. No iekšējās sekrēcijas dziedzeriem mugurkaulniekiem ir attīstīts *vairogdziedzeris*. Tā hormons stimulē vielmaiņu un augšanu. Viens pāris *aizkrūts dziedzeru* zivīm atrodas žaunu apvidū, sauszemes mugurkaulniekiem — kakla sānos. Pēc dzimumgatavības iestāšanās tas strauji samazinās. Aizkrūts dziedzeru hormons ietekmē pareizu vielmaiņu un dzimumdziedzeru



attīstību. *Hipofīze* atgādina dziedzerainu masu un piekļaujas starpsmadzeņu piltuvei; tā sekmē augšanu un vielmaiņu.

**Ķermeņa dobumu — celomu** — izklāj epitēlijs. To epitēlija daļu, kas sedz dobuma sienas, sauc par *parietālo epitēliju*, bet to, kas apņem iekšējos orgānus, — par *viscerālo*. Iekšējie orgāni ir piestiprināti pie ķermeņa dorsālās sienas ar divslāņa mezentēriju.

Visiem mugurkaulniekiem embriogēnēzē no celoma priekšdaļas norobežojas dobums ap sirdi — *perikards*. Zīdītājiem muskuļota diafragma celomu sadala *krūšu* un *vēdera dobumā*. Krūšu dobumā atrodas plaušas un perikardā ietvertā sirds, bet vēdera dobumā — kuņģis, zarnas, aknas, nieres, dzimumsistēma.

Bez mugurkaulniekiem celoms pildīts ar šķidrumu, kas notur ādas-muskuļu maisu noteiktā stāvoklī, t. i., pilda iekšēja šķidra skeleta lomu. Mugurkaulniekiem sakarā ar ass skeleta izveidošanos celoms balstfunkciju zaudē, taču tam ir zināma nozīme iekšējo orgānu sargāšanā.

Apaļmutnieku, zivju, abinieku un rāpuļu vienkārši veidotā ķermeņa sega, primitīvā asinsrites sistēma un nervu sistēma nespēj nodrošināt dzīvības procesu augstu līmeni, tāpēc ķermeņa temperatūra šiem dzīvniekiem ir tuva vides temperatūrai. Līdzīgi kā bezmugurkaulniekiem, minētās mugurkaulnieku grupas sauc par *poikilotermiem dzīvniekiem* (termins «aukstasiņu» dzīvnieki būtu atmetams) pretēji *homotermajiem dzīvniekiem* — putniem un zīdītājiem, kuriem ir ķīmiskie un fizikālie termoregulācijas mehānismi, kas nodrošina augstu vielmaiņas līmeni un patstāvīgu ķermeņa temperatūru.

Mugurkaulnieku apakštipu iedala **bezzokļaiņu nodalījumā** ar vienu recentu klasi — *apaļmutniekiem*, un **žokļaiņu nodalījumā**, pie kura pieder zivju virsklase ar *skrimšzivju* un *kaulzivju klasēm* un četrkāju virsklase ar *abinieku*, *rāpuļu*, *putnu* un *zīdītāju klasēm*.

## BEZZOKĻAIŅU NODALĪJUMS

**Apaļmutnieku klase.** Apaļmutnieki nav ietverti skolas mācību programmā. Tomēr, ņemot vērā to, ka mūsu republikā šiem dzīvniekiem ir zināma saimnieciska nozīme, kā arī to, ka apaļmutnieki pārstāv visprimitīvākos recentos mugurkaulniekus, dodam īsu šīs grupas apskatu.

Apaļmutnieku slaido čūskveida ķermeni klāj gļotu dziedzeriem bagāta āda. Zvīņu nav. Vēl nav attīstījušās arī pāra ekstremitātes un žokļaparāts. Pēdējā iemesla dēļ apaļmutniekus izdala bezzokļaiņu nodalījumā, tādējādi pretstatot tos visiem pārējiem mugurkaulniekiem — žokļaiņiem. Žokļu trūkuma dēļ mute nevar izdarīt knaibveida kustības, ir apaļa (no tā klases nosaukums)

un, līdzīgi mikroskopa diafragmai, spēj tikai gredzenveidīgi sašaurināties vai paplašināties.

*Mutes aparāts* kopumā veido piltuvveidīgu piesūcekni, kura sienās atrodas ragvielas «zobi». Ir arī spēcīga mēle, kas sūkšanas akta laikā darbojas kā svārpsts. Pieaugušie apalmutnieki ir pusparazīti (piesūcas pie dzīvīm un beigtiem dzīvniekiem), bet kāpuri — filtrētāji. Elpo ar *žaunu maisiem*. Kā ass orgāns visā dzīves laikā funkcionē *horda*. Galvaskauss un pārējie skeleta elementi (nepāra spuru skelets, žaunu skelets u. c.) sastāv no skrimšļa un saistaudiem — tie nav pārkaļķojušies. *Nervu sistēma* vāji attīstīta: galvas smadzeņu galvenie nodaļumi atrodas vienā plaknē, smadzenītes vēl nav nodaļījušās no iegarenajām smadzenēm u. c. Orientējas galvenokārt ar *taustes* un *ožas* palīdzību (ir viena nāss un viens ožas maiss galvas smadzeņu priekšā). *Acis* vāji attīstītas. Iekšējai *ausij* ir tikai 1 (miksīnām) vai 2 (nēģiem) pusloka kanāli, nevis 3, kā pārējiem mugurkaulniekiem. Visas minētās pazīmes liecina par dziļu šīs grupas primitivismu.

Apalmutnieku senči kā patstāvīgs mugurkaulnieku zars nodalījās silūra sākumā un ziedulaikus sasniedza silūra beigās, devona sākumā. Devona beigās gandrīz visi bezžokļaini izmira. Līdz mūsdienām saglabājušās tikai 2 nelielas apakšklases — *miksīnas* (21 suga) un *nēģi* (25 sugas), kuras agrāk nepareizi apvienoja vienā klasē ar zivīm.

**Miksīnas** dzīvo abu pusložu mērenās un subtropu joslas jūrās dažādos dziļumos un ir ļoti jutīgas pret sāļuma samazināšanos — iet bojā, ja sāļums mazāks par 25<sup>0</sup>/<sub>00</sub>; tāpēc arī Baltijas jūrā miksīnu nav.

**Nēģi.** Mūsu republikā sastopamas 3 nēģu sugas. Rūpnieciska nozīme ir *upes nēģim*, kas dzīvo un barojas jūrā, bet vasaras otrā pusē un rudenī — galvenokārt tumšās bezmēness nakts — ieceļo upēs. Ziemu nēģi pavada upēs, kur tiem nobriest dzimumprodukti, deģenerējas zarnu kanāls un mutes aparāts (jo nēģi pārstāj baroties), palielinās muguras spura, samazinās ķermeņa masa un pat garums. Nārsts notiek pavasarī un vasaras sākumā. Mātīte iznērš apmēram 22 000 olu. No olas attīstās kāpurs («ņurņiks»). Sākumā kāpuri uzturas starp akmeņiem un oļiem, bet, sasniedzuši 6 mm garumu, ierokas gruntī un barojas, barību atfiltrējot no ūdens. Kāpura stadija ilgst 4—5 gadus. Tai seko metamorfoze, kas mūsu apstākļos sākas vasarā un beidzas nākamā gada pavasarī. Pēc metamorfozes, upju straumju nesti, nēģi nokļūst jūrā, kur piesūcas pie reņģēm, arī lašiem, mencām un citām zivīm un sasniedz 40 cm garumu.

Otra mūsu republikā sastopamā suga ir *straute nēģis*, kas plaši izplatīts sikās upītēs, lielo upju augšgalos un strautos. Uz jūru neceļo. Pārtikai straute nēģus neizmanto, jo ādas gļotu dziedzeri satur indi, kas augstā temperatūrā (cepot, vārot) nesadalās. Straute nēģis ir mazāks par upes nēģi.



Trešā un pie mums visretāk sastopamā suga ir *jūras nēģis*. Tas ir vislielākais un var sasniegt 1 m garumu. Jūras nēģis ir plaši izplatīts Atlantijas okeāna ziemeļdaļā un tam pieguļošajās jūrās. Nārstot ieceļo upēs. Mūsu republikas ūdeņos — jūrā, kā arī upēs (Daugavā) tas ir reti sastopams un bez saimnieciskas nozīmes.

#### ŽOKĻAIŅU NODALIJUMS. ZIVJU VIRSKLASE

**Klases vispārīgs raksturojums.** Zivis ir primāri ūdensdzīvnieki, kuriem viss attīstības cikls notiek ūdenī. Ilgās evolūcijas gaitā zivju organisms ir maksimāli piemērojis ūdens vides izmantošanai kustībām, elpošanai, vielmaiņai, vairošanās procesam u. c. Plūdlīnijas ķermeņa forma un gļotainā āda palīdz viegli pārvarēt ūdens pretestību. Pāra ekstremitātes — krūšu un vēdera spuras — stabilizē ķermeņa stāvokli. Pāra ekstremitātēm vēl ir maza loma kustībās. Ķermeņa virzībā galvenā nozīme ir spēcīgi attīstītajai astes muskulatūrai un astes spurai. Kā ķermeņa aizsargi izveidojušās zvīņas un kaula vairogī, kuri tikpat kā ne-traucē kustības. Zvīņas ir ādas pārveidojums, un dažādām zivju grupām tās ir atšķirīgas. Zvīņas aug periodiski, tāpēc pēc to gadu gredzeniem iespējams noteikt zivs vecumu. Specifisks maņu orgāns ir sānu līnija, kas uztver ūdens svārstības un palīdz zivīm orientēties ūdenī.

Skelets sastāv no skrimšļa vai kaula. Kā ass skelets pieaugušiem dzīvniekiem funkcionē no skriemeļiem sastāvošs mugurkauls, ar kuru nekustīgi savienots galvaskauss. Tā priekšdaļa veido kustīgus žokļus ar zobiem. Žokļi balsta muti, tādēļ tā spēj izdarīt knaibveida kustības un satvert barību.

Zivju virsklasē ir vairāk nekā 20 000 sugu. Labi izteikto anatomisko atšķirību dēļ tās iedala skrimšļzivju un kaulzivju klasēs.

**Skrimšļzivju klase.** Skrimšļzivis ir sena recento zivju grupa. To senči parādījās pirms 350 milj. gadu. Blakus primitīvām pazīmēm (āda kaila vai to sedz zvīņas, skrimšļa skelets, nav peldpūšļa) recentajām skrimšļzivīm ir augsti attīstīta nervu sistēma (labi izveidotas priekšējo smadzeņu puslodes) un maņu orgāni, progresīvi evolucionējuši vairošanās bioloģija (ir iekšēja apaugļošanās, mātītes vai nu dzemdē dzīvus mazulūš, vai nērš blīvā ragvielas apvalkā ietvertas olas — ikrus), šai ziņā apsteidzot kaulzivis.

Pie skrimšļzivīm pieder haizivis, rajas un himēras. Skrimšļzivis ir plaši izplatītas okeānos, jūrās, retāk — saldūdeņos. Vairums no tagad dzīvojošām 500 sugām mīt siltajos rajonos, taču dažas sugas, piemēram, *polārā raja*, *polārā haizivs*, sastopamas līdz polārajiem ledājiem.

Skrimšzivju vairums nedzīvo baros. Tas apgrūtina šo dzīvnieku rūpniecisko ieguvu, kas tomēr sastāda 2% no zivju nozvejas pasaulē. No skrimšzivīm gatavo kaulu miltus, iegūst A vitamīnu, dažās zemēs tās izmanto pārtikā. Dažas lielo haizivju sugas uzbrūk cilvēkam.

**Kaulzivju klase** ir lielākā mugurkaulnieku klase. Tajā ietilpst gandrīz tik daudz sugu, cik visās pārējās šī apakštipa klasēs kopā. Kaulzivīm labāk nekā skrimšzivīm ir izveidots žaunu aparāts (žaunas sedz žaunu vāki). Iekšējais skelets sugu vairumam ir pārkaulots.

Kā barības vada priekšdaļas mugurējās sienas izaugums izveidojies *peldpūslis*, kas, mainīdams tilpumu, palīdz nirt. Divējādi elpojošām zivīm no šī paša barības vada rajona, tikai kā ventrālās sienas izaugums attīstās 1 vai 2 plaušas, pārējās kaulzivis elpo ar žaunām.

Apaugļošanās galvenokārt ārēja. Olām (ikriem) nav ragvielas aizsargapvalka, tās stipri pakļautas vides ietekmei, un daudzas aiziet bojā, toties mātišu auglība parasti ir milzīga.

Kaulzivju sistematika vēl nav nostabilizējusies. Jaunākā laikā klasi sadala 2 apakšklasēs — *kātspurzivju* un *starspurzivju* apakšklasē.

**Kātspurzivju jeb daivspurzivju apakšklase** ir primitīvākā kaulzivju grupa. Visā dzīves laikā tām saglabājas blīvā saistaudu apvalkā ietverta horda, taču astes rajonā var parādīties arī nepilnīgi attīstīti mugurkaula skriemeļi, kuriem nav skriemeļa ķermeņa. Pāra spuru pamatne veido muskuļotu, ar zvīnām klātu kātu.

Kātspurzivis ir pazīstamas kopš devona sākuma. Tagad dzīvojošās 7 sugas ir atliekas no kādreiz bagātīgi pārstāvētās grupas. Pie kātspurzivīm pieder *bārkšspurzivis* un *divējādi elpojošās zivis* jeb *žaunplaušzivis*. Pie bārkšspurzivīm pieder 1938. gadā atklātā *latimērija*, kas dzīvo Mozambikas jūras šaurumā un sasniedz 1,8 m garumu. Latimērija ir dzīvs relikts un anatomiskās uzbūves ziņā maz atšķiras no saviem mezozojā izplatītajiem senčiem. Auglība šīm zivīm ir ļoti maza (olnīcā atrastas 19 lielas olas, kuru diametrs sasniedz 9 cm, katras olas masa — 300 g). Tā ir ļoti reta, pasaules Sarkanajā grāmatā ietverta suga.

Pie divējādi elpojošām zivīm pieder 6 recentas sugas, kuru areāls aptver dienvidu puslodes kontinentu saldūdeņus. Normālos apstākļos tās elpo ar žaunām, bet sausuma periodā, ūdeņiem izžūstot vai ūdenī katastrofāli samazinoties skābekļa daudzumam, pāriet uz gaisa elpošanu ar plaušām. *Austrālijas neoceratodam* ir 1 plauša, pārējām piecām sugām (4 dzīvo Centrālajā Āfrikā, 1 — Dienvidamerikā) izveidojušās 2 plaušas. Divējādi elpojošās zivis var sasniegt 1,2—2 m garumu. Garšīgās gaļas dēļ tās stipri iznīcinātas.

**Starspurzivju apakšklasē** ietvertas visas pārējās recentās zivis.



Ķermeni (izņemot galvu un spuras) klāj zvīņas. Dažām sugām zvīņas saplūst, veidojot kaula plātnītes, vai pavisam izzūd. Labi attīstīta horda saglabājusies tikai nedaudzām senāko grupu sugām, bet pārējām izveidojies mugurkauls. Tas attīstījies no hordas saistaudu apvalka un sastāv no atsevišķiem skriemeļiem, starp kuriem saglabājas hordas atliekas. Katrs skriemelis sastāv no abpusēji ieliekta skriemeļa ķermeņa, augšējā loka, kas veido muguras smadzeņu kanālu, un apakšējā loka, pie kura vidukļa nodalījumā piestiprinās ribas. Galvaskauss senajām, tagad izmirušajām starspurēm sastāvēja no blīvas pārkaulotas kapsulas, bet recentajām zivīm to veido daudzi atsevišķi kauli. Ekstremitātes ir pāra (krūšu, vēdera) spuras, kuru skeletam atšķirībā no tālākajām mugurkaulnieku klasēm vēl nav centrālās ass. Tas sastāv no radiāli izvietotiem kaula stariem, kuru pamatnes skelets guļ brīvi starp muskuļiem un nav savienots ar mugurkaulu. Tā kā pāra ekstremitātes attīstītas vāji, tad vidukļa muskulatūra, līdzīgi kā iepriekš aprakstītajām mugurkaulnieku grupām, saglabājusi metamēru raksturu.

Starpspurzivju apakšklasē apvienotas 20 000 sugas, no kurām Latvijas ūdeņos sastopamas 70. Atzīmēsim dažas nozīmīgākās starpspurzivju kārtas.

Storveidīgo zivju kārtā ir 25 recentas sugas, kas sastopamas ziemeļu puslodes jūrās un saldūdeņos. Lielākās no tām ir *beluga*, kas var pārsniegt 5 m garumu (dzīvo Kaspijas, Melnās jūras un Vidusjūras baseinos), un *Tālo Austrumu kaluga* — līdz 4 m gara. Baltijas jūras baseinā līdz Somu jūras līcim un Nevai kādreiz bija izplatīta *Atlantijas store*. Tā nebija retums arī Latvijas ūdeņos. Kopš XIX gs. vidus Atlantijas stores areāls ir stipri sarucis — tā sastopama tikai Melnās jūras baseinā. Latvijas ūdenstilpēs mīt 2 sugas. Storveidīgo zivju vairums ir caurceļotājas. Nārsto tās ieceļo upēs, pēc nārsta atgriežas jūrā, kur upju straumes ienes arī mazulus. Jūrā tie aug un sasniedz dzimumgatavību. Izņēmums ir *sterlēte*, kas visu mūžu dzīvo upēs. Pēckara gados tā aklimatizēta Daugavā. Storveidīgās zivis nārsto ik pēc 1 vai 2 gadiem un var sasniegt ievērojamu vecumu (60 gadus un vairāk). Pārtikā izmanto gaļu un ikrus.

Silķveidīgo zivju kārtā ir vairāk nekā 300 sugas. Galvenokārt tās ir pelagiskās jūras zivis. Izplatītas visos platuma grādos, taču vairums mīt tropos. Ziemeļu jūrās un Atlantijas okeānā dzīvo *Atlantijas silķe*, kas dzimumgatavību sasniedz 5.—7. dzīves gadā un var nodzīvot līdz 25 gadu vecumam. Garums — līdz 40 cm. Ik gadus mātītes nērš ikrus (vairākus desmitus tūkstošu katra) Norvēģijas, Islandes, Grenlandes vai Kanādas piekrastē. Pēc nārsta silķu bari atgriežas atklātā jūrā baroties ar planktonu. Latvijas piekrastes ūdeņos svarīgs rūpnieciskās zvejas objekts ir Atlantijas silķes Baltijas pasuga — *reņģe*, kas dzimumgatavību sasniedz 2.—3. gadā un ir mazāka (līdz 15 cm gara). Pie šīs kārtas pieder arī *brētliņa*, *anšovi* (apmēram 100 sugas) u. c.



Lašveidīgo zivju kārtā ir apmēram 400 sugas. Mūsu ūdeņos dzīvo *lasis*, *taimiņš*, *alata*, 2 *paliju* sugas, *repsis*, *siģa*, *salaka*, *lidaka*. Daļa no minētajām sugām ir caurceļotājas (*lasis*, *taimiņš*, *siģa*), jūrā mīt jūras *salaka*, bet saldūdeņos — *palija*, *repsis*, *alata*, *salakas* ezera forma — *sniedze*, kā arī *lidaka*. Vairākas sugas aklimatizētas, piemēram, varavīksnes forele, tēraudgalvas *lasis*, *pelede*. Austrumāzijā vislielākā saimnieciskā nozīme ir *Tālo Austrumu lašiem* (gorbušai jeb kuprlasim, ketai u. c.), kuri no Klusā okeāna lielos baros migrē upēs nārstot. Upēs tie nebarojas un pēc nārsta iet bojā.

Zušveidīgo zivju kārtā ietvertas 350 sugas, kuru vairums (arī košās, smailzobainās un plēsīgās *murēnas*) mīt siltajās jūrās. Mūsu ūdeņos dzīvo *Eiropas zutis*, kas nārsto Sargasa jūrā. No turienes kāpurus Golfa straume nes uz Eiropas piekrasti, kur tie ieceļo upēs un ezeros baroties. Sasnieguši 9—12 gadu vecumu, zuši migrē atpakaļ uz okeānu, kur pēc nārsta iet bojā.

Karpveidīgo zivju kārtā apvienotas 3200 sugas. To vairums ir siltumu mīlošas saldūdens zivis. Zvejojot saldūdeņos, galvenokārt iegūst šīs kārtas daudzo sugu zivis. Tādas mūsu reģionā, piemēram, ir *rauda*, *plaudis*, *zeltainā karūsa*, dažādās diķos audzējamās *karpu* šķirnes, kā arī karpas savvaļas forma — *sazāns*. Pie saimnieciski vērtīgajām zivīm pieder *vimba*, kas nārsto upēs, bet barojās jūrā, *linis*, *sapals*, *ālants*. Pēckara gados Latvijas saldūdeņos uzsākta *baltamūra* un *platpiera* audzēšana. Gan *baltamūru*, gan *platpieri* daudzviet pasaulē plaši izmanto kā bioloģiskus melioratorus, jo, pārtikdami no ūdensaugiem, tie pasargā ūdenstilpes no aizaugšanas. Vairāki simti akvārijos audzēto *zelta zivtiņu* šķirņu izaudzētas apmēram 100 gadu laikā, selekcijējot sudrabainās karūsas.

Samveidīgo zivju kārtā ir apmēram 1200 sugas. Tās ir galvenokārt plēsīgas zivis, kas dzīvo ūdenstilpes dibenā un uzbrūk laupījumam no slēpņa. Daudzām sugām, piemēram, *Āfrikas elektrosamam*, ir elektriskie orgāni, kas veidojas no ādas dziedzeriem, un nevis no muskulatūras, kā tas ir citām elektrisko strāvu veidojošām zivīm. Mūsu republikā šo kārtu pārstāv *Eiropas sams*, kas mīt Eiropas upēs un var sasniegt vairāku metru garumu. Vismazākie samveidīgie (4—6 cm gari) mīt Dienvidamerikā un ir vienas no mazākajām zivīm pasaulē. Dažas samveidīgās zivis pārgājušas uz parazītisku dzīvesveidu (reta parādība zivīm!). Tās pārkož lielāku zivju ādu vai žaunu sienu un sūc asinis. Viena suga — 6 cm garā *vandella* — pat bīstama cilvēkam, jo ielien urīnvados un izraisa stipras sāpes.

Vējzivjveidīgo kārtā ietilpst apmēram 150 sugas, no kurām 60 sugas, vairoties no plēsējiem, var izlēkt no ūdens un, izmantojot garās, bet nekustīgās krūšu spuras, kā arī spēcīgās astes atvēzienu, var nolidot pa gaisu 200 m un tālāk. Tās ir *lidojošās zivis*, kas izplatītas okeānu tropu joslā. Klusajā okeānā svarīgs



nozvejas objekts ir *saira*. Baltijas jūras ūdeņos retumis ienāk zaļganā, slaidā, līdz 90 cm garā vēzīvis.

Mencveidīgo zivju kārtā ir 700 sugas, no tām vairāk nekā 500 sugas dzīvo auksto jūru dziļajos slāņos. Parasti uzturas baros. Liela rūpnieciska nozīme ir *mencai*, kas izplatīta Klusā un Atlantijas okeāna ziemeļdaļā. Mūsu republikā jūras zivju nozvejā tā ieņem pirmo vietu. Liela rūpnieciska nozīme ir arī *Atlantijas pikšai*, subtropu un mērenās joslas abās puslodēs mītošajām *merlūzām* un *hekam*. Aukstos ezeros un upēs Latvijā dzīvo *vēdzele*. Sevišķi intensīvi tā barojas ziema; nārsto decembrī, janvārī.

Asarveidīgo zivju karta ir vislielākā, tajā ir 6500 sugas, no kurām daudzas (*nototēnijas*, *skumbrijas*, *tunzivis*, *stavridas* u.c.) dzīvo jūrā un ieņem nozīmīgu vietu pasaules zivju nozvejā. Mūsu ūdeņos no tām nozīmīgākā ir *lucītis*. Daudz sugu dzīvo arī saldūdeņos. Latvijas Republikas ezeros un upēs no tām sastopamas tikai 3 sugas — *zandarts*, *asaris* un *ķisis*. Interesantas ir tropu saldūdeņos dzīvojošās *labirintzivis*, kuras var uzturēties stipri piesārņotos, ar skābekli nabagos ūdeņos un ar speciāla veidojuma — labirinta palīdzību elpošanai izmantot gaisa skābekli. Viena suga spēj labi rāpot pa sauszemi, pat rāpties kokos. Pievilcīgā izskata un interesantās uzvedības dēļ daudzas sīkās asarveidīgo sugas (makropodus, cīnītājzivis, gurāmus, skalārus u.c.) audzē akvārijos.

Plekstveidīgo zivju karta nav liela, tajā ir 500 sugas. Šis zivis labi pielāgojušās dzīvei uz gultnes — ķermenis stipri saplacināts no sāniem. Uz viena sāna (tas parasti ir balts) zivs gul uz grunts, bet otrs sāns spēj mainīt krāsu atbilstoši fona krāsai. Abas acis pieaugušam dzīvniekam atrodas pret ūdeni vērstajā ķermeņa pusē. Jaunās zivis peld normālā stāvoklī, un acis tām atrodas abās pusēs ķermenim. Pārtiek no gliemjiem, zivīm u. c. Viena no lielākajām zivīm ir *paltuss*, kas var sasniegt 4,5 m garumu. Mūsu republikas ūdeņos mitinās *Atlantijas plekste*, *lielā akmeņplekste*, *gludā limanda*.

**Zivju saimnieciskā nozīme** ir ļoti liela. Zivju muskulatūra, ikri, aknas ir bagāti ar olbaltumvielām, taukiem, minerālvielām, A un D vitamīniem un citām cilvēka organismam nepieciešamām sastāvdaļām. Nestandarta un mazvērtīgās, pārstrādāšanai nederīgās zivis izēdina kažokzvēriem un putniem. Latvijā izmanto mencas, lucīšus, reņģes u.c. Galvenā nozīme ir jūras, īpaši tāljūras zvejai, jo mūsu saldūdeņos zivju krājumi ir stipri sarukuši. No Latvijas iekšējiem ūdeņiem vislielāko produkciju dod diķi. Siltūdens diķos audzē karpas, bet kā papildzivis — līņus, sudrabkarūsas u. c. Ražīgākajos gados mūsu valsts labākajās saimniecībās karpu nozveja pārsniedz 800 kg/ha. Zivju krājumu palielināšanai Latvijā izveidotas vairākas zivaudzētavas (Kārļu, Pelču, Tomes, Salacas, Pļaviņu), kurās savairo un audzē lašu, taimiņu, varavīksnes foreļu, zandartu un citu vērtīgu zivju

mazuļus ielaišanai upēs un ezeros. Latvijas ūdeņos svarīgi atjaunot caurceļotāju zivju krājumus.

No zivīm iegūst arī cita veida produkciju: no mazvērtīgajām zivīm un zivrūpniecības atkritumiem — zivju miltus, no mencu ādām, zviņām, peldpūšļiem — līmi utt.

Zivju krājumi, kā arī atsevišķas zivju sugas mūsu reģiona iekšējos ūdeņos ir stipri apdraudētas galvenokārt ūdeņu piesārņojuma dēļ. Tas pats attiecas arī uz Rīgas jūras līci, Baltijas jūru un Pasaules okeānu. Stipri samazinājusies reņģu, mencu, plekstu, lucīšu, siļķu nozveja. Ir noslēgti ligumi starp ASV, Kanādu, Japānu un citām valstīm par lašu un siļķu nozvejas normām, kā arī par veicamajiem pasākumiem, lai novērstu ūdeņu piesārņošanu ar naftu, smagajiem metāliem u. c.

#### ABINIEKU KLAŠE

**Klašes vispārīgs raksturojums.** Abinieki ir primitīvi sauszemes mugurkaulnieki, kuri daļēji vēl ir saistīti ar ūdeni. Tie visvairāk sastopami upju un ezeru krastos, kā arī tropu lietus mežos.

Abinieku āda ir kaila, bez zviņām, bagāta ar dziedzeriem. Atšķirībā no zivīm abinieku mugurkaulam ir arī *kakla* un *krustu nodalījumi*. Kakla nodalījumu gan veido tikai viens skriemelis, tomēr tas nodrošina nelielu galvas kustīgumu.

No zivīm mantotās pāra ekstremitātes stipri izmainījušās, un abi pāri veidoti pēc viena principa: tās ir svirveidīgas un sastāv no 3 daļām: priekšējās ekstremitātes no *augšdelma*, *apakšdelma* un *plaukstas*, pakaļējās — no *augšstilba*, *apakšstilba* un *pēdas*. Šādu abinieku evolūcijas gaitā iegūtu ekstremitāšu uzbūves principu pārmantojušas arī pārējās sauszemes mugurkaulnieku klašes. Ekstremitātes ar mugurkaulu saista *ekstremitāšu joslu skeleti*.

Muskulatūrai metamērija saglabājusies tikai viduklī, bet ar ekstremitātēm saistītā muskulatūra veido sarežģītus, pretēji darbojošos muskuļu kompleksus.

Abiniekiem ir divi asinsrites loki (zivīm viens!) un trīsdaļīga sirds. Pa ķermeni plūst jauktas asinis, tāpēc dzīvības procesi noris gausi, termoregulācijas sistēma darbojas vāji, un abinieki (tāpat kā visi bezmugurkaulnieki un iepriekš minētie hordaiņi) ir poikilotermi dzīvnieki.

Pla u š ā m ir maisveida uzbūve, un plaušu virsma nav liela, tādēļ kailā, labi apasiņotā āda darbojas kā elpošanas papildorgāns.

Abiniekiem ir labi attīstītas priekšsma dzene — tajās var izšķirt lielās puslodes. Vāji attīstītas sma dz en ī t es, kas izskaidrojams ar samērā vienkāršām ķermeņa kustībām.

Sakarā ar dzīvi gaisa vidē a c s radzene ir izliekta un acij ir kustīgi plakstiņi, kas pasargā to no izžūšanas. O ņ a s o r g ā n i



ir *ārējās* un *iekšējās nāsis* (hoānas), kuras atveras mutes priekšdaļā.

Abinieki ir šķirtdzimumu dzīvnieki. Apgaigļošanās āreja. Olām nav blīva apvalka, tās nērš ūdenī. Gandrīz visiem abiniekiem ir *kāpurs*, kura ķermeņa uzbūvē ir zināma līdzība ar zivīm.

**Abinieku izcelšanās** ir saistāma ar devona perioda bārkšspurvīm. No pirmajiem primitīvajiem abiniekiem izveidojās stegocefāļi, kas deva sākumu 3 nozīmīgiem zariem: 1) *astainajiem abiniekiem* un *bezkājabiniekiem*, 2) *bezastes abiniekiem* un 3) *primitīvajiem rāpuļiem*. Rāpuļu priekšteči, būdami kustīgāki un sauszemes biotopiem piemērotāki, izspieda no tiem abiniekus. Mezozoja — rāpuļu ziedulaikā — izdzīvoja galvenokārt mazi ūdensabinieki, kuri mazāk konkurēja ar rāpuļiem. Mezozoja beigās, rāpuļu vairumam izmirstot, sākās straujš šo sīko abinieku uzplaukums.

**Abinieku daudzveidība un nozīme.** Mūsdienās abinieku klasē ir gandrīz 2500 sugu, kuras iedala astaino abinieku (280 sugu), bezkājabinieku (60) un bezastes abinieku (2100) kārtās.

**Astainie abinieki** ir senākā un primitīvākā recento abinieku kārtā, kuras pārstāvji vairāk nekā citas abinieku grupas ir saistīti ar ūdeni. Apmēram 200 sugu dzīvo tikai ūdenī, vairākas — daļēji ūdenī un tikai pavisam nedaudzas (salamandras) ir pilnīgi pārgājušas uz sauszemi. Izplatītas gandrīz tikai ziemeļu puslodē. Pie astainajiem abiniekiem pieder primitīvās *dižsalamandras* — lielākie recentie abinieki, kas sasniedz 1,5 m garumu, un *stūrzobtritoni*. Ziemeļamerikas saldūdeņos sastopamas zušiem līdzīgās sirēnas ar gandrīz pilnīgi reducētām kājām — *proteji*, kuru viena suga dzīvo Balkānu pussalas pazemes alās, bet otra — Ziemeļamerikas ezeros. Astainie abinieki ir arī *ambistomas*, kas sastopamas Ziemeļamerikā un plaši pazīstamas neotēnisko\* kāpuru dēļ, kā arī sugām bagātā salamandru apakškārtā, pie kuras pieder *salamandras* un *tritoni*. Mūsu valstī sastopamas 2 sugas — *mazais* un *lielais tritons*. Lielais tritons sastopams reti, tāpēc ierakstīts Latvijas Sarkanajā grāmatā.

**Bezkājabinieki** ir tārpveidīgi (11—135 cm gari), dzīvei augsnē specializējušies abinieki bez ekstremitātēm, tiem reducētas acis un ausis. Sastopami Amerikas, Āfrikas un Āzijas tropos (*cecīlijas*).

**Bezastes abinieki** ir progresējoša abinieku kārtā. Tie izplatīti visos kontinentos, bet sevišķi daudz sugu mīt tropos. Bezastes abiniekiem spēcīgi attīstīti abi ekstremitāšu pāri, bet it īpaši — pakāļejo ekstremitāšu pāri, kas nodrošina lēcienveidīgu pārvietošanos pa sauszemi. Pieaugušie dzīvnieki, pretēji astainajiem abiniekiem, dzīvo galvenokārt uz sauszemes — koku lapotnē,

---

\* Neotēnija — spēja vairoties kāpura stāvoklī.

uz zemes, zem zemes — un tikai 15 % sugu ir tipiski ūdensdzīvnieki. Pie bezastes abiniekiem pieder *krupji* (450 sugu), *varžukrupji* (50), *vardes* (400), *airkājvardes* (400), *kokvardes* (416) u.c.

Mūsu teritorijā sastopamas 9 sugas: *sarkanvēdera ugunskrupis*, *brūnais varžu krupis*, *Palearktikas jeb parastais krupis*, *zaļais krupis*, *smilšu krupis*, *ežera varde*, *zaļā varde*, *pļavu jeb parastā varde*, *purva varde*. Eiropas kokvardes esamība mūsu valstī nav pierādīta. Sarkanvēdera ugunskrupis, smilšu krupis un purva varde ir retas sugas, kas ierakstītas Latvijas Sarkanajā grāmatā. Visi Latvijas teritorijā sastopamie abinieki ar valdības lēmumu ir ņemti valsts aizsardzībā. *Eiropas kokvarde* pašreiz tiek savairota Nacionālajā zooloģiskajā dārzā, lai viņu aklimatizētu Gaujas nacionālajā parkā (GNP).

**Abinieku nozīme dabā.** Abinieki apēd daudz dažādu kaitēkļu (gliemjus, kukaiņus un to kāpurus) un paši noder par barību dažādiem dzīvniekiem, sākot ar zivīm un beidzot ar zīdītājiem. Dažas sugas izmanto arī cilvēka pārtikā. Bez tam abiniekiem, īpaši vardēm, ir liela nozīme kā laboratorijas dzīvniekiem, ar kuriem eksperimentē zoologi, fiziologi, biofiziķi u. c.

#### RĀPUĻU KLAŠE

**Klašes vispārīgs raksturojums.** Rāpuļi ir pirmie istie sauszemes mugurkaulnieki, kuriem visa dzīve, ieskaitot vairošanās norisi, notiek uz sauszemes. Tāpēc viens no šo dzīvnieku evolūcijas pamatvirzieniem bija ūdens saglabāšana organismā. Rāpuļu āda pārragojās, pārklājās ar zvīnām un ragvielas plātnītēm, zaudēja dziedzerus, kļuva sausa. Caur šādu ķermeņa segu ūdens neizdalās. Āda nepiedalās arī elpošanas procesā. Ūdens maiņa organismā ļoti ekonomiski veicama, iegūstot ūdeni no putrai līdzīgu urīnu, kurā ir daudz urīnvielas un maz ūdens. Gāzu maiņa notiek tikai plaušās, kas salīdzinājumā ar abinieku plaušām ir labāk attīstītas, ieguvušas elpošanas ceļus — *elpvadu* jeb *traheju* un divus *bronhus*, kuri katrs ieiet savā plaušā.

Daudzveidīgie un mainīgie dzīves apstākļi uz sauszemes izvirzīja otru attīstības līniju rāpuļu evolūcijā — prasības pēc lielāka kustīguma, labākām orientēšanās un pielāgošanās spējām, intensīvākas vielmaiņas. Progresīvi attīstījās skelets. Rāpuļiem tas ir pilnīgi pārkaulojies, ekstremitātes salīdzinājumā ar abinieku ekstremitātēm kļuvušas stiprākas, labi diferencējies mugurkaula kakla nodalījums, pie kura kustīgi piestiprināts galvaskauss.

Progresējusi arī galvas smadzeņu, it īpaši priekšējo smadzeņu pusložu garozas un smadzeņu, kā arī maņu orgānu, it īpaši ožas orgānu attīstība.

Sirds rāpuļiem parasti ir trīsdalīga, taču tās kambari izveidojusies starpsiena, kas to nepilnīgi (rāpuļu vairumam) vai



pilnīgi (krokodiliem) sadala divās daļās, tādējādi kavējot arteriālo un venozo asiņu sajaušanos.

**Apaugļošanās** ir iekšēja un notiek uz sauszemes. Rāpuļu embrijiem (pirmajiem no hordaiņu tipa) parādās digļorgāni — *amnijs* un *alantojs*. Ar asinsvadiem bagātās alantoja sienas veic gāzumaiņu un vielmaiņu, bet amnijs veido ap embriju ar šķidrumu pildītu pūsli un pasargā to no mehāniskiem bojājumiem. Šie rāpuļu evolūcijā iegūtie digļa orgāni saglabājas arī tālāk putniem un zīdītājiem. Rāpuļi dēj lielas, ar dzeltenumu bagātas, čaulā ieslēgtas *olas*. Čaula pasargā olas no izžūšanas. Dažkārt novērojama arī olu dzīvdzemdēšana (no olām mātītes dzimumvados vai tūlīt pēc izdēšanas izšķīlas mazuļi). Kāpura stadijas nav.

**Rāpuļu izcelšanās.** Rāpuļi nodalījās no abiniekiem akmeņogļu perioda vidū, t. i., pirms 320 milj. gadu. Par to sākotnējo grupu uzskatāmi kotilozauri, kas strauji attīstījās perma periodā un izmira triasa vidū. No kotilozauriem cēlas daudzas rāpuļu grupas, kas dzīvoja gan ūdeņos, gan uz sauszemes, tomēr par svarīgāko evolūcijas līniju izvērtas pielāgošanās sauszemes ainavām. Mugurkauls kļuva izturīgāks un lokanāks, specializējās divi pirmie kakla skriemeļi, dodot galvai lielāku kustīgumu. Tas atvieglināja orientēšanos. Ekstremitātes kļuva spēcīgākas un spēja pacelt ķermeni no zemes. Sevišķi strauji rāpuļi attīstījās perma periodā, kad uz Zemes palielinājās sauszemes biotopu platība un dažādība. Ziedulaikus rāpuļi sasniedza mezozojā, bet to vairums izmira pie kainozoja sliekšņa. Atzīmēsim tikai tos evolūcijas 3 zarus, kuru galotni veido tagad dzīvojošās grupas. Viena no tām ir *pelikozauri*, kas no kotilozauriem atdalījās jau augšējā akmeņogļu periodā. Perma periodā no tiem izveidojās terapsīdi, kas triasā deva sākumu zīdītājiem. Abi pārējie mūs interesējošie zari no kotilozauriem nodalījās vēlāk — perma periodā. Viens no tiem deva sākumu *bruņurupučiem*, bet otrs — *eozuhijām*. Eozuhijas kļuva par izejas grupu knābjgalvjiem, zvīnrāpuļiem, kā arī evolucionāri svarīgajai tekodontu jeb pseidozuhiju grupai, kas uzplaukumu piedzīvoja triasā un izmira šī perioda beigās. No pseidozuhijām attīstījās krokodili, kā arī lidotspējīgi rāpuļi, no kuriem izveidojās putni.

**Mūsdienu rāpuļu daudzveidība un saimnieciskā nozīme.** Recentie rāpuļi ir tikai niecīgas atliekas no kādreiz varenās un dominējošās grupas. No 7 apakšklasēm saglabājušās tikai 3, no 17 kārtām — tikai 4 (*bruņurupuči*, *knābjgalvji*, *zvīnrāpuļi*, *krokodili*). Kopīgais recento rāpuļu sugu skaits ir apmēram 6500.

**Bruņurupuču kārtas** raksturīga pazīme ir blīva ķermeņa sega. Bruņurupuču vairumam ap vidukli tā veido no kaula plātnītēm sastāvošas bruņas, kas saaugušas ar mugurkaulu. Recentās 200 sugas dzīvo saldūdeņos, uz sauszemes un jūrā, galvenokārt siltajās zonās. Mūsu republikā iesniedzas *purva bruņurupuča* areāla

ziemeļu robeža. Retās sastopamības dēļ tas ierakstīts Latvijas Sarkanajā grāmatā.

No **knābjgalvju kārtas** līdz mūsdienām izdzīvojusi tikai *Jaunzēlandes hatērija* — viena no vissenākajām recento rāpuļu sugām, kuras pastāvīgi sastopamas tikai uz dažām sīkām salām Jaunzēlandes tuvumā.

**Zvīnrāpuļu kārtā** apvienotas *ķirzakas* (3300 sugas), *čūskas* (2700), tropu joslā mītošās *amfībēnas* (140) un *hameleoni* (90).

Ķirzakas ir vislielākā zvīnrāpuļu apakškārtā. Vairumam ir labi attīstītas ekstremitātes. Ķermeņa garums — no 3,5 cm līdz 4 m. Briesmu brīžos spēj nomest asti, kas vēlāk reģenerē (ataug). Ādu klāj ragvielas zvīņas. Dzirde un redze parasti labi attīstīta, dažas sugas pat spēj atšķirt krāsas. Pēc barošanās veida — plēsējas. Pārtiek gan no kukaiņiem un gliemjiem (sīkās formas), gan prāviem mugurkaulniekiem (varāni).

Indigas un cilvēkiem bīstamas ir tikai 2 sugas, kas mīt Centrālamerikā un Ziemeļamerikā. Sevišķi daudz zvīnrāpuļu (gekonu, iguānu, agāmu, scinku, varānu un citas dzimtas) ir siltajās zemēs. Eiropas un Āzijas mērenajās joslās sastopami galvenokārt ķirzaku dzimtas pārstāvji. To vairums dzīvo stepēs un tuksnešos, bet mežu zonā uzturas galvenokārt saulainās sausās vietās. Mūsu republikā dzīvo *sila ķirzaka*, *plāvu ķirzaka* un *bezkājainā ķirzaka* — *glodene*.

Ķirzakas ir derīgas un saudzējamas, jo iznīcina kukaiņus, kā arī pašas noder par barību lielākiem dzīvniekiem. Diemžēl arī tās kļūst arvien retākas. Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstīta *sila ķirzaka*.

*Čūskas* ir bezkāju zvīnrāpuļi, kuru vairumam nav pat joslu skeleta (dažām ir rudimentāras pakaļējās ekstremitātes un iegurna josla). Čūskām atšķirībā no ķirzakām ir nekustīgi, caurspīdīgi, saauguši plakstiņi. Čūskas spēj plati atvērt muti, jo galvkausa sejas kauli ir savienoti kustīgi, un barības objektu norij veselu. To satvert un saturēt palīdz smailie atpakaļ vērstie zobi. Daļai sugu ir cauruļveida *indeszobi*, caur kuru kanāliem no indes dziedzeriem upurī ieplūst inde.

Pasaulē ir 2700 čūsku sugas, 12 dzimtas. *Akleņčūskām* ir cilindrisks ķermenis bez izteikta galvas nodalījuma, īsa aste ar dzelkni galā. Tās ir augšnes iemītņieces ar reducētām acīm, sastopamas visu kontinentu tropos un subtropos. *Akleņčūskas* pārtiek no kukaiņiem, galvenokārt skudrām.

Tropos un subtropos mīt *žņaudzējčūskas* (80 sugas). Medījumu (mugurkaulniekus) tās nožņaudz un pēc tam aprij. *Žņaudzējčūskām* indes dziedzeru nav. Tās ir 0,25—10 m garas čūskas. Pie žņaudzējčūskām pieder *anakonda* un *boa*, kas ir lielākās čūskas pasaulē.

No lielās *zalkšu dzimtas* (1600) sugas, kas izplatītas visos kontinentos, Latvijā sastopamas 2 sugas — *Eiropas gludenā čūska* un *parastais zalktis*. Tās nav indigas, galvenokārt



pārtiek no dažādiem sikiem mugurkaulniekiem. *Eiropas gludenās čūskas* areāls iesniedzas arī Āzijas rietumdaļā. Šī čūska dzīvo sausās, saulainās pļavās, mežu izcirtumos; pie mums sastopamas ļoti reti un ierakstīta Latvijas Sarkanajā grāmatā. Zalkšu dzimtā ir arī daudz indīgu čūsku. Piemēram, *Āfrikas krūmzalktis* indīguma ziņā neatpaliek no kobrām.

Visas *odžu dzimtas* 65 sugas ir indīgas. Pie šīs dzimtas pieder arī mūsu vienīgā indīgā čūska — *parastā odze*. Cilvēkam tā neuzbrūk, taču, ja to aizskar vai kaitina, — kož.\*

Ar Latvijas Ministru Padomes lēmumu visas 7 mūsu valstī mītošās rāpuļu sugas ir ar likumu aizsargātas.

**Krokodilu kārtā** ietilpst lieli (1,5—10 m) ķirzakveidīgi dzīvnieki ar spēcīgu, no sāniem saplacinātu asti un ragvielas vairogiem klātu ķermeni. Tie ir jaunākais un visaugstāk attīstījies recento rāpuļu zars. Galvaskausam labi attīstītas sekundārās ausklejas. Zobi atrodas alveolās.

No plaušu maisa iekšējās sienas plaušu dobumā dziļi iesniedzas komplicēta *šķērssieniņu sistēma*, tā palielinot elpošanas virsmu un zināmā mērā atgādinot putnu un zīdītāju plaušu struktūru. Sirds ir četrdaļīga. Saglabājušās arī pavisam primitīvas pazīmes, piemēram, divi vaigu loki galvaskausā, vēdera ribas u. c.

Dzimumgatavību sasniedz 8.—10. gadā, var nodzīvot 100 gadus. Dējumā ir 10—100 olas, kuras mātīte aprūpē — iedēj pašas izveidotā bedrē ūdeņu piekrastē, piesedz ar smiltīm, zāli, dažkārt arī sargā.

Krokodili dzīvo ezeros, upēs un iesāļos ūdeņos, kur pārtiek galvenokārt no zivīm, retāk zīdītājiem, mugurkaulnieku liķiem. Dažu sugu pārstāvji uzbrūk arī cilvēkam.

Sakarā ar dzīvi ūdenī izveidojušās *peldplēves* pakalķājām, *vārstuļi*, kas aizver nāsis un ausu atveres, *aukslēju bura* — īpaša kroka, kas atveras mutes dobuma dibenā pirms rīkles, tādēļ krokodils var elpot, pats būdams ūdenī ar atplestu muti, virs ūdens izbāžot nāsis.

Patlaban pasaulē ir 21 krokodilu suga. To areāls aptver Amerikas, Āfrikas un Āzijas tropus un subtropus. Pārstāvji — *Nilas krokodils*, *Gangas gaviāls*, *aligatorī* un *kaimani*. Krokodilus medī, kā arī audzē īpašās audzētavās ādu ieguvei.

#### PUTNU KLAŠE

**Klašes vispārīgs raksturojums.** Putni pēc izcelsmes, kā arī uzbūves ir tuvi rāpuļiem. Par radniecību ar rāpuļiem liecina ādas dziedzeru trūkums, ragvielas zvīņas, kas klāj atsevišķas

\* Atcerēsīties, ka čūsku indi plaši lieto medicīnā, izgatavo serumus un preparātus reimatisma, bronhiālās astmas un citu slimību ārstēšanai.

ķermeņa daļas (pakaļējās ekstremitātes), kā arī daudzas skeleta pazīmes un embrionālā attīstība.

Raksturīgas putnu klases pazīmes ir *priekšējo ekstremitāšu pārveidošanās par spārniem, kaulu pneimatizācija* (piepildīšanās ar gaisu), kas padara tos vieglus un izturīgus, *spalvu un gaisa maisu izveidošanās*. Apspalvojums palīdz putniem noturēties gaisā, kontūrspalvas — lidot, bet zem tām esošās dūnas — saglabāt nemainīgu ķermeņa temperatūru (homotermija). *Četrdaļīgā sirds un divi asinsrites loki* neļauj sajaukties arteriālajām un venozajām asinīm. Tāpēc putniem ir intensīvāka vielmaiņa, labāka audu apgāde ar skābekli un barības vielām, kā arī vielmaiņas galaproduktu un oglekļa dioksīda izvadīšana.

Lidojošiem putniem krūšu kaulam ir *ķilis* jeb *šķautne*, pie kuras piestiprināti muskuļi, kas darbina spārnus.

Pie putna dzīvības procesa norišu īpatnībām jāmin *divkārsā elpošana*. No putnu plaušām atiet gaisa maisi. Putnam lidojot, paceļot spārnus, gaisa maisi paplašinās un tajos caur plaušām ieplūst gaiss. Spārnus nolaižot, šis vēl pilnībā neizmantotais gaiss no maisiem izplūst caur plaušām un to kapilāros vēlreiz notiek gāzumaiņa.

*Sedlveidīgie mugurkaula skriemeļi* (skriemeļa ķermenis ir izstiepts gareniskās ass virzienā, un tam ir sedlveida locītavas), kas raksturīgi tikai putniem, nodrošina lielu galvas un kakla kustīgumu. Progresīvi ir attīstījušās *galvas smadzenes*, izveidojušies sarežģīti *refleksi* un *uzvedība* (tālas migrācijas, rieta rituāli, gādība par pēcnācējiem u. c.). Augstu attīstības pakāpi sasnieguši *dzirdes* un *redzes orgāni*.

**Sezonālās parādības putnu dzīvē.** Viens no interesantākajiem putnu uzvedības jautājumiem ir *sezonālie pārlidojumi* jeb *sezonālās migrācijas*, kuras veic ceļotājputni. Ligzdošanas vietas tiem atrodas tālu no ziemošanas vietām. Divas reizes gadā šie putni veic simtiem, pat tūkstošiem kilometru garus pārlidojumus. Piemēram, daži arktiskajā tundrā ligzdojošie tārtiņveidīgie putni lido ziemot uz Austrāliju un Jaunzēlandi. Latvijā ligzdojošie baltie stārķi ziemo Dienvidāfrikā. Teritorijās, kurās ceļotājputni neligzdo un neziemo, bet migrāciju laikā pārlido, šos putnus sauc par *caurceļotājiem*. Latvijas faunā caurceļotāji, piemēram, ir baltpieres zoss, sējas zoss, mazais gulbis, pūkpile. Putnu migrāciju ceļus noskaidro, galvenokārt putnus gredzenojot. Mūsu republikā šim nolūkam ir izveidots migrāciju novērošanas centrs Kurzemes jūrmalā (Papē), kur ik gadus speciālos milzīgos murdos noķer un apgredzeno tūkstošiem putnu, kuri lido nelielā augstumā.

Kā putni orientējas šo pārlidojumu laikā? Tas vēl nav zināms, kaut arī par to interesējas jau sen un, lai atrisinātu šo jautājumu, strādā ornitologu grupas daudzās zemēs. Domājams, orientācijas mehānisms dažādās putnu grupās ir izstrādājies patstāvīgi, un orientieri var būt dažādi: Mēness, Saules un zvaigžņu



stāvoklis, Zemes magnētiskais lauks, Zemes reljefs, pat smaržas. Tukuma tuvumā (Raudā) izveidota eksperimentāla bāze ar planetāriju, kur Bioloģijas institūta un LU ornitologi intensīvi pēta putnu orientāciju.

**Putnu daudzveidība un nozīme.** Mūsdienās putni kļuvuši par izplatītāko un sugām bagātāko sauszemes mugurkaulnieku klasi. Pasaulē ir 8600 putnu sugas. Latvijā reģistrētas 313 (ieskaitot caurceļotājus, ziemoņus un ieceļotājus); ligzdotāji ir apmēram 200 sugas. Klasi iedala 27—30 recentās kārtās, no kurām dažas apskatīsim sīkāk.

**Strausveidīgo putnu kārtā** ir tikai 1 suga — *Āfrikas strauss*, kas dzīvo Āfrikas savannās un pustuksnešos. Kvartārā periodā tam tuvas sugas mita Ukrainā, Aizkaukāzā, Mongolijā, Ķīnā. Strausi ir lielākie (ķermeņa augstums — 2,8 m) no recentajiem putniem. Spārni reducēti, tāpēc krūšu kaulam nav citiem putniem raksturīgās šķautnes. Pakāļējam ekstremitātem ir 2 pirksti (vienīgais gadījums starp putniem). Ap vienu tēviņu uzturas 2—5 mātītes (poligāmija!), kas olas dēj kopīgā ligzdā. Tēviņš tās perē naktī, mātītes — pārmaiņus dienā. Skaisto spalvu, kā arī gaļas dēļ putni stipri izmedīti.

**Pingvīnveidīgo putnu kārtā** ir 15 sugas, kas izplatītas dienvidu puslodē. Pingvīnveidīgie ir lieliski peldētāji un nirēji. Priekšējās ekstremitātes pārveidojušās par *peldpleznām* un lidošanai neder. Krūšu kaulam labi attīstīts ķīlis, kauli nav pneimatiski, ir smagi. Spalvu tērps ļoti blīvs, ūdens un vēja necaurlaidīgs. Barojas jūrā ar zivīm, gliemjiem, vēžiem. Ligzdo kolonijās. Dējumā 1 vai 2 olas. Mazuļi šķīļas akli, bezpalīdzīgi, par tiem rūpējas abi vecāki.

**Stārķveidīgo putnu kārtā** ietilpst *gārņi* (61 suga), *Āfrikas endēmiskais tupeļknābis* (1) un *ēnasputns* (1), *stārķi* (17), *ibisi* (33) un *flamingo* (5). Tie ir lieli un vidēji lieli putni ar garām kājām un slaidu kaklu. Turas pāros (monogāmija!), par mazuļiem rūpējas abi vecāki. Pie mums ligzdo *baltais* un *melnais stārķis*, *lielais* un *mazais dumpis*, *zivju gārnis* (ierakstīti Latvijas Sarkanajā grāmatā).

**Zosveidīgo putnu kārtā** ir 157 sugas — *pīles*, *zosis*, *gulbji* u.c. —, no kurām Latvijas Republikas teritorijā sastopamas 30 sugas (ieskaitot caurceļotājus). Zosveidīgajiem raksturīgs saplacināts, ar mīkstu ādu segts knābis, kuram galā ir ciets sabiezinājums. Knābja malās ir raga plātnītes vai zobīņi, kas kopā ar gaļīgās mēles sānu izaugumiem veido *filtraparātu*. Zosveidīgie dzīvo jūrās un saldūdeņu piekrastēs. Tie ir monogāmi putni, dažām sugām pāri ir ļoti noturīgi (gulbjiem), citiem (pīlēm) saglabājas tikai neilgu laiku pēc rieta.

Zosveidīgajiem ir vērtīga gaļa, spalvas, olas. Šo putnu skaita samazināšanos pēdējā laikā stipri ietekmē purvu nosusināšana, ūdenstilpju līmeņa regulēšana, kā arī augsnes un ūdens piesārņošana ar ķīmiskām vielām.



Mūsu Bioloģijas institūta ornitologi daudz strādā, pētot zosveidīgo putnu ligzdošanas bioloģiju, populāciju blīvumu un tā pašregulēšanās norises, gredzenošanas metodiku u. c. Šim nolūkam izveidota peldoša novērojumu bāze Engures ezerā. Pētījumiem ir arī liela praktiska nozīme medību saimniecībā, jo tie palīdz pareizi noteikt optimālos medību termiņus, kā arī veikt ūdensputnu savairošanas un saudzēšanas pasākumus.

Daudzas zosveidīgo sugas ir ierakstītas pasaules un dažādu zemju Sarkanajās grāmatās (mūsu valstī — 6 sugas, no tām *baltvaigu zoss* un *mazais gulbis* — arī Igaunijas un Lietuvas Sarkanajā grāmatā), to saglabāšanai izveidoti īpaši liegumi un rezervāti.

No vairākām savvaļas zosu sugām izaudzētas mājas zosis, kas ir vieni no visnenāk domesticētajiem putniem. Latvijā zosis sastāda tikai 0,06 % no kopējā mājputnu skaita. Pie mums audzē *Reinas zosis* un *Itāļu zosis*. Zoskopība ir ļoti attīstīta Ungārijas Republikā. Zosis audzē gaļas, aknu (ir izveidotas speciālas zosu šķirnes, piemēram, *Strasburgas zoss*, ar lielu aknu masu — 600 g un vairāk), olu, spalvu un dūnu dēļ. Labi piemērojas apstākļiem *Holmogoru zosu* šķirne, kura iegūta, krustojot vietējās zosis ar Ķīnas zosīm. Tās ir ātraudzīgas, labi nobarojas, tām ir ļoti laba gaļa, bet zema dējība (20—25 olas gadā). Labākās dējējas (60 un vairāk olu gadā) ir Ķīnas zosis, kas cēlušās no Mandžūrijas, Ziemeļķīnas un Sibīrijas savvaļas zosīm, slikti nobarojas, toties ir izturīgas, viegli aklimatizējas. Lietuvā no vietējām zosīm izveidota *Vištinas zosu šķirne*, kuras tēviņu dzīvmasa sasniedz 8 kg, mātišu — 7 kg, dējība — 30 olu gadā.

Pīļu pieradināšana sāka apmēram pirms 3000 gadiem. Pēdējā laikā pasaulē mājas pīļu skaits samazinās. Pīles audzē galvenokārt gaļai (*Ruānas*, *Elsberi* un citas šķirnes), bet vēl ir tādas šķirnes, no kurām bez gaļas iegūst arī daudz olu. Tāda, piemēram, ir *Haki—Kempbela šķirne*, kas izveidota Anglijā, krustojot vietējās pīles ar Indijas škrejpīlēm, pēc tam ar Ruānas un Malardas pīlēm.

**Piekūnveidīgo putnu kārtā** ietilpst *piekūnu* (60 sugas), *vanagu* (220), *ziujērgļu* (1), *kondoru* jeb *grifu* (7) *dzimtas*, kā arī *Āfrikas endēmiskais sekretārs*, resp., visi dienā aktīvie plēsīgie putni. Knābis liekts, ar asu galu, spēcīgie pirksti beidzas ar smailnagiem. Lieliska redze. Pārtiek no dzīvniekiem, visbiežāk no grauzējiem un kukaiņiem. Maitēdāji (*maitulijas*, *grifi*) apēd dzīvnieku liķus.

Latvijā ir 25 sugas, visas saudzējamas. No tām *lielais piekūns* ierakstīts Starptautiskajā Sarkanajā grāmatā, *klinšu ērglis*, *jūras ērglis*, *ziuju ērglis* — Igaunijas un Lietuvas Sarkanajā grāmatā, bet Latvijas Sarkanajā grāmatā — vēl 16 mūsu valstī ligzdojošas un caurceļojošas sugas.

**Pūcveidīgo putnu kārtā** ir 133 sugas. Šie putni ir ligzdgulji. Latvijā sastopamas 13 sugas, no tām ligzdo 10 sugas. Pūces ir plēsīgi putni, kas parasti medī naktī, pārtiek galvenokārt no



grauzējiem un tādēļ ir izteikti derīgi putni. Mazākās pūces mūsu faunā ir *mājas apogs*, *apodziņš* un *bikšainais apogs*, lielākā — *ūpis*. Visas pūces ierakstītas Latvijas Sarkanajā grāmatā.

**Baložveidīgo putnu kārtā** ir apmēram 500 sugas, kuru vairums dzīvo tropu mežos. Baltijas valstīs reģistrētas 6 sugas. Latvijā sastopamais *lauku balodis*, *meža balodis*, *parastā ūbele*, *gredzenkakla ūbele* (nesens ieceļotājs), kā arī klinšu baloža domesticētā forma — *mājas balodis* — ir ligzdotāji, bet *smilšvistiņa* — reta ieceļotāja.

No **vistveidīgo putnu kārtas** pasaulē sastopamas 250 sugas. Baltijas valstīs reģistrētas 6 sugas, no kurām 5 sugas ierakstītas Latvijas Sarkanajā grāmatā. Tie ir dažāda lieluma putni ar masīvu ķermeni un samērā īsām, bet spēcīgām skriešanai, kā arī zemes kašņāšanai piemērotām kājām. Knābis īss, nedaudz liekts. Spārni īsi, noapaļoti. Dzīvo uz zemes, retāk kokos. Vairumam labi izteikts dzimumu dimorfisms. Šiem putniem izveidojies interesants rieta rituāls (sevišķi poligāmajām sugām). Mazuļi ir ligzdbēgļi. Pie vistveidīgajiem pieder *lielkājvistas*, *fazāni*, *tītari*, *vistas*, *pērļvistas*, *rubēni*. Vistveidīgie ir nozīmīgi putni sporta medību saimniecībā. Dažas sugas viegli pieradināmas un audzējamas pussavaiļā (*fazāni*, *laukirbes*). Vairākas vistveidīgo sugas ir domesticētas.

Vistas cēlušās no vairākām Dienvidaustrumāzijas savvaļas vistu sugām, no kurām galvenā loma tomēr ir bijusi Bankivas vistai. Vistu pieradināšana sākta Indijā pirms apmēram 5000 gadiem. Eiropas zemēs tās ievestas ap VI gs. pirms mūsu ēras. Pasaules valstīs vistas sastāda vairāk nekā 80 %, bet Latvijā — 98 % no mājputnu ganāmpulka. Izlases un krustošanas rezultātā izveidotas apmēram 130 vistu šķirnes, kuras sadala 5 tipos: olu, gaļas-olu, gaļas virziena vistas, kaujasvistas, krāšņumvistas jeb dekoratīvās vistas. *Olu virziena vistas* dēj 200 olu gadā. Perēšanas instinkts tām gandrīz izzudis. Pie šī tipa šķirnēm pieder Leghornas, Krievijas baltās, Latvijas brūnās vistas (šķirne pastāv kopš 1950. gada). *Gaļas vistām* ir laba gaļa, bet dējība uz pusi mazāka. *Kaujasvistas* izveidotas senatnē, galvenokārt Dienvidaustrumāzijā. Tām ir labi attīstītas kājas, spēcīgs knābis un spēcīga kakla muskulatūra. *Krāšņumvistām* raksturīgs krāšņs spalvu tērps, garas astes spalvas, neparasti ķermeņa izmēri utt. *Pērļvistas* dzīvo savaiļā Rietumāfrikā. Eiropā tās kā domesticēti putni parādījās kopš 400. g. pirms mūsu ēras.

Mājas tītari cēlušies no Ziemeļamerikas savvaļas tītarim. Eiropā tie ievesti XVI gs. sākumā. Tītarus audzē galvenokārt garšīgās gaļas dēļ. Anglijā no mājputnu ganāmpulka tie sastāda apmēram 3 %, mūsu valsts putnu fermās tos audzē maz (Madonas, Valkas rajonā).

**Tārtņveidīgo putnu kārtā** iekļauti sīki vai vidēji lieli ūdensputni ar slaidu ķermeni, gariem spārniem, spēcīgu knābi. Apspalvojums pārsvarā balts vai pelēks. Kājas īsas, parasti ar



4 pirkstiem, 3 pirmajiem pirkstiem pilna peldplēve. Te ietilpst *kaijas, ziriņi, tārtni, ķivītes, zivjudzeniši*. Šie putni ir ligzdbēgļi — to mazuļi pēc izšķilšanās pamet ligzdu. Pārtiek no zivīm, vēžiem un kukaiņiem, to kāpuriem un tārpiem. Dažas sugas ziņāmā mērā kaitīgas zivsaimniecībai, piemēram, *kaijas* izplata zivju un putnu helmintus. Latvijā perē *kaijas, ziriņi, tārtni, ķivītes* u. c. Republikas Sarkanajā grāmatā ierakstīta *jūraszāgata, dzeltenais tārtniņš, šņibiša Šinca pasuga, lietuvainis, mazais ziriņš*.

**Zvirbuļveidīgo putnu kārta** sugu skaita ziņā (5093 sugas) ir visbagātākā, jo sastāda apmēram 60% no putnu sugu kopskaita. Sadalās 50—70 dzimtās. Te pieder sīki un vidēji lieli putni (mūsu republikas putnu faunā lielākais ir *krauklis*, mazākais — *zeltgalvītis*). Pārsvarā tie ir kukaiņēdāji, bet ir arī augēdāji un visēdāji. Vairums sugu ir monogāmas. Mazuļi ir ligzdguļi — no olām tie izšķīlušies nevarīgi, akli, kaili vai vāji apspalvoti un ligzdā paliek, kamēr izveidojas normāls apspalvojums. Zvirbuļveidīgie putni ir izplatīti visos kontinentos, izņemot Antarktīdu. Ar tiem visbagātākie ir tropu meži. Latvijā reģistrētas vairāk nekā 110 sugas, no tām ligzdo 90.

Vārnu dzimtu pie mums pārstāv *krauklis, pelēkā vārna, sējas vārna, kovārnis, žagata, silis*. Tie ir visēdāji, posta putnu ligzdas, dažkārt arī sējumus, taču ligzdošanas periodā mazuļus baro ar kāpuriem. No strazdu dzimtas jāmin *mājas strazds, vālodze*, no žubišu dzimtas — *egļu krustknābis, girlicis, sarkankrūtītis, žubītes, ķivulis, kaņepītis*. No zvirbuļu dzimtas pazīstamākais ir *mājas zvirbulis*. Cīruļu dzimtu pārstāv *lauku, sila* un *cekulainais cīrulis*, bet cielavu dzimtu — *cielavas, čipstes* un *mizložņa*. Vēl jāatzīmē *zīlīšu, mušķērāju* un bezdelīgu dzimtas, kuru pārstāvji ir tipiski kukaiņēdāji un iznīcina kā dārzu, tā mežu kaitēkļus. Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstītas 6 sugas.

**Putnu izcelšanās un evolūcija.** Putnu priekšteči ir senie rāpuļi. No izmirušajiem rāpuļiem putniem vistuvākās ir pseidozuhijas, kas atrastas triasa nogulās. No tām attīstījās dinozauri, krokodili. Pseidozuhijas bija nelieli dzīvnieki ar spēcīgi attīstītām pakalējām ekstremitātēm un vājām priekšējām ekstremitātēm. No pseidozuhijām vistuvākā radniecība ar putniem bija *ornitozuham*, kas pārvietojās uz pakalējām ekstremitātēm. Putnu evolūcija sākās ar rāpošanu pa kokiem, izmantojot pakalējās ekstremitātes atbalstam pret cietu substrātu, bet priekšējās ekstremitātes specializējās zaru satveršanai. Pēc tam izveidojās spēja lēkt pa zariem. Tālāk zviņas pārveidojās par spalvām, noslēdzot lidaparāta veidošanos. Ar pastāvīgu blīvu apspalvojumu sākās termoregulācijas funkcijas un pastāvīgas ķermeņa temperatūras izveidošanās.

Sevišķu interesi izraisa triju senāko putnu skeletu atradnes. Pagājušā gadsimtā jūras nogulās atrada spalvu nospiedumus,



bet pēc tam divus skeletus. Vēlākos pētījumos konstatēja, ka šie skeleti bija vienas sugas — *arheopteriksa* skeleti. Arheopteriksam bija apspalvojums, par spārniem pārveidotas priekšējās ekstremitātes, atslēgas kaula saaugums, stulms, pirmais pirksts nostādīts pretim trim pārējiem. Blakus šim progresīvajām anatomiskajām pazīmēm šim izraktenim bija saglabājušās dažas rāpļu iezīmes: zobi, garš mugurkaula astes nodalījums (apmēram 20 skriemeļi), šaurs krūšu kauls bez šķautnes, vēdera ribas, iegurnis nebija saaudzis ar mugurkaula skriemeļiem.

No krita nogulām zināmas divas putnu grupas — *ihthiorni*, kas labi lidoja, un *hesperorni*, kuriem spārnu nebija. Kā vieni, tā otri bija saistīti ar ūdeņiem. Iegūtā lidotspēja sekmēja putnu izplatīšanos visā pasaulē.

## ZIDITAJU KLAŠE

**Klašes vispārīgs raksturojums.** Ziditāji ir visaugstāk attīstītie mugurkaulnieki ar daudzām progresīvām morfoloģiskām un fizioloģiskām pazīmēm. Visiem ziditājiem ir labi attīstīta centrālā nervu sistēma, it īpaši lielo smadzeņu pusložu garozas daļa ar pelēko vielu, kas ir gan augstākās nervu darbības centrs, gan arī maņu orgāni.

Ziditājiem vairāk nekā iepriekšējām mugurkaulnieku klašēm izteikta gādība par pēcnācējiem — dzīvdzemdēšana, mazuļu barošana ar mātes pienu un rūpes par pēcnācējiem. Pilnīgi izveidotais termoregulācijas aparāts (matu sega, tauku slānis, sviedru dziedzeri u. c.) ļauj ziditājiem izdzīvot atšķirīgos un mainīgos klimatiskos apstākļos. Sirds ir četrkameru, tāpēc arteriālās un venozās asinis nekad nesajaucas. Diferencējusies zobu sistēma. Vidusausī ir trīs dzirdes kauliņi — āmuriņš, laktiņa, kāpslītis. Pārējiem sauszemes mugurkaulniekiem ir tikai viens — kāpslītis. Visraksturīgākā ziditāju galvaskausa īpatnība ir divi pakauša kaula locītavas pauguri.

**Āda** ziditājiem, tāpat kā citiem mugurkaulniekiem, sastāv no diviem slāņiem — *epidermas* un *īstās ādas* jeb *korija*. *Epiderma* ir daudzkārtaina un pasargā ķermeni no apkārtējās vides nelabvēlīgas iedarbības. Tās virsējais slānis ir pārragojies. *Īstā āda* veidojas no saistaudiem, tos caurauž asinsvadu kapilāru tīkls un jušanas nervi. *Īstā āda* dziļākajā slānī uzkrājas tauki, kas veido sevišķi biezu kārtu ūdenī mītošajiem ziditājiem — vaļiem, roņiem, kā arī dzīvniekiem, kuri guļ ziemas miegu, — murkšķiem, suslikiem. Ādā ir tauku, sviedru, piena un citi dziedzeri. Tie veidojas no epidermas un dziļi iegulst īstajā ādā. Tauku dziedzeru sekrets noder matu un ādas virsmas ieeļļošanai, tā pasargājot matus un ādu no samirkšanas. *Sviedru dziedzeri* izdala sviedrus, kuru sastāvā ir 97—99% ūdens. Ūdens izvadīšana caur ādu zināmā mērā atvēsina ķermeni. Bez ūdens sviedri satur izšķīdušu urīn-

vielu, gaistošās taukskābes, dažādus sāļus, resp., vielmaiņas galaproduktus. Daudzām sugām attīstīti *smirdziedzeri*. Pēc izcelsmes tie ir pārveidoti sviedru dziedzeri, retāk — tauku dziedzeri. Pie tiem pieder anālie, muskusa, priekšacu un citi dziedzeri, ar kuru smirdīgo sekrētu dzīvnieki sazinās — iezīmē teritoriju, atrod savas sugas ipatņus, atbaida vajātājus u. c. Šo dziedzeru attīstība sekmē ožas orgānu attīstību, kas zīdītājiem ir ļoti jutīgi. *Piena dziedzeri* ir pārveidoti sviedru dziedzeri un attīstās zīdītāju mātītēm. Primitīvākiem zīdītājiem (pirmzīdītājiem) piena dziedzeru izvadi atveras uz ādas īpašos laukumos, no kuriem mazuļi laiza pienu, pārējiem zīdītājiem — zīdekļu galos.

Ādas epiderma veido arī *matus, nagus, ragus, zvīņas*. Matu sega jeb apmatojums ir raksturīga zīdītāju pazīme. Apmatojums piedalās termoregulācijā, uztver kairinājumus, pasargā ādu no ievainošanas. Mata augšana notiek, daloties mata pamatnes jeb sīpola šūnām. Pakāpeniski uz augšu izbīdītās mata šūnas pārragojas — viss mats, izņemot tā bazālo daļu, ir nedzīvs veidojums. Mata sīpolā no korija iesniedzas asinsvadi, kas matu baro, un nervi. Pie mata somiņas piesaistās gludie muskuļi. Mati nav viēnādi. Izšķir *segmatus*, zem kuriem atrodas miksta pavilna jeb *pūkmati*. Īpaši garus matus, kuri ir garāki par pārējo vilnsegu un izkaisīti pa vienam vai nelielās grupās, sauc par *taustes matiem* jeb *vibrišiem*. Vibriši atrodas uz virslūpas, kakla, krūtīm, priekšējām ekstremitātēm, retāk (vāverēm) — uz vēdera. Zīdītāju apmatojums mainās 1—3 reizes gadā. Dažām sugām ar apmatojumu sezonāli mainās arī matu krāsa un apmatojuma biezums. Tā sermulis ziemā ir balts, vasarā — brūns. Bez matiem dažiem zīdītājiem (cūkām) sastopami cieti *sari*, kas ir pārejas forma uz matu nākamo kategoriju — *adatām* (ežiem, dzeloņcūkām). Pirkstu galus zīdītāju vairumam sedz nagi, bet uz galvas var attīstīties rāgi. Dobradžiem uz pieres kauliem veidojas ragu skelets, bet no epidermas — raga futlāris. Briežu rāgi ir kaula veidojumi, kas cēlušies no korija.

**Galvaskauss** ir liels, daudzi tā kauli saaug kompleksos.

**Mugurkauls.** *Kakla skriemeļi* gandrīz vienmēr ir 7. Kakla garums atkarīgs nevis no skriemeļu skaita, kā tas ir putniem, bet gan no skriemeļu ķermeņa garuma. *Krūšu* un *jostas skriemeļi* ir masīvi, ar lieliem kaula izaugumiem, pie kuriem piestiprināti spēcīgi attīstīti muguras muskuļi. Krūšu nodalījumā ir 12—16 skriemeļi ar *ribām*. Zīdītāju vairumam ir 4 *krusta skriemeļi*. *Astes skriemeļu* skaits variē no 3 līdz 49. Jostas nodalījumā nav ribu, tajā ir 6 vai 7 jostas skriemeļi.

**Ekstremitāšu skelets** detaļās variē atkarībā no pārvietošanās rakstura. Ātri skrejošām formām samazinās pirkstu skaits un pagarinās pleznas un delnas kauli. Staigājot tādi dzīvnieki balstās uz pirksta gala falangām — tie ir *pirkstmiņi*. *Pēdmiņi* atbalstās uz visas pēdas. Sakarā ar aktīvu un strauju pārvietošanos sevišķi labi ir attīstīta ekstremitāšu un vidukļa muskulatūra,



bet sakarā ar aktīvu barības uztveršanu un plosīšanu — žokļu muskulatūra.

**Galvas smadzenes** ir lielas. Bruņurupuča galvas smadzeņu un muguras smadzeņu masas attiecība ir 1:1, bet šimpanzei — 15:1. No galvas smadzeņu daļām sevišķi labi attīstītas ir *priekšējās smadzenes*. No galvas smadzenēm atiet 12 pāri nervu, kuri inervē ne tikai maņu orgānus (ožas, redzes, dzirdes) un muskulatūru, bet saistās arī ar veģetatīvo nervu sistēmu.

No **maņu orgāniem** īpaši labi attīstīti *ožas, dzirdes* un *redzes orgāni*. Izmantojot ožu, zīdītāji jūt ienaidnieku, uzmeklē barību un vairošanās laikā vienas sugas īpatņi atrod savas sugas partnerus. Tikai vaļiem oža ir reducējusies.

Dzirdes orgāni lielākoties labi attīstīti, auss gliemežnīcas jeb ārējās auss nav tikai dažiem augsnes iemītniekiem (kurmjiem, akliem) un ūdenī mītošiem zīdītājiem. Auss gliemežnīcu balsta skrimšļi, un to kustina speciāla muskulatūra.

Redzes orgānam zīdītāju dzīvē ir mazāka nozīme, un tas veidots vienkāršāk salīdzinājumā ar putnu redzes orgānu. Vairumam zīdītāju attīstīti divi necaurspīdīgi *plakstiņi*, kas bieži aplāti ar matiem, ir arī asaru dziedzeri. Acs lielums un redzes asums stipri variē atkarībā no dzīves veida. Sevišķi labi attīstīta redze ir nakts dzīvniekiem. Zīdītājiem ir pilnīga binokulārā redze, t. i., abu acu fokusēšana uz vienu priekšmetu.

**Gremošanas sistēma** ir garāka, komplicētāka un bagātāka ar gremošanas dziedzeriem nekā pārējiem mugurkaulniekiem. Zīdītāju vairumam attīstīti zobi, to forma un skaits ir dažāds atkarībā no barības rakstura un tās iegūšanas veida. Pēc uzbūves un funkcijas zobus iedala 4 pamattipos: *priekšzobos, ilkņos, mazajos dzerokļos* un *lielajos dzerokļos*. Zobu skaitam un uzbūves īpatnībām ir liela nozīme zīdītāju klasifikācijā. Zobi atrodas žokļu kaula bedrītēs — *alveolās*, vairumam sugu priekšzobi, ilkņi un mazie dzerokļi mainās reizi dzīvē.

**Siekalu dziedzeri** attīstīti ļoti labi. Siekalu fermenti *amilāze* un *maltāze* šķēļ ogļhidrātus. Bez tam siekalām ir liela nozīme barības samitrināšanā. Govij, piemēram, diennaktī izdalās ap 60 l siekalu.

Rīkle pāriet barības vadā, kas iziet cauri diafragmai un atveras kuņģī. Kuņģis var būt *vienkāršs* vai *salikts*. Sevišķi komplicēts tas ir atgremotājiem.

**Zarnu traktā** var izšķirt *tievo, resno* un *taisno zarnu*. Dzīvniekiem, kuri pārtiek no rupjas augu barības, no resnās zarnas sākuma nodalījuma atzarojas gara *aklā zarna*.

Zīdītājus pēc barības var iedalīt *augēdājos, gaļēdājos* un *visēdājos*.

**Asinsrites sistēmā**, tāpat kā putniem, pilnīgi viens no otra nodalīti ir *labais* un *kreisais asinsrites loki*. No kreisā sirds kambara atiet viens (kreisais) aortas loks, kas, sazarodamies artēri-

jās, apgādā ar apskābļotām asinīm muskulatūru un iekšējos orgānus.

Venozās asinis no galvas un pārējā ķermeņa vēnām ieplūst *augšējā* un *apakšējā dobjajā vēnā*, kuras beidzas labajā sirds priekškambarī. Venozās asinis ieplūst labajā kambarī un tālāk pa *plaušu artēriju* plūst uz plaušām, kur plaušu alveolās notiek gāzu maiņa. Apskābļotās asinis uzņem plaušu vēnas, kas tās aiznes uz kreiso sirds priekškambari.

**Elpošanas orgāni** ir plaušas. Komplicēti veidotajā *deguna dobumā* ieelpotais gaiss attīrās no mehāniskiem piemaisījumiem, dezinficējas, samitrinās un sasilst. Tālāk tās nonāk *balsenē*, kuras pamatā ir ziditājiem raksturīgais gredzenskrimsliis. Balsenei pieslēdzas *elpvads* (traheja), kas sadalās divos *bronhos*. Plaušās bronhi sazarojas. Vissīkākie atzari — *bronhiolas* — atveras mikroskopiski sikos pūslīšos — *alveolās*, kuru sienās ir blīvs kapilāru tīkls. Šāda uzbūve palielina plaušu elpošanas virsmu, un tā var līdz 100 reizes pārsniegt ziditāju ķermeņa virsmas platību. Elpošana caur ķermeņa virsmu ziditājiem notiek ļoti niecīgā (apmēram 1%) apmērā.

**Izvadorgānu sistēma**, līdzīgi kā rāpuļiem un putniem, ir viens pāris metanefrisku iegurņa nieru. Ziditājiem nieres ir relatīvi mazākas nekā putniem, jo to vielmaiņa nav tik intensīva kā putniem. No nierēm atiet *urinādi*, kas beidzas *urinpūslī* (putniem urinpūšļa nav!). Urinpūšļa izvadkanāls ziditāju tēviņiem atveras kopulācijas orgānā, bet mātītem — maksts uroģenitālā sinusā.

### **Vairošanās un attīstība.**

**Ziditāju dīgļa attīstība** noris mātes dzemdē. Placentāliem dīgļa ārējā apvalka bārkstiņas iespiežas dzemdes gļotādā un veido īpašu orgānu — *placentu*, kurā dīgļa asinsvadi cieši sakļaujas ar mātes asinsvadiem, tādējādi nodrošinot dīgļa apgādi ar barības vielām un skābekli, kā arī dīgļa vielmaiņas galaproduktu izvadīšanu.

**Dzimumgatavība** dažādām sugām iestājas dažādos laikos. Lieļiem dzīvniekiem tas notiek daudz vēlāk nekā sīkajām formām. Tā zilonis dzimumgatavību sasniedz 15—16, degunradži — 15—20 gadu vecumā, bet zaķi — otrā gada vasarā, sīkie pelņveidīgie grauzēji — jau 2—3 mēnešu vecumā.

Atsevišķām formām atšķirīgs ir arī pēcnācēju skaits un grūsnības biežums. Ziloņiem, vaļiem 2—3 gados piedzimst tikai pa vienam mazulim. Suņu, kaķu, sermuļu dzimtu pārstāvji vairojas reizi gadā, un vienā metienā tiem ir vairāki mazuli. Zaķiem ir 2 vai 3 metieni gadā, un katrā pa 3—8 (pat 11) mazuļiem, vāverei — 2 vai 3 metieni pa 2—10 mazuļiem. Pārošanās notiek dažādos laikos: vilkiem un lapsām — ziemas beigās, ūdelēm, seskiem, zaķiem — pavasara sākumā un vasarā, bet sabuļiem un caunām — vasaras vidū, daudziem nagaiņiem — rudenī. Tomēr mazuļu dzimšana un audzināšana parasti saistīta ar



labvēlīgiem laika apstākļiem, visbiežāk — pavasara beigās un vasaras sākumā.

**Zīdītāju kārtas.** Zīdītāju klasi iedala 3 apakšklasēs: *pirmzīdītājos, bezplacentāļu zīdītājos un placentāļu zīdītājos.*

**Pirmzīdītāju apakšklase** (kloākaiņi) ir neliela visprimitīvāko zīdītāju grupa. To ķermenī saglabājušās daudzas rāpuļu pazīmes (olu dēšana, somas kauli, labi attīstīts kraukļakauls u. c.). Ķermeņa temperatūra svārstīga (25—30 °C). Cauruļveida piena dziedzeru izvadkanāli, savelkoties vēdera muskulatūrai, atveras īpašā dziedzerainā laukumā, no kura mazuļi pienu uzlaiza. Atšķirībā no visiem pārējiem zīdītājiem urīnvads un dzimumorgānu izvadkanāli atveras kloākā, nevis patstāvīgi uz āru. Dēj olas līdzīgi putniem (pīlknābis) vai ievieto tās vēdera somā (ehidnas). Apakšklasē ir 3 ģintis: *pīlknābji, išžokļehidnas un garžokļehidnas.* Dzīvo Austrālijā, Tasmanijā un Jaungvinejā.

**Bezplacentāļu jeb zemāko zīdītāju apakšklasē** ir 1 kārta — *somaiņi* ar apmēram 250 sugām. Grūsnības periods ir īss, un mazuļi piedzimst nepilnīgi attīstīti. Sugu vairumam vēderpusē ir soma ar 4—27 zīdekļiem, kurā tiek novietoti mazuļi, kas piestiprinās pie zīdekļiem. Mazuļi neziņ, bet barojas pasīvi, jo, āp piena dziedzeriem esošajiem muskuļiem savelkoties, piens iešļācas mazuļa mutē.

Somaiņi izplatīti Austrālijā un tai pieguļošajās salās, kā arī Dienvidamerikā. Vienas sugas areāls iespiežas arī Ziemeļamerikā. Pie somaiņiem pieder *oposumi, kuskusi, vilksomainis, lāčsomainis, ķenguri* u. c.

**Placentāļu jeb augstāko zīdītāju apakšklase.** Augstākie zīdītāji ir galvenā un vislielākā zīdītāju grupa, kas apdzīvo visu planētu. Mazuļi attīstās dzemdē, ar kuru tos saista placenta; tie piedzimst ļoti attīstīti. Piena dziedzeri atveras labi attīstītu zīdekļu galos, mazuļi spēj aktīvi zīst pienu. Vairumam sugu raksturīga zobu maiņa: ir piena zobi un pastāvīgie zobi. Apakšklasē ir 17 kārtas ar 4000 sugām.

### Kukaiņēdāju kārta

Kukaiņēdāji ir visprimitīvākā un senākā augstāko zīdītāju grupa. Zobiem nav sakņu, tie ir vāji diferencēti. Smadzeņu puslodēm nav rievu, tās ir samērā mazas, neapsedz smadzenītes. Purns, virslūpas un deguna saaugums parasti veido snukīti. Kukaiņēdāji ir siki vai vidēji lieli, dzīvo augsnē, ūdenī un kokos, pārtiek no kukaiņiem un citiem bezmugurkaulniekiem, izplatīti visās pasaules daļās, izņemot Austrāliju un lielu daļu Dienvidamerikas. Kārtā ir 9 dzimtas.

**Ciršju dzimta** ir vislielākā (271 suga). Ārēji ciršji atgādina sīkas peles, bet atšķiras no tām ar garu, kustīgu snukīti. Dzīvo mežā. Ļoti derīgi dzīvnieki. Latvijā zināmas 5 sugas.

**Kurmju dzimtas** pārstāvji ir specializētāki. Tie dzīvo augsnes aramkārtā. Vairums kurmju rok sarežģītas alas un pat veido veselas alu un eju sistēmas. Barojas un arī vairojas augsnē. Kurmji izplatīti Eiropā, Āzijā un Ziemeļamerikā. Eirāzijā visplašāk izplatīts *Eiropas kurmis*. Tā ir parasta suga arī Latvijā. Izmanto kurmju ādas.

**Vihuholu dzimtas** abām sugām ir amfibisks dzīvesveids. *Krievijas viuhols* mīt Volgas un Donas ielejās, bet *Pireneju viuhols* — Portugālē, Spānijā, Francijā. Krievijas viuhols ir vērtīgs. Dabā tas kļuvis tik rets, ka ierakstīts Starptautiskajā Sarkanajā grāmatā.

**Ežu dzimtā** ir 5 sugas. Tās areāls aptver Eirāziju un Āfriku. Latvijā ir viena suga.

### Sikspārņu kārta

Sikspārņi ir sīki un vidēji lieli dzīvnieki, kas spēj lidot. Starp priekšējām un pakalējām ekstremitātēm un ķermeņa sāniem ir plāna *lidplēve*. Otra, mazāka, lidplēve atrodas starp asti un pakalējām ekstremitātēm. Krūšu kaulam izveidojusies šķautne, pie kuras piestiprinās lidplēves muskuļi. Sikspārņi ir nakts un krēslas dzīvnieki, kuriem redze attīstīta vāji, bet dzirde — ļoti labi. Lidojot orientējas galvenokārt pēc atstarotajām ultraskaņām, resp., sikspārņiem ir smalks ultraskaņas lokators. Dienā un arī ziemā sikspārņi guļ. Dienā guļ kokos, klinšu spraugās, alās, bet naktī medī kukaiņus un meklē barības augus.

Vairums merenāja joslā dzīvojošo sugu rudenī aizceļo uz dienvidiem vai guļ ziemas miegu. Latvijā zināmas 12 sugas, tās visas ir saudzējamas un ierakstāmas Sarkanajā grāmatā.

### Primātu kārta

Kārtā ir 3 apakškārtas: *puspērtiķi*, *platdegunpērtiķi* un *šaurdegunpērtiķi*.

**Puspērtiķi** ir zemāk attīstītā primātu grupa. Tie ir nelieli, galvenokārt naktī aktīvi dzīvnieki, kuru izplatības areāls aptver Āfriku, Madagaskaru, Dienvidāziju. Pieder *lori*, *indri*, *lemuri*.

**Platdegunpērtiķiem** skrimšļu starpsienu starp deguna atverēm ir plata, tādēļ nāsis vērstas uz sāniem. Tā ir neliela, labi norobežota, sena pērtiķu grupa, kas dzīvo Centrālamerikā un Dienvidamerikā. Dzīvo tikai kokos. Pieder *kapucīnpērtiķi*, *blauri*, *zirnekļpērtiķis*.

**Šaurdegunpērtiķiem** deguna šķirtne ir šaura, tādēļ nāsis vērstas uz priekšu, aste nekad nav tvērēja, dažām sugām tā reducējusies līdz dažiem skriemeļiem. Priekšējo ekstremitāšu lielais pirksts var nostāties pretīm citiem pirkstiem. Parasti ir vaigu maisi



un sēžas tulznas. Izplatīti Āfrikā, Dienvidāzijā, izrakumos at-  
rasti arī Eiropā. Apakškārtu iedala 4 dzimtās: mērkāķi, gi-  
boni, cilvēkpērtiķi un cilvēks. Cilvēkpērtiķi mīt Āfrikā  
(*gorillas, šimpanzes*) un Dienvidāzijā (*orangutāni*). Pēc anato-  
miskās uzbūves tie visvairāk līdzinās cilvēkam, ar kuru tiem ir  
kopīga izcelsme. Visi cilvēkpērtiķi ir reti sastopami dzīvnieki un  
ierakstīti Starptautiskajā Sarkanajā grāmatā.

### Zaķu kārta

Kārtā ir *pikstētājzaķu dzimta* un *zaķu dzimta*. Zaķi izplatīti  
visos kontinentos (Austrālijā aklimatizēti). Latvijā sastopamas  
2 sugas — *pelēkais zaķis* un *baltais zaķis*. Zaķiem atšķirībā no  
grauzējiem augšžoklī ir 2 pāri priekšzobu (otrs pāris ļoti sīks)  
un kuņģi — 2 nodalījumi: *fundālā daļa*, kur notiek barības bak-  
teriālā rūgšana, un *piloriskā daļa*, kur barību sagremo ferments  
pepsīns.

### Grauzēju kārta

Grauzēju kārta sugu ziņā ir visbagātākā kārta. Pie tās pieder  
apmēram puse no visām zīdītāju sugām. Grauzēji ir sīki un  
vidēji lieli dzīvnieki — augēdāji — ar ļoti raksturīgu zobu sistēmu.  
Ilkņu nav, starp priekšzobiem un dzerokļiem atrodas plata, bez-  
zobaina sprauga — *diastēma*. Priekšzobi ir lieli, kaltveida, bez  
noslēgtas saknes, tie aug visu dzīves laiku, jo nodilst, grauzot  
cietu barību.

**Vāveru dzimtā** bez *vāverēm* ietilpst vēl *burunduki, susliki* un  
*murkšķi*. Tie ir vidēji lieli vai lieli grauzēji ar platu galvu un samērā  
smailu purnu. Astē ir kupli mati, pakaļkājas garākas par priekš-  
kājām. Visām vāveru dzimtas sugām raksturīga bioloģiska īpat-  
nība ir barības krājumu vākšana ziemai un pavasara periodam.  
Krāj riekstus, augļu sēklas, sēnes. Sugas izplatītas Austrum-  
eiropas, Āzijas un Ziemeļamerikas mežos.

*Eirāzijas vāvere* dzīvo meža joslā un pielāgojusies dzīvei ko-  
kos. Bieži klejo. Latvijā dzīvojošo vietējo vāveru ādas ir mazvēr-  
tīgas, tāpēc pie mums vāveres nemedī.

*Burunduki* ir svītraini zvēriņi, kas galvenokārt dzīvo uz ze-  
mes. Izteikta ziemas guļa.

*Susliki* un *murkšķi* dzīvo ziemeļu puslodes stepju un kalnu ap-  
gabalos, parasti dzīvo kolonijās; nelabvēlīgos apstākļos, resp.,  
ziemā, guļ. Pustuksnešu sugām guļa sākas jūnijā vai vasaras  
otrajā pusē, kad ir karsts un sauss.

**Bebru dzimtā** ietilpst vislielākie grauzēji, daļēji ūdensdzīvnieki:  
pakaļkāju pirkstus saista peldplēve, aste plakana, segta ar rag-

vielas vairogiem. Tipiski augēdāji un ļoti vērtīgi kažokzvēri. Dzimtā 3 sugas — viena izplatīta Ziemeļamerikas meža joslā, divas — Ziemeļeirāzijā. Dzīvo nelielās kolonijās gar meža upēm, retāk ezeros. Krastā veido celtnes ar ieeju zem ūdens līmeņa. No dažiem desmitiem īpatņu piecdesmitajos gados līdz mūsdienām bebru skaits Latvijā pieaudzis līdz vairākiem tūkstošiem.

**Peļu dzimta** un **kāmju dzimta** ir vislielākās grauzēju dzimtas ar ļoti plašiem areāliem. Tie ir kultūraugu un pārtikas produktu bojātāji, it sevišķi bīstami noliktavās. Daudzas pelveidīgo grauzēju sugas ir mēra, tularēmijas un citu slimību ierosinātāju pārnēsējas. Pelveidīgo grauzēju masveida savairošanās notiek cikliski, un to saista ar Saules aktivitātes paaugstināšanās cikliem. Savairošanos ietekmē arī labvēlīgi vietējie faktori (barība, stabilas ziemas, nekārtīgi nokopti lauki, dabisko ienaidnieku trūkums u. c.). Vietām pelveidīgo grauzēju nodarītie zaudējumi līdzinās tiem zaudējumiem, ko ar savu darbību nodara kaitīgie kukaiņi. Mūsu faunā no šīm dzimtām nozīmīgākās sugas ir *mājas pele*, *pelēkā žurka*, *melnā žurka*, kā arī *strupastes*.

### Plēsēju kārtā

Plēsēju kārtas atsevišķo sugu ķermeņa lielums un ārējais izskats stipri variē. Viens no mazākajiem kārtas pārstāvjiem ir *zebiekste*, viens no lielākajiem — *lācis*. Gaļēdāji, retāk visēdāji dzīvnieki ar atbilstošu zobu sistēmu barības satveršanai un saplošīšanai. Priekšzobi mazi, ilķņi vienmēr labi attīstīti, dzerokļiem parasti asas virsotnes un šķautnes. Izplatīti visos kontinentos, izņemot Antarktīdu. Daudzas plēsēju sugas ir vērtīgi kažokzvēri. Daļai plēsēju ir ļoti svarīga nozīme pelveidīgo grauzēju iznīcināšanā. Tikai nedaudzas sugas ir kaitīgas lopkopībā un medību saimniecībā, kā arī bīstamas cilvēkiem. Nozīmīgākās ir 4 dzimtas.

**Suņu dzimtas** pārstāvji ir pirkstmiņi, vidēji lieli plēsēji. Priekškājām — 5, pakājkājām — 4 pirksti. Pie suņu dzimtas pieder *lapsas*, *Usūrijas jenotsuns* (no 1948. gada aklimatizēts Latvijā) un *vilks*, no kura senčiem izveidots mājas suns.

**Lāču dzimtas** pārstāvji ir pēdmiņi, izplatīti Eirāzijas un Ziemeļamerikas mežos, kā arī Dienvidamerikā — Andos. Dienvidu sugas bieži dzīvo kokos, ir visēdāji. Latvijas faunā ir tikai viena suga — *brūnais lācis*.

**Sermuļu** (caunu) **dzimtā** apvienoti sīki vai vidēji lieli plēsēji. Pie sermuļu dzimtas pieder *sermulis*, *Eiropas sesks*, *caunas*, *āpši*, *ūdri*, *Sibīrijas sabulis*.

**Kaķu dzimtas** dzīvnieki ir pirkstmiņi, kuri spēj ievilkt nagus. Barības objektam tie piezogas. Izplatīti visos kontinentos, izņemot Austrāliju; visvairāk sugu dzīvo tropos. Pie kaķu dzimtas pieder



*tīgeris, lauva, leopard, lūsis* u. c. Latvijas mežos dzīvo tikai lūsis. Šajā dzimtā ietilpst arī *mājas kaķis*, ko pieradinājuši jau senie ēģiptieši.

### Pārnadžu kārta

Pārnadži ir lieli sauszemes dzīvnieki, galvenokārt augēdāji. Kājas garas, pielāgotas ātrām kustībām atklātās vietās. Nagmiņi. Labi attīstīts 3. un 4. pirksts. Pirmais pirksts pilnīgi reducējies, 2. un 5. pirksts vairāk vai mazāk reducējies un bieži vien pie zemes nepieskaras. Zobi piemēroti rupjas augu barības sasmalcināšanai. Pārnadžu kārtu iedala 2 apakškārtās — *neatgremotājos* un *atgremotajos*.

**Neatgremotāju apakškārtā** ietilpst neliela pārnadžu grupa ar neveiklu ķermeni un īsām kājām. Otrais un piektais pirksts tiem attīstīts samērā labi, ragu nav, ir vienkāršais kuņģis, labi attīstīti ilkņi. Apakškārtā ir 3 dzimtas — *cūku, nīlzirgu* un *pekaru*.

**Cūku dzimtas** sugas izplatītas Eirāzijā un Āfrikā. Vairākos rajonos cūkas aklimatizētas. Mūsu faunā ir tikai 1 suga — *Eirāzijas cūka* (meža cūka).

**Nīlzirgu** (behemotu) **dzimtā** ietilpst lieli, smagnēji augēdāji dzīvnieki. Dzīvo daļēji ūdenī; izplatīti tropiskajā Āfrikā.

**Atgremotāju apakškārtā** ietilpst slaidi, garkājaini dzīvnieki, kuriem zem plānas, ar bieziem, īsiem matiņiem segtas ādas neveidojas tauku kārta. Daudzām sugām labi attīstīti ragi. Atgremotājiem augšžoklī nav priekšzobu un ilkņu. Ganoties norītā barība nonāk pirmajos divos kuņģa nodalījumos — *spurekli* (sajaucas ar siekalām un mikroorganismiem) un *aceknī*. Vēlāk barība, ko atriņ mutes dobumā, tiek sasmalcināta ar dzerokļiem un, vēlreiz norijot, nonāk *grāmatniekā* (sašķēlas ogļhidrāti), tad *glumeniekā* (kuņģa sulas ietekmē sagremojas olbaltumvielas). Labi attīstīta aklā zarna. Latvijā dzīvo *brīežu* un *dobradžu dzimtas* pārstāvji.

**Brīežu dzimtas** areāls aptver Eirāziju un Ameriku. Pie tās pieder *alnis, stirna, staltragu briedis, ziemeļbriedis* u. c. Ziemeļbrīeži ir domesticēti, bet Austrumāzijas briedi audzē pantokrīna iegūšanai.

**Dobradžu dzimtas** dzīvniekiem ragi sastāv no ragvielas makstīm, kas atrodas uz pieres smailajiem kaulu izaugumiem. Šādi ragi netiek periodiski nomainīti. Ragus attīstīti galvenokārt tēviņiem. Dobradži mīt dažādos biotopos Eirāzijā, Āfrikā un Ziemeļamerikā, kur viņiem ir ļoti liela saimnieciskā nozīme. Savvaļas sugu nav tikai Austrālijā. Te pieder *antilopes, aitas, kazas, vēršī* (kurus izdala apakšdzimtā). Ar antilopēm visbagātākā ir Āfrika. Savvaļas aitas un kazas mīt ziemeļu puslodes kalnos.

Vēršu apakšdzimtā ietilpst Āfrikas un Āzijas *bifeļi*, *Amerikas bizons* un *Eiropas sumbrs*. Domesticētie govslopi cēlušies no Eirāzijas taura, kura pēdējais pārstāvis iznīcināts 1627. gadā.

### Nepārnadžu kārta

Recentie nepārnadži ir lieli dzīvnieki. To ekstremitāšu ass iet caur 3. pirkstu, tāpēc 3. pirksts attīstās labāk nekā citi pirksti, kuri dažādās pakāpēs reducējušies. Kārtā ietilpst *tapīru*, *degunradžu* un *zirgu dzimtas*.

**Zirgu dzimtas** pārstāvjiem kājām labi attīstīts tikai 3. pirksts, bet 2. un 4. pirksts saglabājas nelielu zemādas kauliņu veidā. Dzimtā 1 ģints ar 7 sugām: 4 *zebru sugas*, *ēzelis*, *kulāns* un *Prževaļska zirgs*, *tarpāns*.

Zebras un ēzelis mīt Āfrikā. Terciārā zirgi bija plaši izplatīti Eirāzijā. Starp tiem bija stepju, tuksnešu un mežu formas. Nedaudz Prževaļska zirgu saglabājušies Centrālāzijā un zoodārzos. Eiropas melnzemes stepēs kādreiz dzīvoja Prževaļska zirgu stepju pasuga, kas savvaļā tika iznīcināta XIX gs. beigās. To uzskata par domesticēto zirgu izejas formu.

### ZIDITĀJU PRAKTISKĀ NOZĪME

Ziditājiem cilvēka dzīvē ir ārkārtīgi liela un daudzveidīga nozīme. No viņiem iegūst tādus vērtīgus produktus kā pienu, vilnu, kažokādas, tehniskos un pārtikas taukus, gaļu, izejvielas medicīnas un parfimērijas vajadzībām u.c. Pasaulē šim nolūkam tiek izmantotas neskaitāmas savvaļas ziditāju sugas.

Kažokzvēru ieguves ziņā vienu no vadošajām vietām pasaulē ieņem Krievijas Federācija, galvenokārt tādēļ, ka vienīgi šīs valsts teritorijā izplatīti tik vērtīgi kažokzvēri kā vāvere, bebrs, sabulis, rudā lapsa, polārā lapsa, caunas, ūdeles, no Amerikas ievestā un aklimatizētā ondatra.

Visās jūrās medī roņveidīgos, it īpaši Grenlandes roņus, sikroņus, kotikroņus. Komandoru salās kotikroņi veido lielus haremus, kur vienam tēviņam ir 40 vai pat vairāk mātišu. Vēl pirms 40 gadiem šo vērtīgo kažokzvēru skaits bija katastrofāli samazinājies, tādēļ uz laiku to medības bija aizliegtas.

Vaļus un delfīnus iegūst galvenokārt tauku dēļ.

No vairākām ziditāju sugām izveidoti mājdzīvnieki. Domesticēšana sākusies pirms 10—15 tūkstošiem gadu un turpinās vēl arī mūsdienās. Cilvēku tiešajai kontrolei pakļaujas arvien jaunas ziditāju sugas. Tā pirms nepilniem 100 gadiem sāka domesticēt Ziemeļamerikas lapsu, no kuras selekcijas darba rezultātā izveidota jauna forma — sudrablapsa.

**Govslopi** izveidoti vismaz no trim savvaļas vēršu sugām.



Saskaņā ar vispārpieņemto uzskatu vairums govslapu šķirņu un visas Baltijas valstīs audzētās govju šķirnes cēlušās no izmiruša savvaļas taura, kurš vēl salīdzinoši nesen bija plaši izplatīts Eiropā, Āzijā, Ziemeļāfrikā. Tauri galīgi izzuduši pirms apmēram 300 gadiem.

Pasaulē audzē vairāk nekā 400 govju šķirnes. Igaunijas un Lietuvas melnraibās govju šķirnes izveidošanā izmantotas Holandes melnraibās govīs. Latvijas brūnā govju šķirne izveidota no vietējām govīm, uzlabojot tās ar dažādu šķirņu, galvenokārt Dānijas sarkanās šķirnes govīm. Tām ir labs izslaukums — 3000—4000 kg un vairāk ar vidējo piena tauku procentu līdz 4,3 %. Gaļas govju šķirnes ir Herefordas un Šorthorņu govīs, bet gaļas-piena govju šķirnes — Simentāles un Švices govīs.

**Aitas** cēlušās no savvaļas Eirāzijas aitas, muflonu un argalu grupām, kuras arī vēl tagad ir plaši izplatītas Āzijas kalnu zemēs un Vidusjūras salās. Izveidots ap 150 mājas aitu šķirņu. Aitas grupē 4 galvenajos tipos: īstievastainās, gartievastainās, īstaukastainās un gartaukastainās (kurdjukaitas). Īstievastainajām aitām nav sevišķi vērtīga vilna, bet tās ir piena un kažokādu dzīvnieki. No gartievastaino aitu vilnas izgatavo vissmalkākos vilnas audumus. No vilnas-gaļas virzienu aitām nozīmīga ir Askānijas smalkvilnas aita. Īstaukastaino aitu grupā ietilpst karakulaitas, no šo aitu jēriem līdz divu nedēļu vecumam iegūst lieliskas ādiņas. Kurdjukaitas ir gaļas-tauku aitas, tās audzē galvenokārt Āzijā, Arābijas pussalā.

Latvijā audzē Latvijas tumšgalves aitu šķirni, kas ir gaļas-vilnas virzienu šķirne; pašreiz to izkopj, krustojot ar anġļu īsvilnas aitu šķirnēm.

**Mājas kazas** izcelšanās vēl nav pilnīgi noskaidrota. Uzskata, ka ir bijuši 3 kazu domestikācijas centri. Mājas kazas klasificē pēc saimnieciskās noderības: ir piena, vilnas, dūnvilnas un piena-gaļas kazu šķirnes. Viena dū un smalku vilnu (mohēru) iegūst no Angoras kazām. Latvijā kazkopībai ir otršķirīga nozīme.

**Mājas cūkas** tiešais priekštecis ir meža cūkas (Eirāzijas cūkas) divas pasugas — Viduseiropas un Āzijas pasuga. Cūkas plaši audzē visā pasaulē. Viena no vislielākajām, smagākajām un produktīvākajām šķirnēm ir Anglijas Lielā baltā cūka, tā ir galvenā visu cūku šķirņu uzlabotāja. Krustojot Anglijas Lielo balto cūku ar Lietuvas vietējo bezšķirnes cūku, izveidoja ļoti produktīvu Lietuvas balto cūku šķirni. Latvijā izveidota Latvijas baltā cūka. Pastāv uzskats, ka vietējās cūkas jāuzlabo ar kultūršķirnes cūkām, nevis jānomaina ar tām.

**Zirgu** domestikācija sāka pirms 5000—6000 gadiem, izmantojot savvaļas zirga dažādas pasugas (stepju, meža). Sākumā zirgus audzēja pārtikai, vēlāk — transportam, bet pēdējā laikā — galvenokārt sporta vajadzībām. Ilgajā domestikācijas procesā izveidotas daudzas šķirnes, kuras apvieno *jājamzirgu, rīkšotāju, smago braucamzirgu* un *vezumnieku grupās*.



Latvijā audzē ļoti vērtīgu un samērā plaši izplatītu smago braucamzīrgu šķirni — Latvijas zīrgu.

Zīdītājiem tomēr nav tikai pozitīva nozīme. Pelveidīgie grauzēji un susliki samazina lauksaimniecības kultūraugu ražu. Grauzējiem ir arī epizootiska un epidemioloģiska nozīme. Lauksaimniecībai var kaitēt mežacūkas, mežsaimniecībai — aļņi, lopkopībai, kā arī medību saimniecībai — vilki, lūši, jenotsuņi.

#### ZĪDĪTĀJU EVOLŪCIJA

Zīdītājiem ir ļoti liela nozīme paleontoloģijas problēmu noskaidrošanā, jo zīdītāju atliekas bagātīgi pārstāvētas dažādās nogulās. Zīdītāji parādījušies mezozoja ēras pirmajā pusē. Ļoti ticams, ka šīs klases sākumi attiecas uz perma periodu un ka zīdītāji cēlušies no rāpuļiem līdzīgiem senčiem. Dažas pazīmes saista šīs abas patlaban attālās dzīvnieku grupas. Tā zīdītāju priekštečiem bija ādas dziedzeri, galvaskauss savienots ar mugurkaulu un diviem pakauša locītavpauguriem; tie bija pēdmiņi. Tuvāk zīdītājiem ir perma perioda zvērveidīgo apakšklases zvērzobji. Tiem, tāpat kā zīdītājiem, bija diferencēti zobi: priekšzobi, ilkņi, dzerokļi, kuri atradās alveolās. Radniecības pazīme ar tagadējiem zīdītājiem bija arī otrējās kaula aukslējas. Kājas zvērzobjiem atradās zem ķermeņa, elkoņa locītava bija vērsta atpakaļ un ceļa locītava — uz priekšu, bet ne uz sāniem, kā īstiem rāpuļiem.

Dažām zīdītāju grupām izcelšanās ir atšķirīga. Ir pierādījumi, ka oldējēji radniecīgi triasa perioda zīdītāju grupai — daudzpauguraiņiem, kuru dzerokļiem bija daudz pauguru. Domājams, ka juras periodā atšķīrušies somaiņi. Sākotnēji tie bija nelieli zvēri, kuri laikam dzīvoja kokos. Terciāra sākumā somaiņi izplatījās Austrālijā, Amerikā, Āzijā un Eiropā.

Senākās placentaļu zīdītāju atliekas konstatētas krīta nogulās. Tie attīstījušies no trīspauguraiņiem, tāpat kā somaiņi, un zināmā mērā veido ar somaiņiem paralēlu zaru. Vissenākā placentaļu grupa ir kukaiņēdāji. Tie dzīvoja kokos, daļēji uz sauszemes un bija vairāku turpmāko zīdītāju grupu sākums. Vistuvākais zars ir plēsēji, kas pārgāja uz barošanos ar citiem zīdītājiem. Senie plēsēji kreodonti — visumā nelieli dzīvnieki — parādījās terciāra sākumā. To zobi bija mazdiferencēti. No kreodontiem atzarojās pašreizējie sauszemes plēsēji, roņveidīgie un vaļi. Tieši no kukaiņēdājiem attīstījās sikspārņi, nepilnzobji, grauzēji. Nagaiņi attīstījušies no vairākām patstāvīgām grupām. Ārēja līdzība izveidojusies līdzīgu dzīves apstākļu rezultātā. Dažas nagaiņu grupas terciārā iznikušas, to starpā bija arī zīrgiem un nīlzīrgiem līdzīgi dzīvnieki.

Oligocēna izrakumos atrasti izmirušie pērtiķi. Apakšējā oligocēna koku pērtiķi deva sākumu giboniem un lielajiem cilvēk-



veidīgajiem pērtiķiem. Kvartāra nogulās Dienvidāfrikā iegūts australopitēks un augstākie cilvēkveidīgie pērtiķi — pleziantrops un parantrops. Šie pērtiķi ar vairākām pazīmēm līdzinās cilvēku ģintij *Homo*, kas no zooloģiskā viedokļa deva sākumu pašreizējo cilvēku rasēm. Visu rasu pamatā ir viena vienīga suga — *Homo sapiens* — saprātīgais cilvēks.

## AUGU UN DZĪVNIEKU LĪDZĪBA UN ATŠKIRĪBA

Augi un dzīvnieki ir divas (no dabā pastāvošām piecām) patstāvīgas organismu valstis. Kopīgs abām šīm lielajām organismu grupām ir tas, ka gan augi, gan dzīvnieki sastāv no šūnām, kuru uzbūve principā ir līdzīga (kodols, citoplazma, ribosomas, Gol-dži komplekss, mitohondriji, apvalka membrāna), kaut arī pastāv zināmas atšķirības, piemēram, augu šūnām virs membrānas izveidojas blīvs šūnapvalks, šūnas satur plastīdas, bet centrosoma raksturīga galvenokārt dzīvnieku šūnai. Līdzīga ir arī augu un dzīvnieku šūnu vairošanās — dalīšanās (mitoze, amitoze), dzimumšūnu attīstībā mejoze, zigotas veidošanās, saplūstot gametām, u. c. Šo sarežģīto struktūru un funkciju līdzība neapšaubāmi norāda uz augu un dzīvnieku radniecību.

Galvenā atšķirība starp augiem un dzīvniekiem ir barošanās veids, kas savukārt ir izraisījis dažādu citu atšķirību veidošanos. Augi barojas *autotrofi*, tāpēc to šūnās attīstījušās krāsainas plastīdas (galvenokārt hloroplasti), izveidojies fotosintēzes aparāts un ļoti liela ķermeņa relatīvā virsma (zarojums, lapojums, sakņu sistēma), kas saskaras ar ārvīdi un uzņem no tās gan saules enerģiju, gan ūdeni un minerālvielas. Šādā veidā ar barību nodrošinātiem augiem nav nepieciešams pārvietoties, meklēt un medīt barību. Tie ir piestiprināti pie substrāta, tiem nav nervu sistēmas, maņu orgānu, muskulatūras. Izplatīšanās notiek ar attīstības cikla miera stadijām (sporām, sēklām) pasīvi, piepalīdzot vējam, ūdenim, dzīvniekiem, cilvēkam.

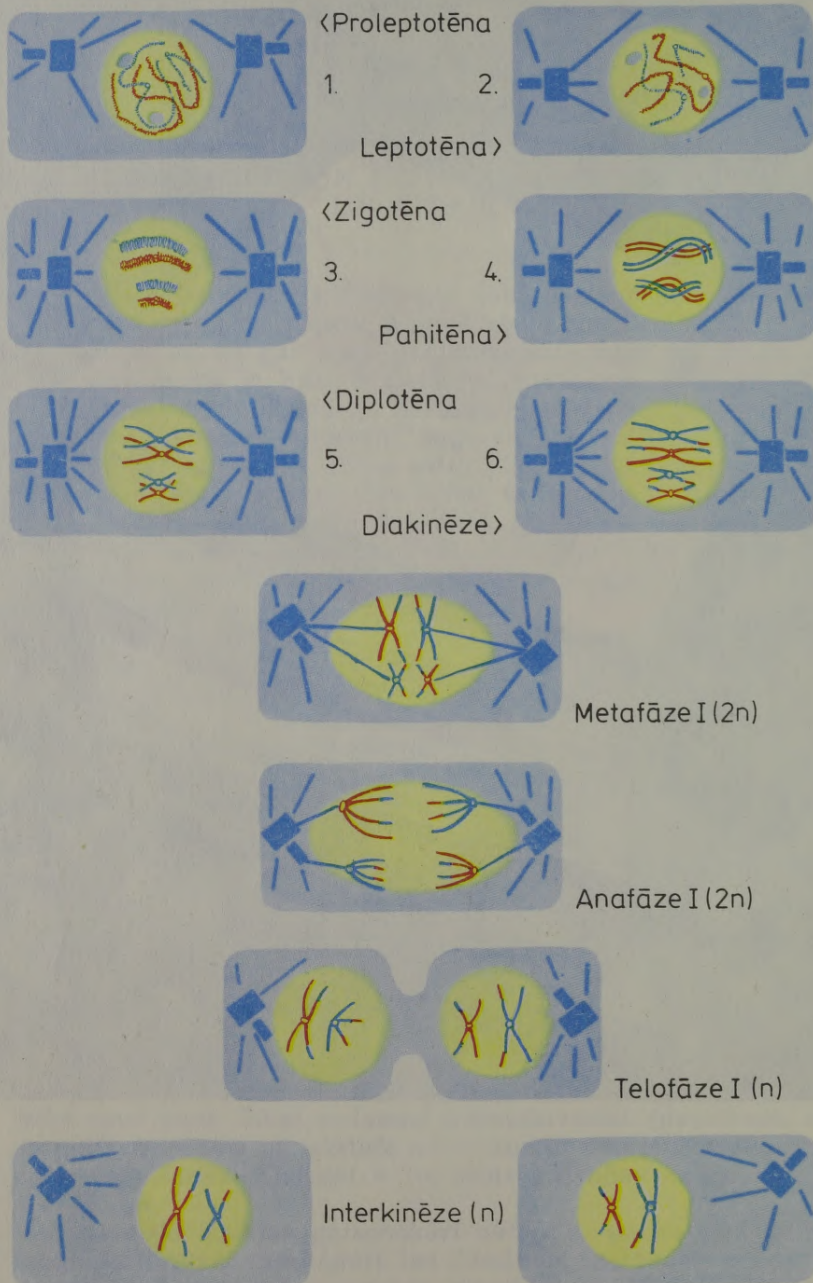
Dzīvnieki barojas *heterotrofi* — ar citu organismu sintezētām organiskām vielām. Fotosintēzes aparāta tiem nav, barība jāmeklē pašiem. Līdz ar to dzīvnieki ir spiesti pārvietoties, attīstīt kustību aparātu, nervu sistēmu un maņu orgānus. Ķermeņa virsma ir ievērojami mazāka nekā augiem, barību uzņem galvenokārt caur muti. Tikai nedaudzi ūdensdzīvnieki (piemēram, sūkļi, koraļļi) ir sēdoši un pārtiek no straumju pienestiem sīkorganismiem un detrita. Sūkļiem ir tik zems attīstības līmenis, ka tiem nav mutes.

Dzīvnieki izplatās galvenokārt aktīvi — pārvietojas gan pieaugušās formas, gan kāpuri, bet daudziem sastopams arī pasīvais izplatīšanās veids (pieaugušos zirnekļus, kukaiņu olas pārnēs vējš) vai tikai pasīvā izplatīšanās (sēdošiem ūdensdzīvniekiem — sūkļiem, koraļļiem, sūneņiem).

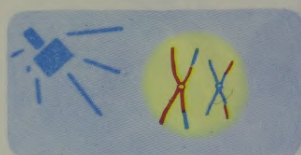


1. att. Latvijas Sarkanā grāmata.

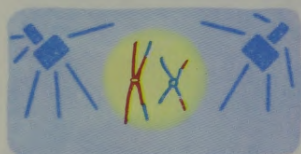
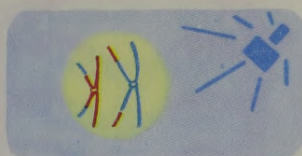




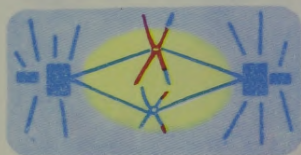
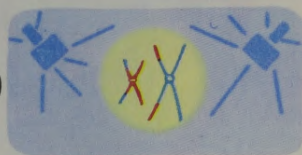
II. att. Mejoze 1 (reduktīvā dalīšanās):  
1—6 — profāze (2n).



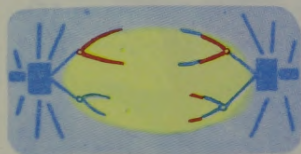
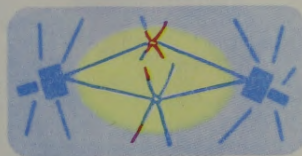
Interkinēze(n)



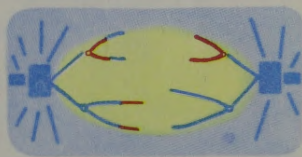
Profāze II(n)



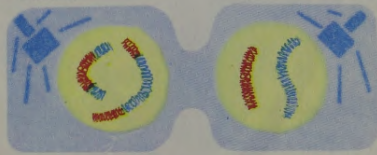
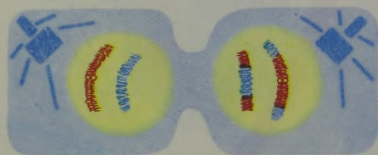
Metafāze II(n)



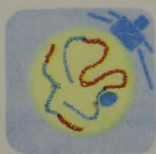
Anafāze II(n)



Telofāze II (n)

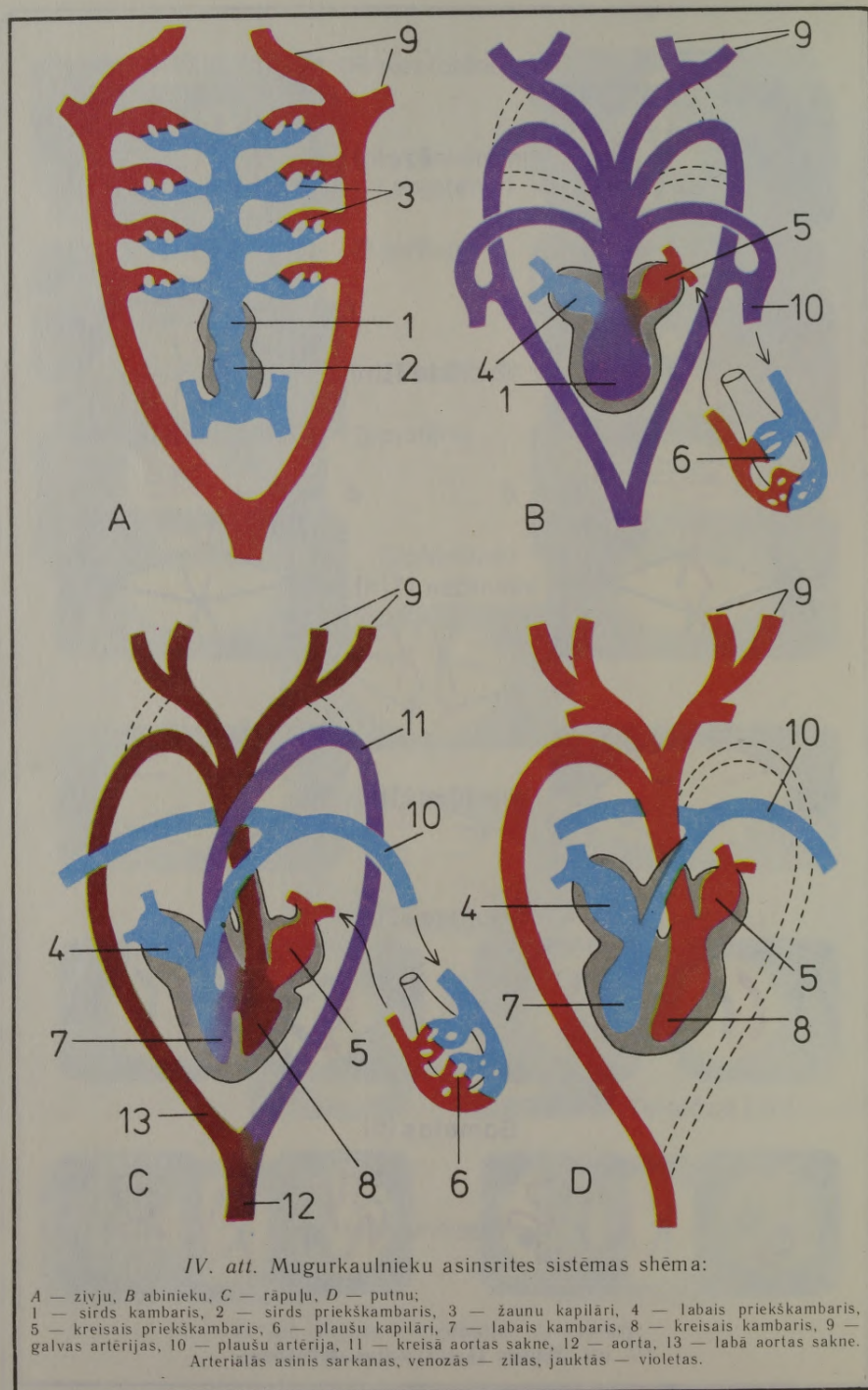


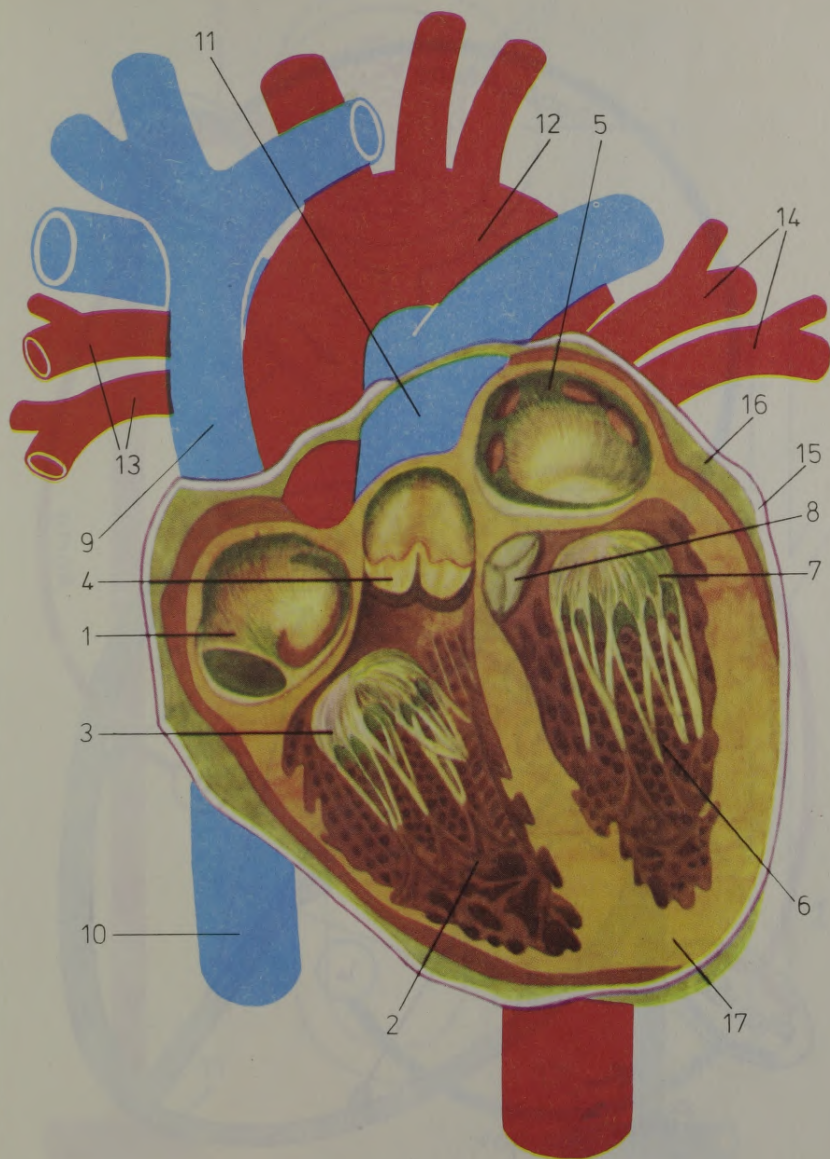
Gametas (n)



III. att. Mejoze II (ekvācijas dalīšanās).



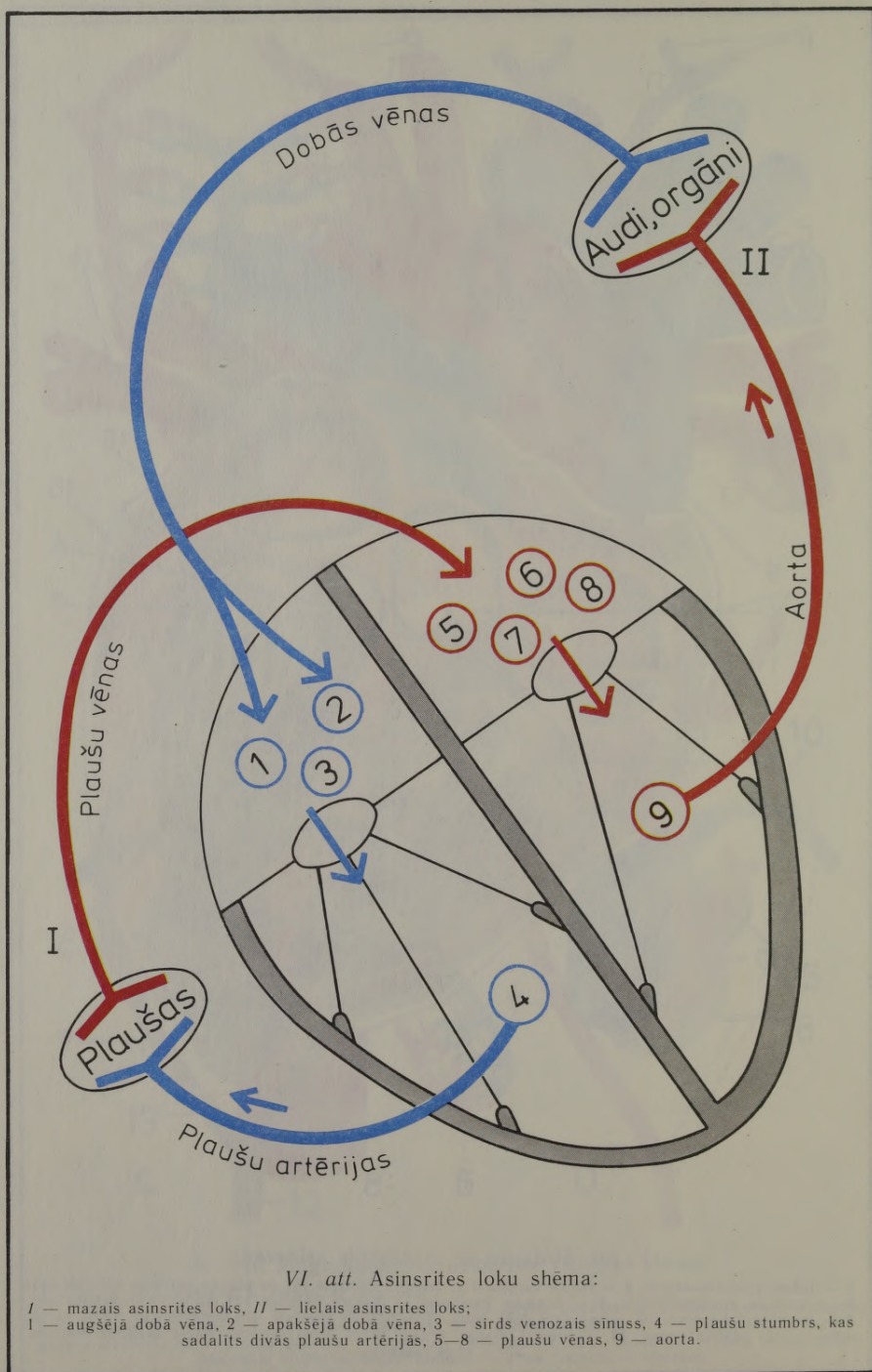


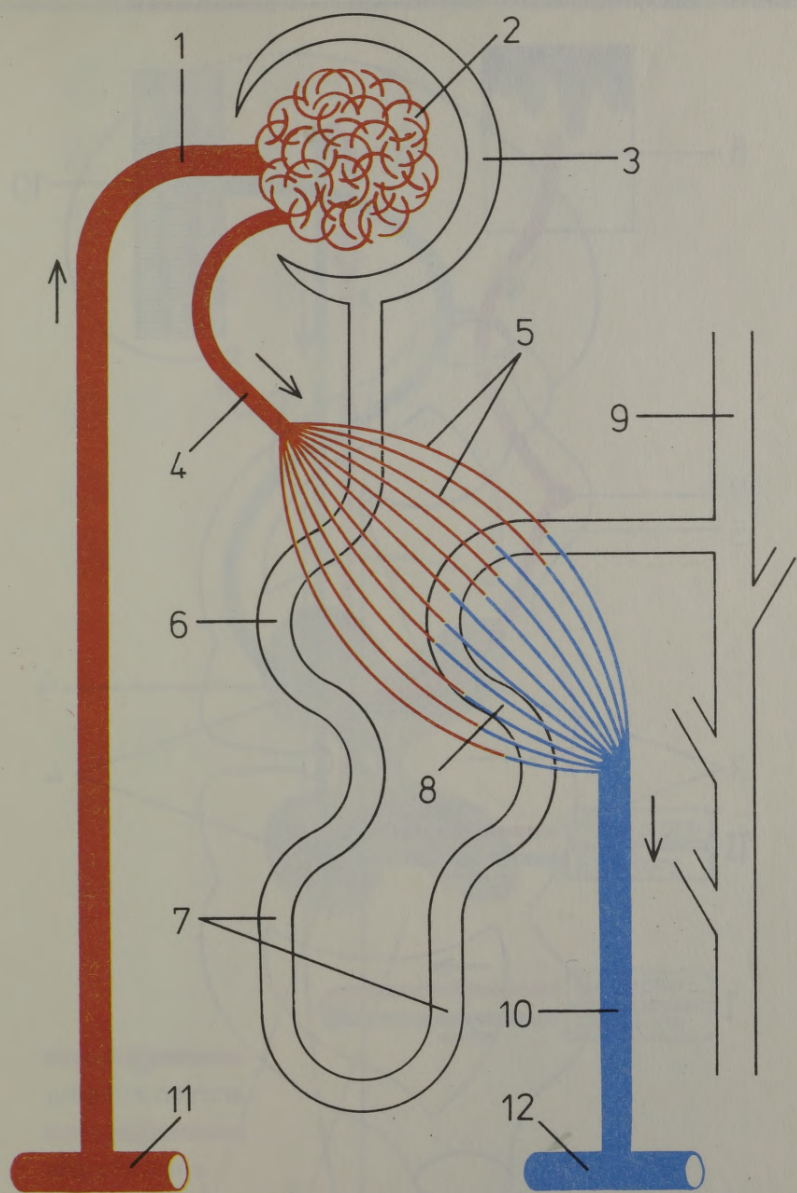


V. att. Sirds un ar to saistītie asinsvadi:

- 1 — labais priekškambaris, 2 — labais kambaris ar trīsvīru vārstuli (3) un plaušu stumbra vārstuli (4),  
 5 — kreisais priekškambaris, 6 — kreisais kambaris ar divvīru vārstuli (7) un aortas vārstuli (8),  
 9 — augšējā dobā vena, 10 — apakšējā dobā vena, 11 — plaušu stumbrs (plaušu arterija), 12 — aorta,  
 13 — labās plaušu vēnas, 14 — kreisās plaušu vēnas, 15 — sirds somiņa, 16 — somiņas dobums,  
 17 — sirds muskuļš.



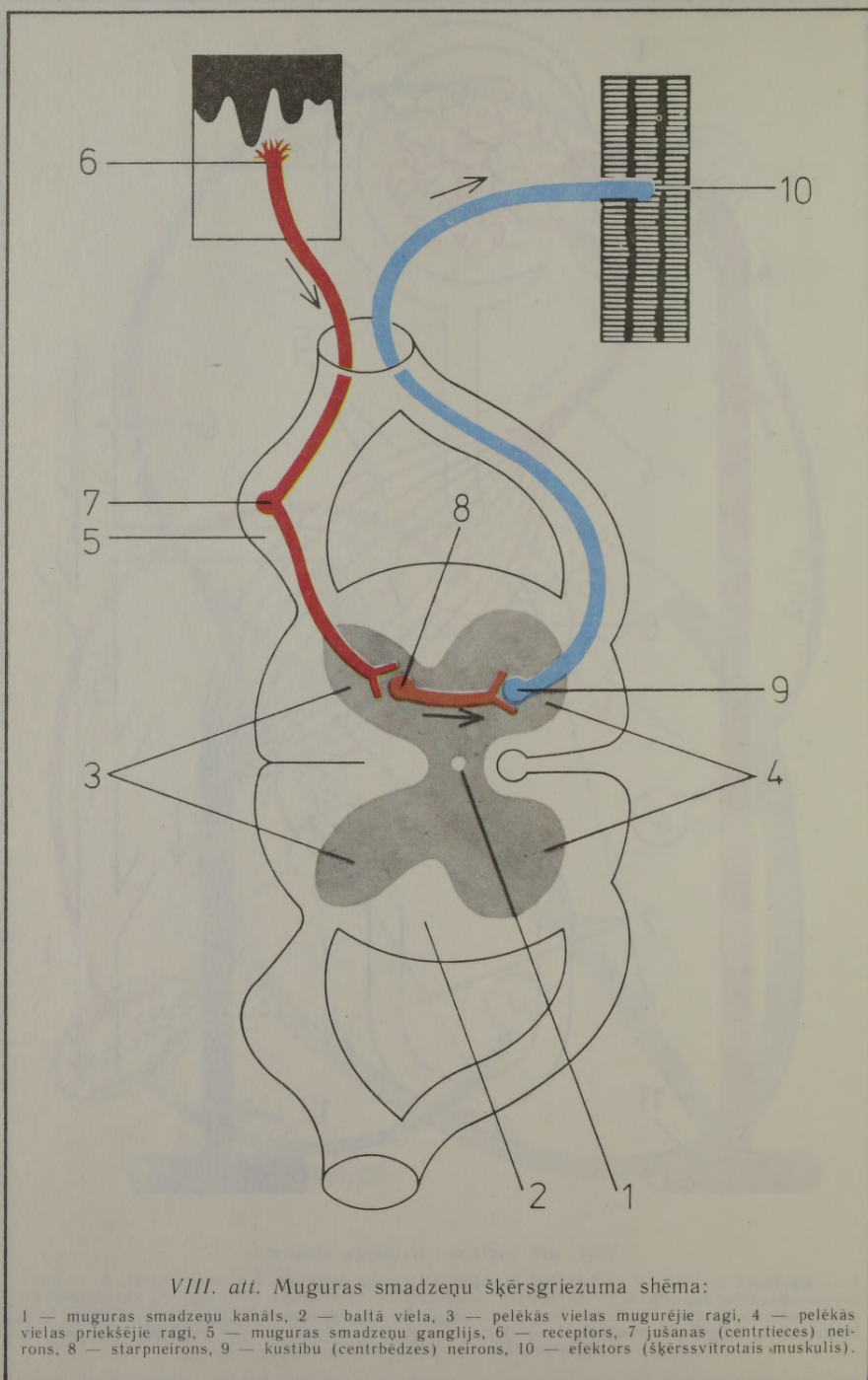


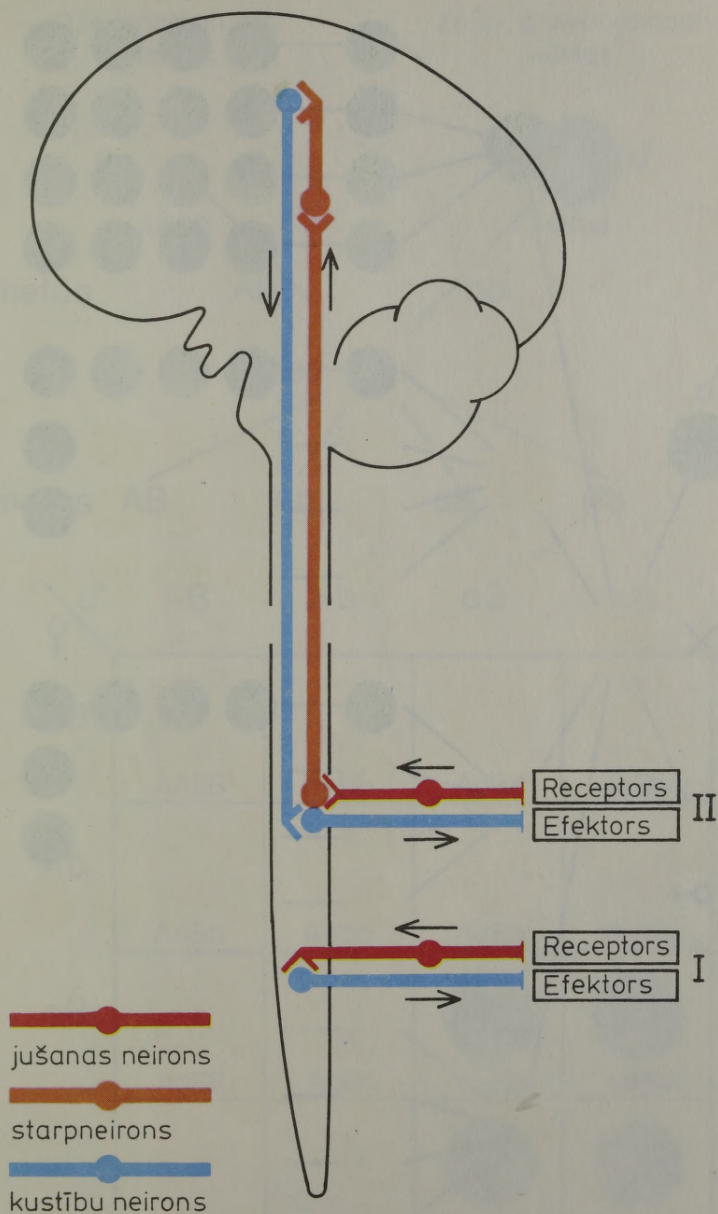


VIII. att. Nefrona uzbūves shēma:

1 — pienākošā arteriola, 2 — kapilāru kamoliņš (Malpigijs kamoliņš, 1 kapilāru tīkls), 3 — Sumljanska—Boumena kapsula, 4 — no kapilāru kamoliņa aizejošā arteriola, 5 — kapilāri, kas apgādā ar asinīm nefrona izlocītos kanāliņus (II kapilāru tīkls), 6 — 1. pakāpes nieru likumotais kanāliņš, 7 — Henles cilpa, 8 — 2. pakāpes nieru likumotais kanāliņš, 9 — savācējvads, 10 — vēnula, 11 — nieru arterijas zars, 12 — nieru vēnas zars.



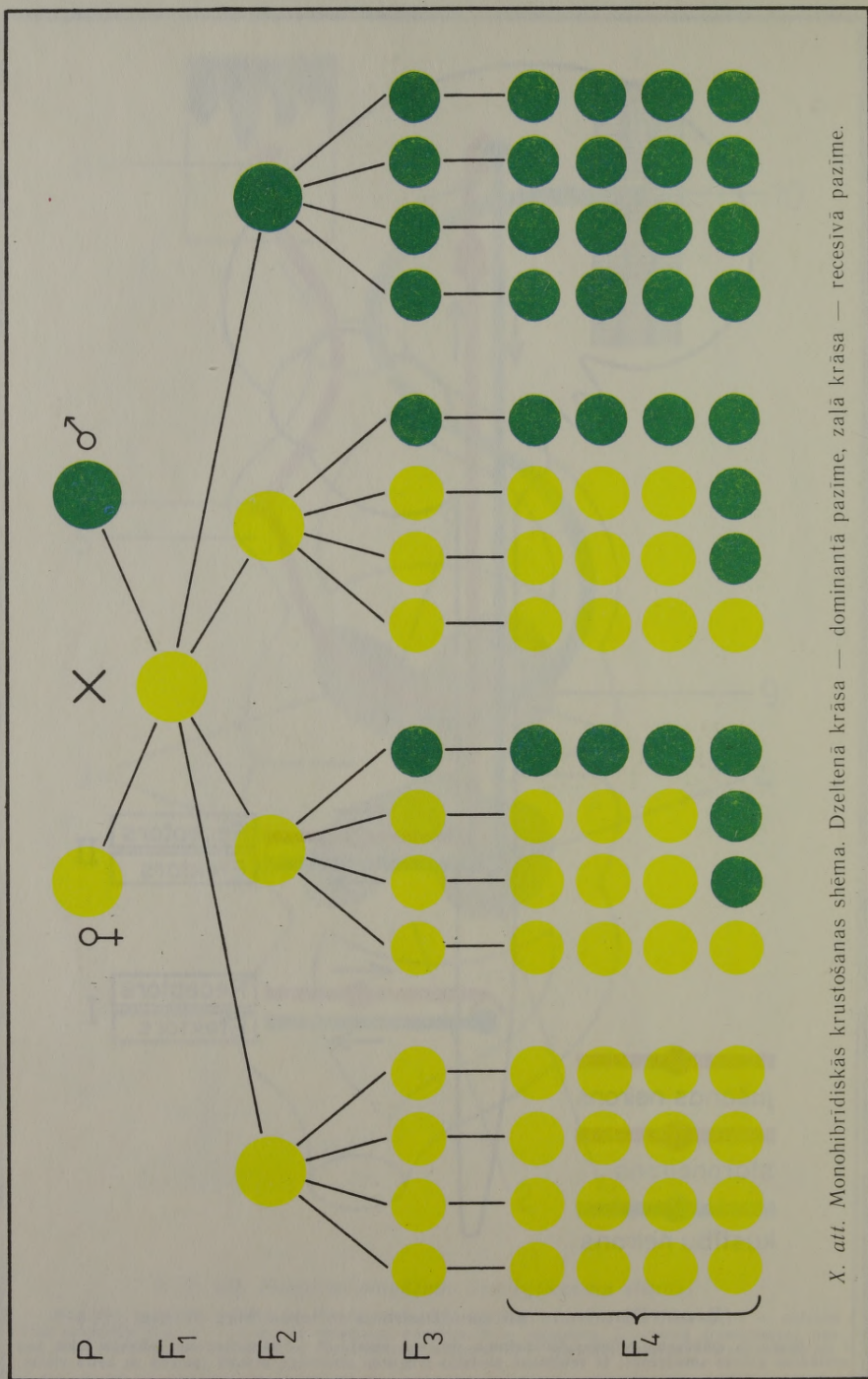




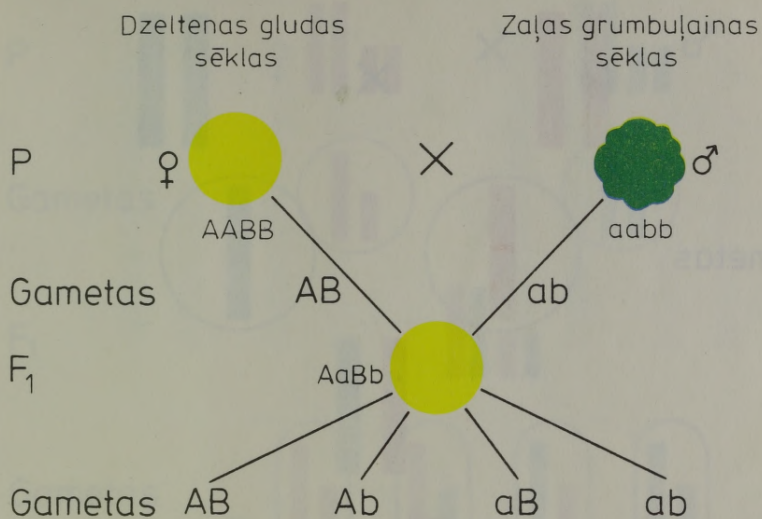
IX. att. Divneironu un daudzneironu refleksa loku shēma:

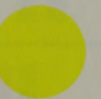
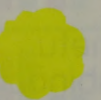
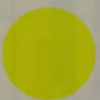
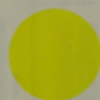
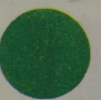
I — muguras smadzeņu reflekss (divneironu refleksa loks), II — daudzneironu refleksa loks, kas saslēdzas galvas smadzenēs; tā veidošanā piedalās muguras smadzeņu neironi (pelekā un baltā viela).





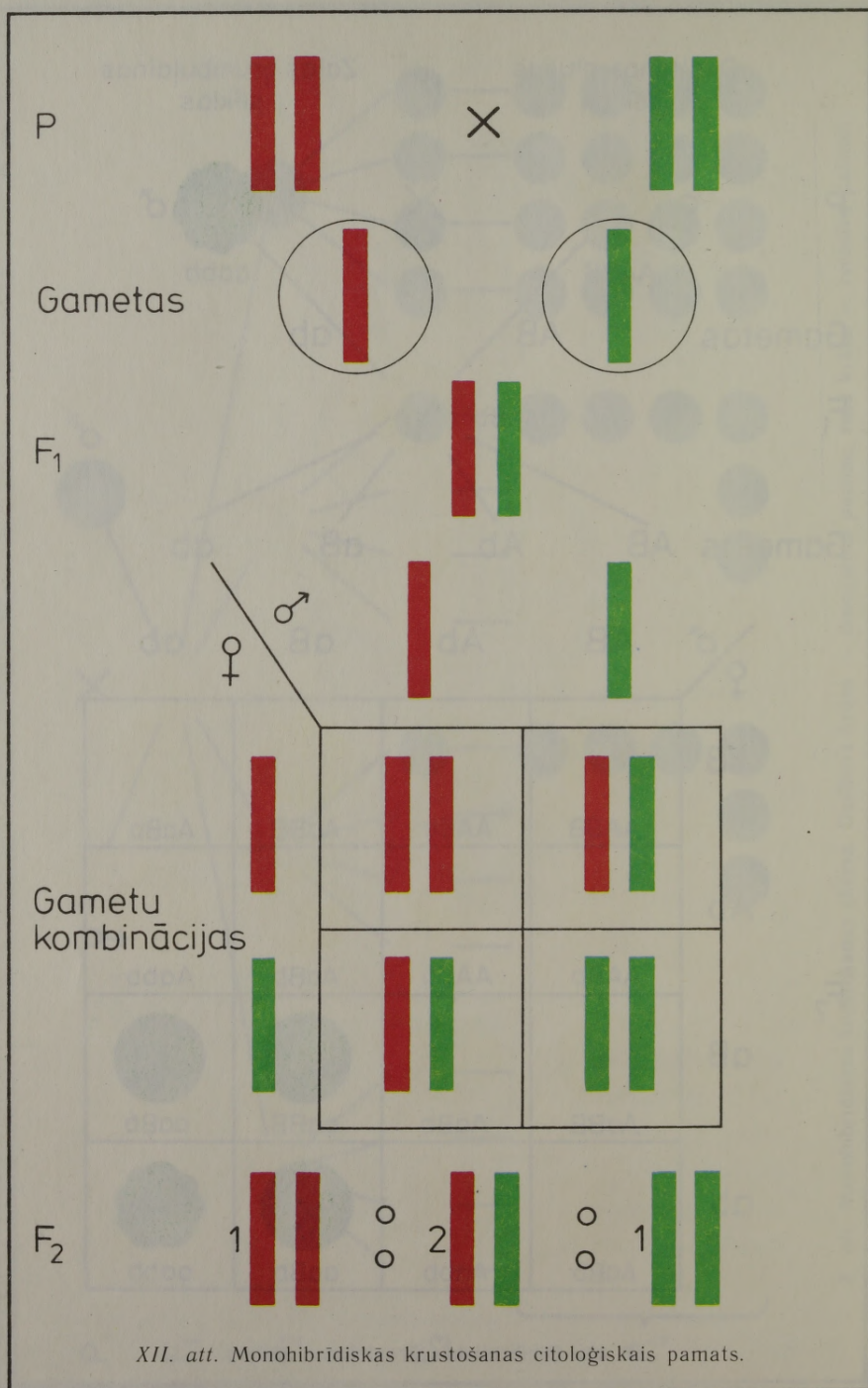
X. att. Monohibridiskās krustošanas shēma. Dzeltenā krāsa — dominantā pazīme, zaļā krāsa — recesīvā pazīme.

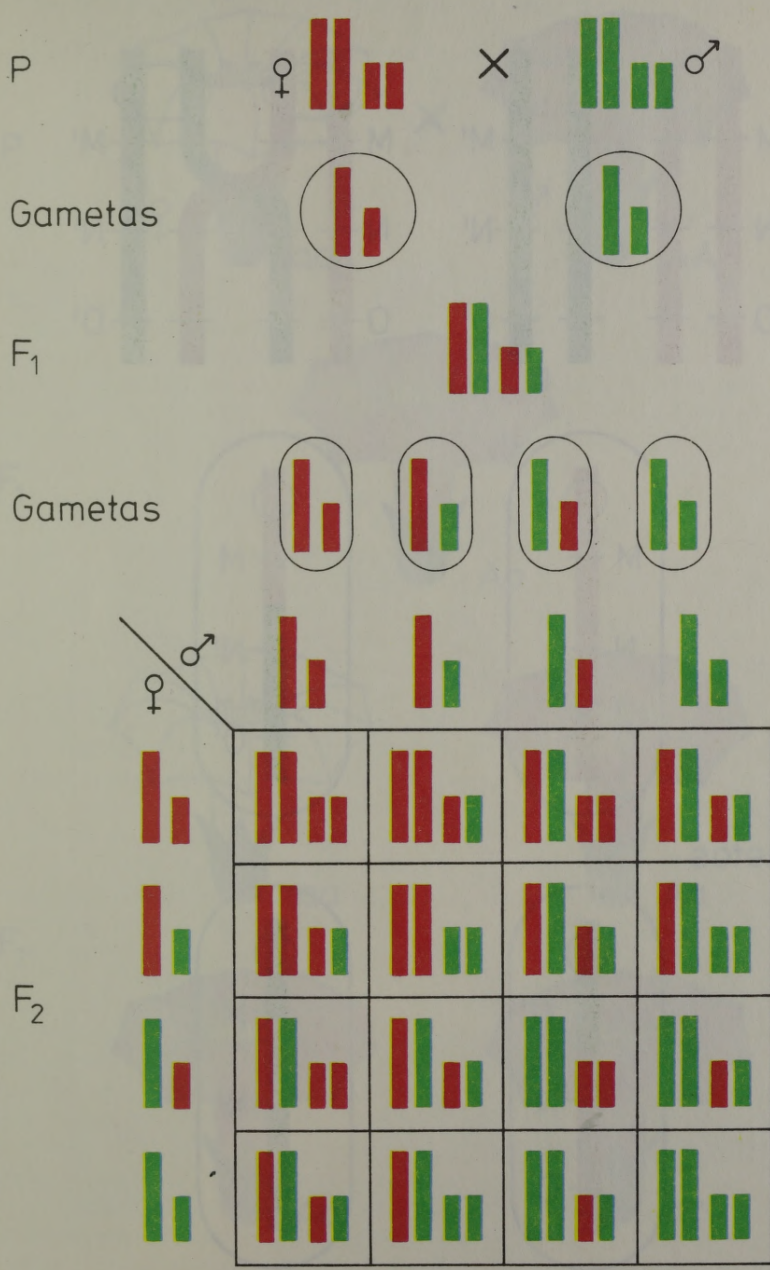


| ♀ \ ♂ | AB                                                                                          | Ab                                                                                          | aB                                                                                          | ab                                                                                          |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| AB    | <br>AABB   | <br>AABb   | <br>AaBB   | <br>AaBb   |
| Ab    | <br>AABb  | <br>AAbb  | <br>AaBb  | <br>Aabb  |
| aB    | <br>AaBB | <br>AaBb | <br>aaBB | <br>aaBb |
| ab    | <br>AaBb | <br>Aabb | <br>aaBb | <br>aabb |

XI. att. Dihibrīdiskās krustošanas shēma.

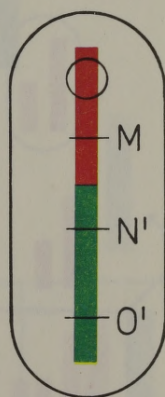
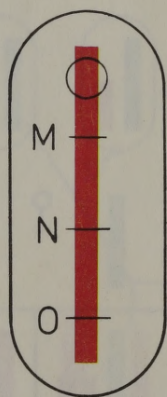
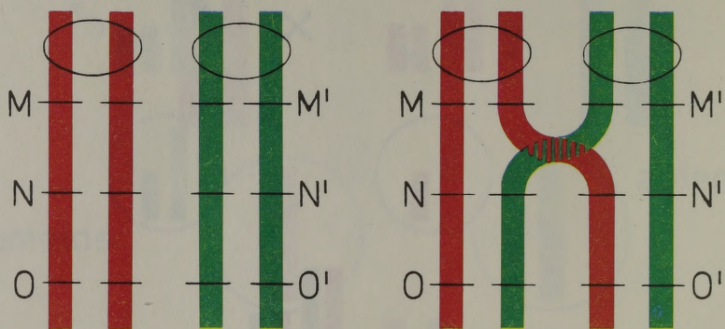




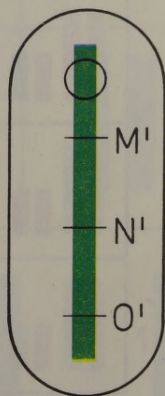
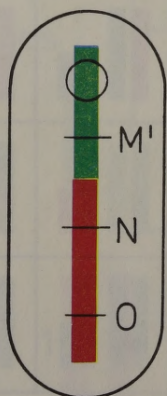


XIII. att. Dihibrīdiskās krustošanas citoloģiskais pamats.



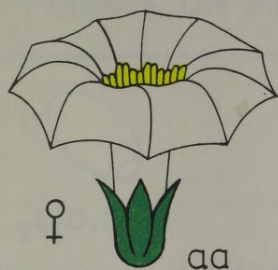


Gametas

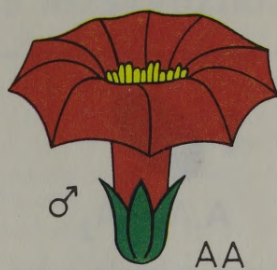
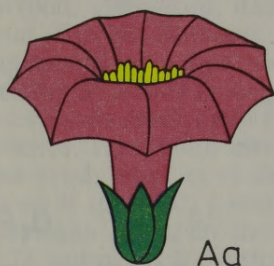


XIV. att. Krustmijas shēma.

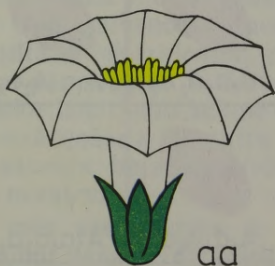
P



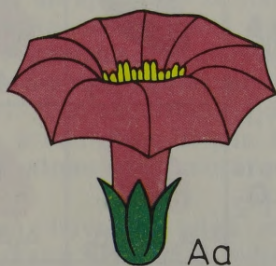
X

F<sub>1</sub>

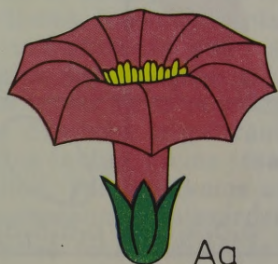
Aa

F<sub>2</sub>

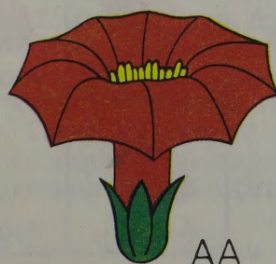
aa



Aa



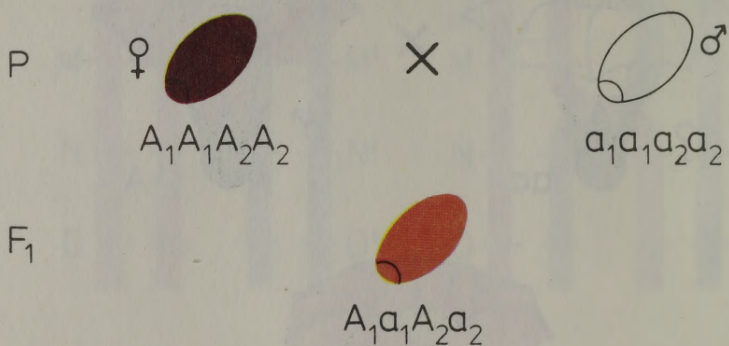
Aa

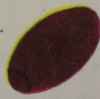
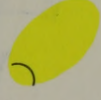
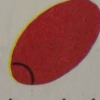
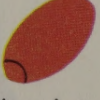
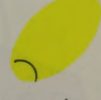
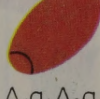
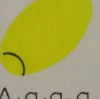
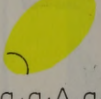
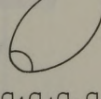


AA

XV. att. Nepilnīgas dominēšanas shēma. Sarkanā ziedu krāsa nepilnīgi dominē pār balto, tāpēc heterozigotiska auga ( $Aa$ ) ziedu krāsa ir sārtā.





|                |            | ♂ $A_1A_2$                                                                                            | ♂ $A_1a_2$                                                                                            | ♂ $a_1A_2$                                                                                            | ♂ $a_1a_2$                                                                                            |
|----------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F <sub>2</sub> | ♀ $A_1A_2$ | <br>$A_1A_1A_2A_2$   | <br>$A_1A_1A_2a_2$   | <br>$A_1a_1A_2A_2$   | <br>$A_1a_1A_2a_2$   |
|                | ♀ $A_1a_2$ | <br>$A_1A_1A_2a_2$   | <br>$A_1A_1a_2a_2$   | <br>$A_1a_1A_2a_2$   | <br>$A_1a_1a_2a_2$   |
|                | ♀ $a_1A_2$ | <br>$A_1a_1A_2A_2$ | <br>$A_1a_1A_2a_2$ | <br>$a_1A_1A_2A_2$ | <br>$a_1A_1A_2a_2$ |
|                | ♀ $a_1a_2$ | <br>$A_1a_1A_2a_2$ | <br>$A_1a_1a_2a_2$ | <br>$a_1A_1A_2a_2$ | <br>$a_1a_1a_2a_2$ |

XVI. att. Kumulatīvās polimērijas shēma. Kviešu graudu krāsas iedzimšana.

## 5. FLORAS UN FAUNAS AIZSARDZĪBA

---

Augi un dzīvnieki ir neatņemama mūsu planētas sastāvdaļa. Visa cilvēces vēsture vienmēr bijusi cieši saistīta ar dzīvās dabas resursu izmantošanu pārtikai, apģērbam, dažādu priekšmetu izgatavošanai, vielu iegūšanai. Cilvēks daudzus gadsimtus ir rīkojies pārāk izšķērdīgi un neapdomīgi ar dabas resursiem. Tā rezultātā flora un fauna ir stipri cietušas, daudzas augu un dzīvnieku sugas ir izmirušas, daudzām areāli sašaurinājušies tik tālu, ka apdraudēta šo sugu turpmākā eksistence. Ilgu laiku cilvēks netraucēti varēja ņemt no dabas vajadzīgos produktus: iegūt dzīvniekus, vākt augus. Taču pēdējos gadsimtos un it īpaši 20. gadsimtā mēs sastopamies ar faktu, ka izmirst atsevišķas augu un dzīvnieku sugas. Tā pēc 1600. gada ir izmirušas 74 putnu un 63 zīdītāju sugas. Pašreiz zinātnieku rīcībā ir dati, kas liecina, ka šodien pasaulē izmiršana draud vairāk nekā 1000 mugurkaulnieku un apmēram 25 000 augu sugu. To visu galvenokārt nosaka cilvēka saimnieciskā darbība, kuras rezultātā tiek iznīcināti gan paši organismi, gan arī tiek iznīcinātas vai pārveidotas to dzīves vietas. Daudzos gadījumos augu un dzīvnieku izmiršanu sekmē dabas vides piesārņošana (jūru un okeānu piesārņošana ar naftu vai tās produktiem izraisa ūdensputnu masveida bojāeju, Viduseiropā atmosfēras piesārņojuma rezultātā mirst meži).

Dabā mēs sastopamies ar augu un dzīvnieku sugu milzīgu daudzveidību: pasaulē dzīvnieku sugu skaitu vērtē uz 2 miljoniem, augstāko augu — 300—350 tūkst., zemāko augu (tradicionāli šajā skaitā ierēķinot sēnes) — 120—160 tūkst. sugu. Taču no šīs daudzveidības cilvēks šodien izmanto tikai ap 2500 augu sugu, pārtiku praktiski nodrošina 13 augu sugas. Daudzu augu un dzīvnieku sugu ipašības vēl nav izpētītas. Jāatceras arī, ka šīs sugas dabas ekosistēmā ieņem savu noteiktu vietu, kuras iztukšošana var būt saistīta ar daudzām negatīvām sekām. Tāpēc arī nākotnē, ņemot vērā minētos faktus, mums jāsaglabā visa augu un dzīvnieku sugu daudzveidība. Tas panākams ar šo organismu racionālu izmantošanu, atjaunošanu un aizsardzību.

Nevēlamas sekas parādījās ne tikai augu un dzīvnieku valstī. Satraukumu izraisīja arī augsnes erozija, lauku ražības un nozvejas samazināšanās, daudzu medību dzīvnieku izzušana, ūdeņu un atmosfēras piesārņošana u. c. Radās nepieciešamība noskaidrot šo parādību cēloņus. Dabas nesaimnieciskas izmantošanas sekas jau bija jūtamas pagājušā gadsimtā vairākās tautsaimniecības



nozārēs. Radās nepieciešamība noskaidrot šo parādību cēloņus. Arvien aktuālāka kļuva prasība saudzēt dabu.

Atsevišķās zemēs sāka izveidot rezervātus, nacionālos parkus un izstrādāt savvaļas dzīvnieku un augu izmantošanas ierobežojumus.

**Rezervāti** ir cilvēka darbības neskarti vai maz pārveidoti dabas nogabali, kuru galvenais uzdevums — saglabāt ainavu un ekosistēmu dabisko stāvokli, kā arī organismu sugu ģenētisko fondu. Pirmais dabas rezervāts izveidots Čehijā 1836. gadā, pēc tam Montenblo meža rezervāts Francijā 1861. gadā. Pirmais rezervāts Latvijā izveidots *Moricsalā* 1912. gadā. Latvijas Republikā vēl ir *Slīteres* (1921), *Griņu* (1936), *Krustkalnu* (1977) un *Teiču purva* (1982) rezervāti.

Pasaulē pirmie rezervāti izveidoti 19. gs. vidū, bet, attīstoties aizsargājamo dabas objektu sistēmai, radās rezervātu tīkls. Tagad tas aptver visas klimatiskās un ainavu zonas, sākot no ziemeļu tundras un beidzot ar tuksnešiem. Rezervātos plaši izvērsti zinātniskais darbs un noliegta dabas resursu saimnieciskā izmantošana. Tos apmeklēt drīkst tikai ar speciālām atļaujām. Rezervātiem ir liela nozīme gan dabisko ainavu, gan reto sugu saglabāšanā. Pēc rezervātu izveidošanas stipri palielinājās saigu, sabuļu un citu retu dzīvnieku skaits. 1991. gadā Baltijas valstīs bija 13 valsts rezervāti, no tiem Igaunijā — 5, Lietuvā — 3 un Latvijā — 5 rezervāti.

Septiņdesmitajos gados sāka organizēt biosfēras rezervātus, kuros ne tikai intensīvi noris ekonomiski nozīmīgu un atsevišķu sugu ekoloģijas pētījumi, bet arī tiek analizēta cilvēka darbības ietekme uz dabas sistēmām un izstrādātas metodes šīs ietekmes regulēšanai. 1977. gadā apstiprināja pirmo starptautisko biosfēras rezervātu sarakstu, kurā ietilpa 118 rezervāti. 1984. gadā 65 pasaules valstīs bija 243 biosfēras rezervāti.

**Nacionālie parki** ir otra dabas aizsardzības objektu kategorija. Atšķirībā no rezervātiem nacionālie parki domāti ne tikai dabas kompleksu saglabāšanai, bet arī cilvēku ekoloģiskai audzināšanai un atpūtai. Pirmais un viens no pasaules ievērojamākiem nacionālajiem parkiem ir Jeloustounas nacionālais parks (ASV), kas nodibināts 1872. gadā un atrodas Kordiljeros, Jeloustounas upes augšdaļā. Tajā ir daudz geizeru, kā arī interesanta augu un dzīvnieku valsts.

Nacionālos parkus Eiropā sāka organizēt pagājušā gadsimta beigās. Pirmos no tiem nodibināja Zviedrijā, Francijā, Spānijā un Šveicē, bet Baltijas valstīs — mūsu gadsimta septiņdesmitajos gados: Lahe-mas nacionālo parku — Igaunijas Republikā (1971), Gaujas — Latvijas Republikā (1973) un Augštaitijas — Lietuvas Republikā (1976).

Gaujas nacionālais parks (GNP) aizņem 92 048 ha lielu teritoriju Gaujas senlejā no Sietiņieža līdz Murjāņiem. Straujā, likumainā Gauja, tās mežiem apaugušās kraujas ir viens no skaistākajiem mūsu republikas dabas nostūriem, turklāt ar



bagātu un savdabīgu floru un faunu. Parkā līdz šim reģistrētas 873 augstāko augu sugas, no kurām 40 ietilpst aizsargājamo sugu sarakstā, kā arī vairākas sugas, kas ierakstītas vairāku valstu Sarkanajā grāmatā. Daudz dižkoku.

Bagāta un savdabīga ir dzīvnieku valsts. Te 1986. gadā dzīvoja 250 aļņi, 473 mežacūkas, 1864 stirnas, 355 staltradži, 375 pelēkie zaķi, 230 baltie zaķi, 136 bebri, 4 sumbri (nebrīvē). Parkā konstatēta 61 Latvijas Sarkanajā grāmatā ierakstīta dzīvnieku suga, no tām 44 — putnu sugas. No putniem konstatēts melnais stārķis un zivjērglis.

**Liegumi** ir platības, kurās noteikts daļējs dabas aizsardzības režīms un atļauta saimnieciskā darbība tādā apjomā, kas nav pretrunā ar lieguma mērķiem un uzdevumiem. Ar Latvijas Ministru Padomes lēmumu 1987. gadā mūsu valstī apstiprināti 40 kompleksie dabas liegumi, 46 botāniskie liegumi (piemēram, Pokrotas, Klaucānu, Priekulānu ezeri — ezerrieksta aizsardzībai, Gaviezes mežs — baltā āmuļa aizsardzībai, Raunas Staburags — Alpu kreimules aizsardzībai), 37 purvu liegumi (piemēram, Lielais Kemeru tīrelis, Kļāņu purvs), 51 dzērvenāju liegums (piemēram, Žaļezera purvs Bauskas rajonā, Oļļas purvs ar Pīģeles upes ieleju), 15 zooloģiskie liegumi (piemēram, Liepājas, Papes, Babītes, Engures, Kaņiera ezeri, Mērsraga jūras piekraste), 10 dabas parki (piemēram, Tērvetes meža ainavu parks, Gaiziņkalns, Riezupe, Piejūras dabas parks, Dolessala, Talsu pauguraine u. c.), 5 apvidi ar aizsargājamām dabas ainavām (Veclaicene, Augšzeme, Vestiena, Ezernieki, Vecpiebalga), 169 ģeoloģiskie un ģeomorfoloģiskie objekti, 191 parks un dendroloģiskais stādījums, 21 dzirnavu dīķis. Īpaša uzmanība veltīta to koku aizsardzībai, kuri sasnieguši ievērojamu vecumu un lielumu. Šādus kokus sauc par dižkokiem. Īpaši aizsargājami Latvijas teritorijā ir dižkoki, kuru stumbra apkārtmērs krūšu augstumā (1,3 m) ozolam un vītalam pārsniedz 5 m, liepai, osim, gobai un vīksnai — 4 m, kļavai un melnalksnim — 3,5 m, priedei, eglei un bērzam — 3 m, kadiķim — 0,8 m. Kā aizsargājami Ministru Padomes lēmumā minēti savdabīgie un introducētie koki ar ainaviski ekoloģisku vai kultūrvēsturisku nozīmi. No pazīstamākajiem dižkokiem jāmin Kaives Senču ozols Tukuma rajonā (apkārtmērs 9,4 m), Valdemārpils Elku liepa (8,5 m), Rietekļa kadiķis Valmieras rajonā (2,5 m).

1987. gadā pieņemtajā Latvijas Ministru Padomes lēmumā dots aizsargājamo sugu saraksts, kurā ietvertas 109 aizsargājamo augu sugas, 30 aizsargājamo sēņu sugas un 20 aizsargājamo ķērpju sugas.

Latvijas dzīvnieki šajā lēmumā dalīti 3 grupās.

**1. grupa** — dzīvnieki, kuri ierakstīti Latvijas Sarkanajā grāmatā (116 nosaukumi).

**2. grupa** — dzīvnieki, kuru iegūšana atļauta ar speciālām atļaujām (visi putni, kas nav medību objekti un nav ierakstīti Latvijas Sarkanajā grāmatā, izņemot žagatu, vārnu un kraukli,



pogainais ronis, ezis, brūnās mežaskudras — 3 sugas, kamenes — 22 sugas, vientuļo bišu kolonijas, visi rūpuļi, visi abinieki, vingliemezis).

**3. grupa** — dzīvnieki, kas ir medību un zvejas objekti un kuru iegūšanu regulē attiecīgi Latvijas Republikas likumdošanas akti par medībām un zvejniecību.

Latvijas Ministru Padomes 1987. gada lēmums noteica arī aizsargājamo teritoriju robežas, to aizsardzības un izmantošanas režīmus. Lēmumā noteikta arī atlidzība par zaudējumiem, kas nodarīti, postot dabu, bojājot un iznīcinot īpaši aizsargājamās dabas objektus, aizsargājamās augus, sēnes, ķērpjus un dzīvniekus. Liela nozīme dzīvnieku aizsardzībā ir atsevišķu meža iecirkņu mikroliegumiem, kurus pēc zinātnieku ierosinājuma apstiprina mežizstrādes ražošanas sabiedrība «Latvijas mežs». Pirmie šāda tipa liegumi zīdītājiem Latvijā noorganizēti 1979. gadā, piemēram, Ašķeres liegums Daugavas senlejā pie Skrīveriem, kurā mīt lielais susuris, un liegums Smiltenes virsmežniecībā brūnajam lācim. Mikroliegumi sikspārņu aizsardzībai izveidoti Alūksnes un Cēsu rajonā.

Retās un iznīkstošās augu, sēņu un dzīvnieku sugas ir ņemtas īpašā uzskaitē — ierakstītas Sarkanajā grāmatā. Pirmā Sarkanā grāmata pasaulē izdota 1963. gadā. Starptautiskajā Sarkanajā grāmatā ierakstītas 2046 Eiropā sastopamo sevišķi reto un aizsargājamo augu sugas.

Latvijas Sarkanā grāmata apstiprināta 1980. gadā (1. krās. att.), bet izdota 1985. gadā. Tajā ietvertas 112 augu un 119 dzīvnieku sugas, kuras iedalītas 5 kategorijās. Ar Latvijas Sarkanās grāmatas Padomes lēmumu Sarkanajā grāmatā ierakstītas arī 32 sēņu un 20 ķērpju sugas, bet no Sarkanās grāmatas sarakstiem svītrots Eirāzijas ūdrs, rubenis un mednis.

**0. kategorija** — sugas, kuras, iespējams, ir izzudušas no Latvijas teritorijas.

#### Augi

##### Ķērpji

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Izplūdusi lobārija | 3. Lodveida sferoфора |
| 2. Plaša lobārija*    | 4. Visgarākā usneja   |

##### Paparžaugi

5. Vārpu ēnpaparde

##### Sēkļaugi

6. Pušķainā jāņegļīte  
7. Igaunijas rūgtlape

---

\*Te un turpmāk ar zvaigznīti apzīmētas arī citu valstu Sarkanajās grāmatās ierakstītās sugas.

## Sēnes

1. Milzu skropstzvaigzne
2. Sarkanā tiklene\*
3. Raupjā zemeszvaigzne

## Dzivnieki

### Kukaiņi

1. Dižā briežvabole

**1. kategorija** — sugas, kurām draud tiešas iznīkšanas briesmas un kuru tālāka eksistence nav iespējama bez cilvēka palīdzības.

## Augi

### Ķērpji

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Divkrāsainā brīrija      | 7. Mužota parmēlija*          |
| 2. Cetrārijveida centrēlija | 8. Dzislainā peltigera        |
| 3. Lentveida hipogimnija    | 9. Maisveida solorina         |
| 4. Lapveida kladonija       | 10. Daudzlapainā umbilikārija |
| 5. Dobumainā lobārija       | 11. Dāsnā usneja*             |
| 6. Brūnmelnā parmēlija      |                               |

### Paparžaugi

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 12. Lielā kosa              | 14. Plūksnu sikpaparde |
| 13. Vienkāršā ķekarpaparde* | 15. Palu staipeknītis  |

### Sēkļaugi

- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| 16. Brūnais baltmeldrs*     | 28. Alpu kreimule        |
| 17. Sarkanā cefalantera*    | 29. Dzeltenā kurpīte     |
| 18. Krūmu čuža              | 30. Pļavas linlape       |
| 19. Jūrmalas dedestiņa      | 31. Sibīrijas mēlziede   |
| 20. Purva dievkresliņš      | 32. Jūrmalas miķelīte    |
| 21. Dzeltenā dzegužkurpīte* | 33. Mušu ofrīda*         |
| 22. Zalkšu dzegužpuķe*      | 34. Zviedrijas pīlādzis  |
| 23. Baltijas efeja          | 35. Grīņu sārtene*       |
| 24. Peldošais ezerrieksts*  | 36. Kauslapu tofielidija |
| 25. Rūtainā fritillārija    | 37. Kalnu veronika       |
| 26. Parastā īve*            | 38. Lielā zilgalvīte     |
| 27. Melnaugļu klintene      | 39. Jūrmalas zilpodze    |

## Sēnes

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Dzeltenā beka        | 8. Rubīna samtbeķa          |
| 2. Pārslainā beka       | 9. Sarkanā samtbeķa         |
| 3. Meiteņu dižsardzene* | 10. Raupjā tumšbeķa         |
| 4. Nošķeltā dižvalene   | 11. Biezstaru zemeszvaigzne |
| 5. Divkāršā plīvurene*  | 12. Sekstainā zemeszvaigzne |
| 6. Milzu pūkaine        | 13. Melnā zvīņbeķa*         |
| 7. Parazitiskā samtbeķa |                             |



## Dzīvnieki

### Zīdītāji

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Pelēkais ronis*     | 3. Lielais susuris |
| 2. Eirāzijas lidvāvere |                    |

### Rāpuļi

4. Purva bruņurupucis

### Putni

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 5. Baltvaigu zoss*   | 12. Čūsķērglis*     |
| 6. Sarkankakla zoss* | 13. Zivjuērglis*    |
| 7. Sarkanā klija*    | 14. Lielais piekūns |
| 8. Mazais ērglis     | 15. Purva baltirbe  |
| 9. Vidējais ērglis   | 16. Meža balodis    |
| 10. Klinšu ērglis*   | 17. Ūpis            |
| 11. Jūras ērglis*    |                     |

### Abinieki

18. Eiropas kokvarde

### Kukaiņi

- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| 19. Eiropas vairogviendienīte* | 24. Dižais koksngrauzis    |
| 20. Cīruļu dižtauriņš*         | 25. Blāvais praulgrauzis   |
| 21. Gāršas lācītis             | 26. Lapkoku praulgrauzis*  |
| 22. Tragantzirņu pūcite        | 27. Spīdīgais praulgrauzis |
| 23. Esparsetu zilenītis        |                            |

### Gliemji

28. Ziemeļu upjupērlene\*

**2. kategorija** — retas sugas, kurām izmiršana pagaidām nedraud. Organismi sastopami vai nu mazā skaitā, vai arī tik specifiskās vietās, ka suga var iznīkt.

## Augi

### Ķērpji

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Melnā cistokoleja | 3. Nabiņveida parmelija |
| 2. Ādainā parmelija  | 4. Slaidā parmelija     |

### Paparžaugi

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 5. Brauna cietpappe | 6. Daivainā cietpappe |
|---------------------|-----------------------|

### Sēkļaugi

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| 7. Zemeņu āboliņš         | 20. Eiropas kāpumiezis  |
| 8. Baltais āmulis         | 21. Mellenāju kārkls    |
| 9. Dižā aslake*           | 22. Šaurlapu lakacis    |
| 10. Meža bumbiere         | 23. Krāšņā nelķe        |
| 11. Piramidālais cekuliņš | 24. Cepurainā neotiante |
| 12. Dobais cīrulītis      | 25. Ruīša pūķgalve      |
| 13. Tumšzilā drudzene     | 26. Pundurbērzs         |
| 14. Deguma dzegužpuķe     | 27. Parastā purvmirte*  |
| 15. Smiltāju esparsete    | 28. Pallas sausserdis   |
| 16. Augstais gailpiesis   | 29. Parastais skābardis |
| 17. Devela grīslis*       | 30. Purva sūnene        |
| 18. Vienguma herminija    | 31. Purvāju vienlape    |
| 19. Dižā jāņeglīte        | 32. Lielā zvaigznīte*   |

## Sēnes

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. Milzu apaļpūpēdis   | 7. Zarainā dižadatene       |
| 2. Ezeļu ausene        | 8. Krokainā kazbārde*       |
| 3. Čemurainā čemurene* | 9. Zeltainā zarene          |
| 4. Daivainā čemurene*  | 10. Apmalotā zemeszvaigzne  |
| 5. Milzu čemurene      | 11. Svitrainā zemeszvaigzne |
| 6. Milzu dižvālene*    |                             |

## Dzīvnieki

### Zīdītāji

- |                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Brūnais lācis              | 10. Eiropas plataūsis        |
| 2. Eiropas ūdele              | 11. Mazais sikspārnis        |
| 3. Zebiekste                  | 12. Divkrāsainais sikspārnis |
| 4. Sermulis                   | 13. Garausainais sikspārnis  |
| 5. Bārdainais naktssikspārnis | 14. Natūza sikspārnis        |
| 6. Branta naktssikspārnis     | 15. Ziemeļu sikspārnis       |
| 7. Dīķa naktssikspārnis       | 16. Rūsganais sikspārnis     |
| 8. Naterera naktssikspārnis   | 17. Dārza susuris            |
| 9. Ūdeņu naktssikspārnis      |                              |

### Putni

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 18. Brūnkakla gārgale | 33. Žagattārtiņš       |
| 19. Melnkakla gārgale | 34. Dzeltenais tārtiņš |
| 20. Lielais dumpis    | 35. Sinca špiķītis     |
| 21. Mazais dumpis     | 36. Lietuvainis        |
| 22. Melnais stārķis*  | 37. Mazais zīriņš      |
| 23. Sāmsalas dižpīle  | 38. Baltā pūce         |
| 24. Meža zoss         | 39. Garastes pūce      |
| 25. Mazais gulbis*    | 40. Svitrainā pūce     |
| 26. Ziemeļu gulbis    | 41. Ziemeļu pūce       |
| 27. Lauku lija        | 42. Apodziņš           |
| 28. Pļavu lija        | 43. Trīspirkstu dzenis |
| 29. Lauku piekūns     | 44. Liela čakste       |
| 30. Purva piekūns     | 45. Bārdzīlīte         |
| 31. Paipala           | 46. Somzīlīte          |
| 32. Pelēkā dzērve     |                        |

### Rāpuļi

47. Gludenā čūska

### Abinieki

48. Lielais tritons
49. Smilšu krupis\*
50. Sarkanvēdera ugunskrupis

### Dēles

51. Medicīniskā dēle

**3. kategorija** — sugas, kuru areāli (izplatības apgabali) sašaurinās.

## Augi

### Ķērpji

1. Plaušu lobārija; plaušu ķerpis\*



## Paparžaugi

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 2. Apdzira            | 5. Gada staipeknis   |
| 3. Dzelņsporu ezerene | 6. Vālišu staipeknis |
| 4. Gludsporu ezerene  |                      |

## Sēkļaugi

- |                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| 7. Zaļā dobziede             | 22. Mežloks; lāksis       |
| 8. Krustlapu drudzene        | 23. Parastā miltene       |
| 9. Tumšsarkanā dzeguzene     | 24. Mīeturu mugurene      |
| 10. Baltijas dzegužpirkstīte | 25. Smaržīgā naktsvijole  |
| 11. Rusova dzegužpirkstīte   | 26. Zaļziedu naktsvijole  |
| 12. Stāvlapu dzegužpirkstīte | 27. Parastā ozolīte       |
| 13. Bruņņepuru dzegužpuķe*   | 28. Čemuru palēks         |
| 14. Viru dzegužpuķe          | 29. Atvašu saulrietenis   |
| 15. Odu gimnadenija          | 30. Naudiņu saulrozīte    |
| 16. Jumstiņu gladiola        | 31. Meža silpurene        |
| 17. Ziemeļu linneja          | 32. Sibīrijas skalbe *    |
| 18. Lēzeļa lipare            | 33. Lielziedu uzpirkstīte |
| 19. Dortmana lobēlija*       | 34. Meža vizbulis         |
| 20. Daudzgaigā mēnesene*     | 35. Parastā zalktene      |
| 21. Mežābele                 | 36. Krasu zeltlape        |

## Sēnes

- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. Rūsganā zemeszvaigzne | 3. Skropstainā zemeszvaigzne |
| 2. Sikā zemeszvaigzne    | 4. Vainagotā zemeszvaigzne   |

## Dzīvnieki

### Putni

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1. Zivju gārnis      | 6. Purva pūce       |
| 2. Bezdelīgu piekūns | 7. Bīkšainais apogs |
| 3. Mazais ormanītis  | 8. Zaļvārna         |
| 4. Grieze            | 9. Zivju dzenītis   |
| 5. Kuitāla           | 10. Pupuķis         |

### Rāpuļi

11. Sila ķīrzaka

### Vēži

12. Platspīļu upesvēzis

## 4. kategorija — sugas ar neskaidru stāvokli dabā.

## Augi

### Paparžaugi

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. Parastais plakanstaipeknis | 3. Mūru sīkpararde |
| 2. Trejvārpu plakanstaipeknis |                    |

## Sēkļaugi

- |                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| 4. Mežvītenu aristolohija       | 12. Tūbainā roze         |
| 5. Jūrmalas armērija            | 13. Meža tulpe           |
| 6. Asinssarkanā dzegužpirkstīte | 14. Baltā ūdensroze      |
| 7. Plankumainā dzegužpirkstīte  | 15. Sniegbaltā ūdensroze |
| 8. Skarainā dzelzene            | 16. Mainīgā vainadzīte   |
| 9. Bezlapu epipogija*           | 17. Rudens vēlziede      |
| 10. Šultesa madara              | 18. Mazā zaļvāļīte       |
| 11. Martagonlilija              |                          |

## Sēnes

1. Kāpu tintene

## Dzīvnieki

### Zīdītāji

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Mazais cirslis | 4. Meža sicista   |
| 2. Meža cirslis   | 5. Mazais susuris |
| 3. Ūdens cirslis  |                   |

### Putni

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| 6. Vistu vanags             | 15. Lauku irbe          |
| 7. Zvirbuļu vanags          | 16. Ausainā pūce        |
| 8. Bikšainais klijāns       | 17. Mājas apogs         |
| 9. Peļu klijāns             | 18. Plivurpūce          |
| 10. Ķīķis (lapseņu klijāns) | 19. Pelēkā dzilna       |
| 11. Melnā klija             | 20. Baltmuguras dzenis  |
| 12. Niedru lija             | 21. Cekulainais cirulis |
| 13. Stepes lija             | 22. Ūdensstrazds        |
| 14. Kukaiņu piekūns         | 23. Lielā stērste       |

## Abinieki

24. Purva varde

Sarkanā grāmata ir permanents\* dokuments, kurā sniegtas ziņas par apdraudētajām sugām. Sarkano grāmatu var papildināt, atsevišķus objektus var no tās izslēgt. Konkrētus aizsardzības pasākumus nosaka valsts likumdošanas akti (par īpaši aizsargājamiem dabas objektiem, noteikumi par medībām, zveju u. c.), bet to rezultātus — likumdošanas aktu izpildes kontrole un cilvēku apzinīgums.

Daudzi putni necieš, ja tos traucē ligzdošanas laikā, tādēļ Sarkanajā grāmatā ierakstīto putnu pērēšanas periodā un Sarkanajā grāmatā ierakstīto dzīvnieku mazuļu izvešanas periodā aizliegta to fotografēšana.

\* Permanents — nepārtraukts, pastāvīgs.



Valsts pārvaldi vides aizsardzībā un dabas resursu izmantošanā Latvijas Republikā atbilstoši tās likumiem un citiem normatīvajiem aktiem realizē Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, kuras pakļautībā rajonos darbojas deviņas vietējās komitejas. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija izstrādā un kopīgi ar citām valsts pārvaldes institūcijām realizē vienotu vides veidošanas, aizsardzības un dabas resursu izmantošanas politiku, izdara valsts ekoloģisko ekspertīzi un nosaka vides aizsardzību garantējošās prasības, kā arī veic valsts kontroli pār vides aizsardzību un dabas resursu lietošanu valsts teritorijā, kontinentālajā šelfā un Baltijas jūras Latvijas Republikas ekonomiskajā zonā. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija arī pārziņina visus īpaši aizsargājamās Latvijas dabas objektus, izņemot Gaujas nacionālo parku, kas ir Mežu ministrijas pārziņā.

Vispārējos vides aizsardzības principus Latvijas Republikā nosaka 1991. gadā pieņemtais Latvijas Republikas likums par vides aizsardzību. Īpaši aizsargājamo dabas objektu izdalīšanu un saglabāšanu nosaka 1993. gadā pieņemtais likums par īpaši aizsargājamām dabas teritorijām. No citiem svarīgiem likumdošanas aktiem jāmin likums par valsts ekoloģisko ekspertīzi (1990) un likums par bīstamajiem atkritumiem (1993).

Latvija ir pievienojusies arī vairākām svarīgām starptautiskām konvencijām: Bāzeles 1989. gada konvencijai Par bīstamo atkritumu robežšķērsojošā transporta kontroli un utilizāciju, Vīnes 1963. gada konvencijai Civilā atbildība par kodolkaitējumu, Helsinku 1974. gada konvencijai Par Baltijas jūras vides aizsardzību, Helsinku 1992. gada konvencijai Par Baltijas jūras vides aizsardzību u.c.

## 6. CILVĒKA ANATOMIJA, FIZIOLOĢIJA UN HIGIĒNA

---

Kā augiem, tā dzīvniekiem un cilvēkam ir noteikta ārējā un iekšējā uzbūve. Anatomija ir zinātne, kas pēta organisma un visu tā orgānu uzbūvi un formu. *Cilvēka anatomija* ir mācība par cilvēka organisma uzbūvi. Anatomijas galvenās pētīšanas metodes ir apskate, iztaustīšana un preparēšana. Pat anatomijas nosaukums (gr. *anatemno* — sašķēlu, sadalu) norāda uz vienu no anatomijas pamatmetodēm — preparātu sadalīšanu, anatomēšanu.

Katrai dzīvai būtnei raksturīgi dažādi dzīvības procesi jeb funkcijas: vielmaiņa, augšana, vairošanās u. c.

Fizioloģija ir zinātne, kas pēta organisma un tā orgānu dzīvības funkcijas. *Cilvēka fizioloģija* pēta dzīvības procesu norises cilvēka organismā, kuras saistītas ar vielu un enerģijas maiņu, t. i., ar ķīmiskiem un fizikāliem procesiem. Tāpēc fizioloģisko procesu pētīšanā plaši lieto ķīmiskas un fizikālas metodes, kas bieži vien saistās ar sarežģītas aparatūras izmantošanu.

Fizioloģija ir ļoti cieši saistīta ar anatomiju, jo, lai izprastu daudzo dzīvības procesu norisi, jāzina organisma uzbūve.

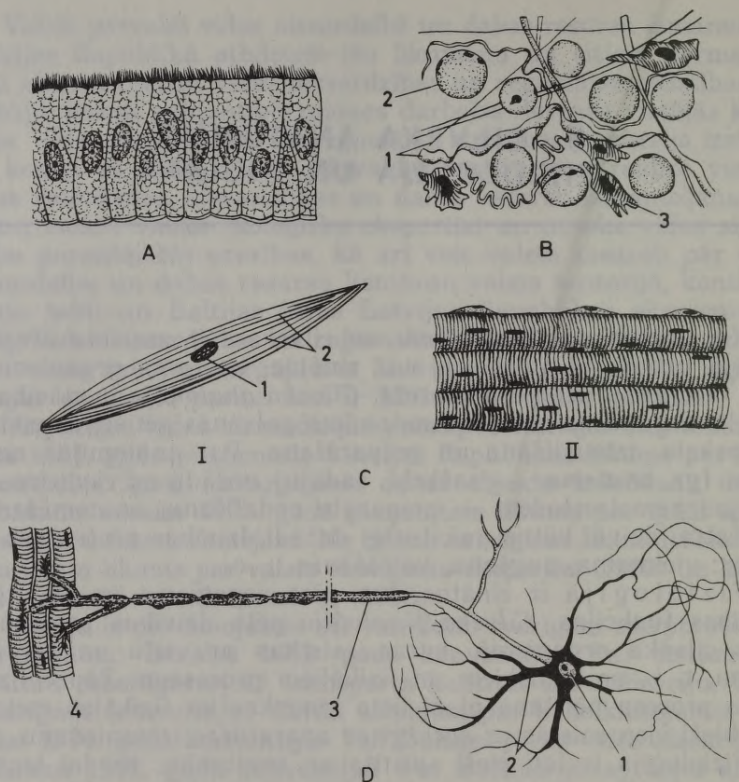
Kā anatomija, tā fizioloģija cieši saistīta arī ar higiēnu — zinātni par labvēlīgu apstākļu radīšanu veselības saglabāšanai, par darba un atpūtas pareizu organizāciju, par izsargāšanos no slimībām. Piemēram, lai noteiktu pareiza apgaismojuma normas, ir jāzina redzes fizioloģija.

Anatomijas, fizioloģijas un higiēnas pamati jāzina katram cilvēkam, jo mūsu veselība bieži vien atkarīga no pareiza režīma un higiēnas prasību ievērošanas. Pēdējos gadu desmitos sevišķi aktuāls kļūst jautājums par piesārņotas apkārtējās vides — augšnes, gaisa, ūdens un ar to saistīto augu un dzīvnieku valsts produktu ietekmi uz cilvēka veselību. Šī problēma izvirza higiēnai jaunus, svarīgus uzdevumus un saista to ar dabas aizsardzību.

### AUDI

Augu, dzīvnieku un cilvēka uzbūves pamatvienība ir šūna. Šūnas ar vienādu uzbūvi un kopīgu funkciju organismā sauc par audiem. Audos starp šūnām var būt *starpšūnu viela*, kurai nav šūnu struktūras.





47. att. Audi:

A — epitēlijaudi (vienkārtainais skropstīņepitēlijs); B — saistaudi (īrdenie šķiedrainie), 1 — šķiedras, 2 — tauku šūna, 3 — šķiedras veidotāja šūna; C — muskuļaudi, I — gludo muskuļu šūna, 1 — kodols, 2 — miofibrillas (viendabīgas), II — šķērssvītrotu muskuļu šķiedras, 1 — kodoli; D — nervaudi (nervu šūna — neirons), 1 — šūnas ķermenis, 2 — detriti, 3 — aksons ar mielīna apvalku, 4 — muskuļš.

Izšķir 4 dzīvnieku un cilvēka audu pamatgrupas: 1) *epitēlijaudus* jeb *segaudus*, 2) *saistaudus*, 3) *muskuļaudus* un 4) *nervaudus* (47. att.).

## EPITĒLIJAUDI

Epitēlijaudi sedz visu ķermeņa virsmu, veidojot ādas virsējo kārtu, kā arī izklāj iekšējo orgānu dobumus, piemēram, gremošanas un elpošanas sistēmas cauruļveida orgānus, urīnizvadceļus u. c. Bez tam epitēlijaudi veido arī dziedzeru secernējošo daļu.

Epitēlijaudiem vienmēr ir nepārtrauktu kārtu jeb slāņu uzbūve. Šūnas atrodas cita pie citas, un šajos audos gandrīz nemaz nav

starpšūnu vielas. Tāda uzbūve ir saistīta ar epitēlijaudu funkcijām:

1) aizsargfunkciju — epitēlijs aizsargā citus audus no mehāniskiem, temperatūras, ķīmiskiem un citiem kairinātājiem, kā arī neļauj organismā caur ādu iekļūt mikroorganismiem;

2) uzsūkšanas funkciju — piemēram, no zarnas dobuma caur zarnu epitēliju uzsūcas gremošanas traktā sašķeltās barības vielas, kā arī sāļi, vitamīni, ūdens;

3) izdalīšanas jeb sekretoro funkciju — dziedzeru epitēlija secernējošā daļa izdala šķidrums, piemēram, siekalu dziedzeri izdala siekalas, sviedru dziedzeri — sviedrus, asaru dziedzeri — asaras utt. Minētie dziedzeri savu sekrētu izdala vai nu ārējā vidē (asaras, sviedri), vai arī gremošanas traktā (gremošanas sulas). Tiem ir izvadkanāls, un tāpēc tos sauc par *ārējās sekrēcijas dziedzeriem*. Daļai dziedzeru (hipofīzei, vairogdziedzerim, virsnierēm u. c.) nav izvadkanālu. Šie dziedzeri savu sekrētu, kas satur bioloģiski aktīvas vielas — hormonus, ievada tieši asinīs, kuras bagātīgi caurasīgo dziedzerus. Šāda tipa dziedzerus sauc par *iekšējās sekrēcijas dziedzeriem*.

Pēc uzbūves epitēlijaudus iedala

1) *vienkārtainā epitēlijā* (viena šūnu kārtā). Šāds epitēlijs izklāj ķermeņa iekšējos dobumus. Bieži šīm šūnām pret dobumu vērstajā malā ir skropstiņas — līdz 200 skropstiņām vienai šūnai (skropstiņepitēlijs);

2) *daudzkārtainā epitēlijā* (daudzas šūnu kārtas). No šāda epitēlija sastāv, piemēram, ādas virsējais slānis, dziedzeru secernējošā daļa.

Pēc šūnu formas epitēlijaudus iedala *plakanajā, cilindriskajā, kubiskajā* un *cita veida epitēlijā*.

Epitēlijšūnas dalās un vairojas visā dzīves laikā. Tā, piemēram, ādas virspusē šūnas pārragojas, atmirst un nolibās, bet epitēlija dziļākajos slāņos tās veidojas no jauna. Arī zarnu un citu iekšējo orgānu epitēlijs regulāri atjaunojas. Tā ir organisma pielāgošanās, jo vides iedarbībā epitēlijšūnas nolietojas.

## SAISTAUDI

Pie saistaudiem jeb iekšējās vides audiem pieder kā uzbūves, tā funkcionālā ziņā daudzveidīgi audi, kas sastopami dažādos orgānos. Saistaudiem tomēr ir arī kopīgas pazīmes — atšķirībā no epitēlijaudiem to šūnas neatrodas cieši cita pie citas, starp tām ir starpšūnu viela. Starpšūnu vielai ir dažāda konsistence: tā ir šķidra un cieta (gan amorfa, gan šķiedraina), bet tai nav šūnu struktūras.

**Asinis** un **limfa** ir saistaudi, kuros starpšūnu viela (plazma) ir šķidra. Cilvēka asinsšūnas (formelementi jeb asinsķermenīši) aizņem 40—45%, bet plazma — 55—60% no kopējās asins masas.



Sīkāk asins sastāvs, asins plazma, formelementi un to funkcijas raksturotas nodaļā «Asinis».

**Irdenie šķiedrainie saistaudi** sastāv no šūnām, starp kurām atrodas dažādas šķiedras, kuras saista amorfa pamatviela.

Irdenajos šķiedrainajos saistaudos ir dažādas šūnas: gan šūnas, kas savu dzīvības procesu rezultātā veido šķiedras starpšūnu telpai, gan šūnas, kuras spēj fagocitēt un citoplazmā sagremo aprītās daļiņas (makrofāgi jeb lielās rijējšūnas), gan tauku šūnas, kurās kā rezerves viela uzkrājas tauki, gan pigmentšūnas, no kuru pigmenta atkarīga, piemēram, ādas krāsa.

Starpšūnu vielā izšķir *elastīgās* un *kolagēnās* jeb *lipekli veidotājas šķiedras*. No minēto šķiedru īpašībām atkarīga, piemēram, ādas elastība. Ja kolagēnās un elastīgās šķiedras atrodas blīvos kūlīšos un amorfās pamatvielās ir ļoti maz, tad veidojas cīpslas, saites un citi blīvi veidojumi.

Irdenie šķiedrainie saistaudi organismā plaši sastopami: tie saista muskuļaudu atsevišķās šķiedras, veido ādas slāni zem epitēlija, atrodas asinsvados, plaušās un citos orgānos, saista orgānus savā starpā utt.

**Skrimšļaudi** sastāv no šūnām un starpšūnu vielas, kuras sastāvā ietilpst dažādas šķiedras. Skrimslis klāj kaulu locītavu virsmas, veido trahejas un bronhu skrimšļa skeletu, auss gliemežnīcu, mugurkaula starpskriemeļu diskus u. c.

**Kaulaudi** ir saistaudu veids, kuros starpšūnu viela satur dažādas minerālsāļus un tāpēc ir ļoti cieta. Kaulaudi veido visu kaulu pamatmasu.

Kaulaudi sastāv no kaulu šūnām — *osteocītiem* — un starpšūnu vielas. Starpšūnu vielu veido amorfa pamatviela un šķiedras, uz kurām mikroskopisku kristālu veidā nogulsņējas  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ .

## MUSKUĻAUDI

Muskuļaudi veido muskulatūras slāni (zemākajiem dzīvniekiem), kā arī atsevišķus muskuļus, kas augstākajiem dzīvniekiem un cilvēkam piestiprinās pie skeleta. Muskuļaudu būtiskākā īpašība ir spēja sarauties (kontrahēties), ko nodrošina citoplazmas pavedieni — *miofibrillas*. Ar muskuļaudu līdzdalību dzīvnieki un cilvēks pārvietojas, fiksē pozu.

Muskuļaudi ietilpst arī iekšējo dobo un cauruļveida orgānu (kuņģa, zarnu, dzemdes, urīnpūšļa u. c.) sienu, kā arī asinsvadu un sirds sienas sastāvā, jo arī veģetatīvie jeb iekšējie procesi — gremošana, asinsrite u. c. — notiek ar muskulatūras līdzdalību. Piemēram, barības virzīšanu gremošanas traktā izraisa šo orgānu sienā esošās muskulatūras kontrakcijas, asins plūsmu asinsvados — sirds daļu saraušanās utt.

Muskuļaudus pēc to uzbūves un darbības īpatnībām iedala di-

vās grupās: *gludajos muskuļaudos* un *šķērssvītrotajos muskuļaudos*.

**Gludie muskuļaudi** veido iekšējo dobo un cauruļveida orgānu un asinsvadu sienas vidējo slāni. To uzbūves pamatvienība ir vārpstveida šūna, kuras garums — 60—100  $\mu\text{m}$ . Šūnai ir viens kodols, un tās citoplazmā atrodas daudz sīku paralēli novietotu pavedienu jeb miofibrillu. Apskatot gludos muskuļaudus mikroskopā, miofibrillas visā garumā izskatās vienādas (gludas), jo tās sastāv no viendabīgas vielas. No tā arī radies nosaukums — gludie muskuļi.

Gludie muskuļi kontrahējas lēnāk nekā šķērssvītrotie, bet spēj ilgstoši atrasties kontrakcijas stāvoklī. Šis muskulatūras darbību izraisa veģetatīvā nervu sistēma, kura darbojas automātiski, bez apziņas līdzdalības.

**Šķērssvītrotie muskuļaudi** veido skeleta muskuļus un sirds muskulatūru. To uzbūves pamatvienība ir *muskuļu šķiedra* (nevis šūna), kas pēc formas atgādina tievu cilindru, kura garums ir no dažiem milimetriem līdz 15 cm, bet diametrs — 10—100  $\mu\text{m}$ . Šķiedru no ārpuses klāj apvalks un piepilda citoplazma ar daudziem kodoliem. Pastāv uzskats, ka dzīvnieku evolūcijas gaitā šķērssvītrotie muskuļi šķiedras izveidojušās, saplūstot daudzām muskuļu šūnām, kad izzuda to starpsienas. Garos muskuļos vienas šķērssvītrotās šķiedras gals saistās ar nākamās šķiedras galu, veidojot struktūras un darbības vienību visā muskuļa garumā, kas, piemēram, dažos cilvēka muskuļos sasniedz līdz 60 cm.

Arī šķērssvītrotie muskuļi šķiedrā visā tās garumā stiepjas sīki pavedieni — miofibrillas. Tomēr šīs miofibrillas nav viendabīgas kā gludajos muskuļos, bet sastāv no tumšiem un gaišiem diskiem, kas regulāri seko cits aiz cita un atšķirīgi lauž gaismas starus. Šī iemesla dēļ katra miofibrilla un visa muskuļu šķiedra kopumā mikroskopā izskatās šķērssvītrotā. No tā arī radies nosaukums — šķērssvītrotie muskuļi.

Šķērssvītrotā muskulatūra kontrahējas straujāk nekā gludā, bet ātrāk nogurst. To invē somatiskā nervu sistēma. Šķērssvītrotās muskulatūras darbība ir apzināta.

**Sirds muskulatūra** veido īpatnēji šķērssvītrotie muskuļaudi, kuriem piemīt automātija, t. i., sirds var kontrahēties noteiktā ritmā neatkarīgi no nervu sistēmas. Sirds darbības ritma izmaiņas, pielāgojoties mainīgiem apstākļiem, izraisa veģetatīvā nervu sistēma, kuras darbība nav pakļauta gribai.

## NERVAUDI

Nervaudi veido dzīvnieku un cilvēka nervu sistēmu. Nervaudu galveno masu veido *nervu šūnas* jeb *neironi*. Starp neironiem galvas un muguras smadzenēs atrodas *neiroglijas šūnas*, kas izolē, balsta un, kontaktējoties ar kapilāriem, arī «baro» neironus.



Neironiem ir divas raksturīgas īpašības:

- 1) spēja uztvert kairinājumu (uzbudināmība);
- 2) spēja kairinājuma rezultātā radušos uzbudinājumu nervu impulsu veidā pārvadīt tālāk pa nervu sistēmu. Šai funkcijai ir pielāgota neirona uzbūve.

Nervu šūnas sastāv no ķermeņa un izaugumiem. *Nervu šūnu ķermenim* ir dažāda forma, bet visbiežāk — zvaigžņveida. No šūnas ķermeņa atiet *izaugumi*. Parasti neironiem ir daudz galos stipri zaroju izaugumu, kas vada nervu impulsu uz šūnas ķermeni. Šos izaugumus sauc par *dendrītiem* (lat. *dendron* — koks). Visām nervu šūnām ir tikai viens, parasti ļoti garš izaugums, kas vada nervu impulsu no šūnas ķermeņa prom. Šo izaugumu sauc par *aksonu* jeb *neirītu*.

Nervu šūnu ķermeni veido galvas un muguras smadzeņu, t. i., *centrālās nervu sistēmas* (CNS) *pelēko vielu*. Pelēkās vielas sakopojumus CNS iekšienē sauc par *kodoliem*, bet ārpusē (puslodēm, smadzenītēm) — par *garozu*. Bez neironu ķermeņiem, kas atrodas CNS, cilvēkam relatīvi neliels neironu skaits atrodas ārpus galvas un muguras smadzenēm tā saucamajos nervu mezglos jeb ganglijos.

Kā notiek nervu impulsa pārraide no neirona uz neironu?

Izrādās, ka viena neirona aksons kontaktējas ar cita neirona ķermeni vai dendrītiem. Saskares jeb kontakta vietas sauc par *sinapsēm*. Vidēji vienam neironam ir ap 2000 sinapšu. Sinapses var aizņemt līdz 25% no neirona virsmas. Savukārt katra nervu šūna saistās ar daudziem citiem neironiem, jo aksons galā sīki zarojas un dod arī sānu zarus («āķīšus»), kas veido sinapses.

Neironu izaugumu garums cilvēka organismā bieži sasniedz metru un vairāk. Tāpēc iespējama neironu saistība lielā attālumā, pa visu centrālo nervu sistēmu. Neironu izaugumus, kas klāti ar šūnas membrānai līdzīgu apvalku, sauc par *nervu šķiedrām*. Bez tam aksonus klāj arī izolējošs, biezs, balts mielīna apvalks. To veido lipīdi un olbaltumvielas, un tajā ir regulāras iežmaugas. Ja šādas nervu šķiedras, grupētas kūlišos, neiziet ārpus smadzenēm, tad tās veido galvas un muguras *smadzeņu balto vielu*. Tie ir vadītājceļi, kas saista savā starpā dažādus centrālās nervu sistēmas nodaļumus. Daļa nervu šķiedru, tāpat grupētas kūlišos un klātas ar izolējošo apvalku, iziet ārpus centrālās nervu sistēmas. Tie ir nervi, kas saista ķermeņa perifēriju ar centrālo nervu sistēmu. Cilvēka organismā ar galvas smadzenēm saistās 12 nervu pāri, bet ar muguras smadzenēm — 31 nervu pāris.

Tātad augstāko dzīvnieku un cilvēka nervu sistēmā nervu šūnu ķermeni veido galvas smadzeņu un muguras smadzeņu pelēko vielu un nelielu skaitu nervu mezglu jeb gangliju, bet to izaugumi — galvas un muguras smadzeņu balto vielu, kā arī visus nervus.

## ORGĀNI UN ORGĀNU SISTĒMAS

Audi veido orgānus. Orgāni ir organisma daļas, kurām ir noteikta forma, uzbūve, funkcija, attīstība un novietojums organismā. Piemēram, kaulu kā orgānu veido galvenokārt kaulaudi, bet tajā ietilpst arī nervi, asinsvadi, to pārklāj kaula plēve utt. Tātad orgāns nesastāv tikai no vienas audu grupas.

Orgānus, kas veic kopīgas funkcijas, apvieno orgānu sistēmā, piemēram, ir elpošanas, gremošanas un citu orgānu sistēmas.

Orgānu sistēmas kopumā veido vienotu organismu. Organisma pamatvienība ir šūna, kurā ietilpst kā organiskās, tā neorganiskās vielas. Tādējādi arī organisms kopumā, tāpat kā neorganiskā pasaule, sastāv no ķīmiskiem elementiem, kuri organismā veido gan neorganiskus, gan ļoti sarežģītus organiskus savienojumus. Dzīviem organismiem raksturīga nepārtraukta šo savienojumu sintēze un maiņa, kas notiek katrā šūnā ar tās organoīdu līdzdalību.

Tātad organismā izšķir uzbūves pamatvienības šādā gradācijā: ķīmiskie elementi→neorganiskās vielas→organiskās vielas→šūnas→audi→orgāni→orgānu sistēmas→organisms.

Dzīvie organismi veido biocenozes, kas ietilpst visas biosfēras sastāvā: organismi→biocenozes→biosfēra.

Saskaņā ar evolūcijas mācību dabas augstāko struktūrvienību izveidošanās ir gara attīstības (evolūcijas) procesa rezultāts, kas noticis uz Zemes.

## BALSTA UN KUSTĪBU ORGĀNU SISTĒMA

### SKELETS

Cilvēka kustību orgānu sistēma sastāv no *kauliem* un *muskuļiem*. Sistēmas pasīvo daļu veido kauli un kaulu savienojumi. Pieauguša cilvēka organismā ir vairāk nekā divi simti kaulu. Visu kaulu kopumu sauc par *skeletu*.

Skelets veic kustības, balsta funkciju un aizsargfunkciju. Visu mugurkaulnieku, to skaitā arī cilvēka ķermeņa asi un balstu sastāda kauli, skrimšļi un saites. Atsevišķas skeleta daļas veido dobumus (galvaskausa, mugurkaula, krūšu u. c.), kuros aizsargā dzīvībai svarīgus orgānus.

Kauli piedalās arī organisma vielmaiņā. Sevišķi intensīvi kaulos uzkrājas minerālvielas. Bez tam vairumā kaulu atrodas sarkanās kaulu smadzenes, kas veic asinsrades funkcijas.

Pieauguša cilvēka skeletā samērā daudz ir *skrimšļa*. Tas ir gluds un elastīgāks nekā kaulaudi, tāpēc saglabājas tajās skeleta



vietās, kur šī īpašība ir nepieciešama. Tā apmēram 1/3 no mugurkaula kustīgās daļas sastāda starpskriemeļu skrimšļu diski; ar skrimslis beidzas ribas. Skrimslis klāj bez izņēmuma visas locītavu virsmas, veido auss gliemežnīcu un atrodas vēl citās skeleta daļās.

Skrimslis skeletā novietojas plānā slānī, jo tajā neieiet ne asinsvadi, ne limfvadi, ne nervi. Vielmaiņa skrimslī notiek osmotiski caur skrimšļa plēvi.

## KAULI

**Kaulu īpašības un ķīmiskais sastāvs.** Kauliem piemīt it kā grūti savienojamas īpašības: elastība un cietība, kas nodrošina to lielu mehānisku izturību. Kaulu elastību var novērot ikdienas dzīvē, kad skeletam jāiztur triecieni, grūdieni, stiepieni. Kaulu cietību un mehānisko izturību var pārbaudīt eksperimentāli. Izrādās, ka cilvēka kauls iztur 30 reizes lielāku spiedienu nekā ķieģelis. Minētās īpašības nosaka kaulu ķīmiskais sastāvs un struktūrelementi.

Kauli satur *neorganiskās* (minerālvielas) un *organiskās vielas*. No minerālvielām tajos ir galvenokārt kalcija karbonāts un fosfāts. Organiskās vielas ietilpst kaulu šūnu un bezšūnu starpšūnu vielas («limvielas») sastāvā. Pieaugušu cilvēku kaulos ir apmēram 30% organisko vielu un 70% minerālvielu. Lielāka minerālvielu koncentrācija ir vienīgi zobos.

Eksperimentāli var pierādīt, ka organiskās vielas piešķir kauliem elastību, bet minerālvielas — cietību. Ja kaulu apmēram diennakti tur sālskābes šķīdumā, minerālvielas izšķīst. Šāds kauls ir ļoti mīksts un elastīgs: piemēram, ribu pēc turēšanas sālskābes šķīdumā var sasiet mezglā.

Kaulu dedzinot, sadeg organiskās vielas. Šāds kauls, ko veido tikai minerālvielas, saglabā savu formu, bet drūp no neliela spiediena — tātad kauls ir zaudējis elastību.

Organismam novecojot, attiecība starp organiskajām un neorganiskajām vielām kaulos izmainās. Bērniem minerālvielu koncentrācija ir mazāka nekā pieaugušajiem (30—50%). Bērnu kauli ir samērā mīksti un elastīgi, tāpēc tie lūst reti, biežāk deformējas. Turpretī veciem cilvēkiem minerālvielu daudzums kaulos pārsniedz pat 80%, tāpēc kauli ir cieti, bet reizē arī trausli, un rezultātā bieža parādība ir kaulu lūzumi.

**Kaulu kā orgānu** veido kaulaudi, kaula plēve, locītavu skrimslis, sarkanās un dzeltenās kaulu smadzenes, nervi, asinsvadi.

Visu kaulu virsmu, izņemot locītavas, no ārpusēs klāj *kaula plēve* — blīvs saistaudu apvalks, kas sastāv no diviem slāņiem. Ārējo — fibrozo slāni veido šķiedrainie saistaudi, un šim slānim ir aizsargfunkcija. Iekšējais — «kambija» slānis veidots no irdeņiem saistaudiem. Tas ir bagāts ar nerviem, asinsvadiem un

satur speciālas kaulu veidotājas šūnas, kurām daloties notiek kaula augšana resnumā un lūzumu saaugšana.

Locītavu virsmas, kur nav kaula plēves, kļāj 0,2—1,5 cm biezās locītavu skrimslis, kas mazina berzi locītavā kustību laikā.

Jaundzimušam bērnam kaulos ir tikai *sarkanās kaulu smadzenes*, kurās veidojas asinsķermenīši. Bērnam augot, sarkanās kaulu smadzenes daļēji nomainās ar *dzeltenajām*. Tā pieaugušam cilvēkam dzeltenās kaulu smadzenes piepilda visu cauruļveida kaulu dobumu, atvirzot sarkanās kaulu smadzenes kaulu galos porainajā kaulu vielā. Dzeltenās kaulu smadzenes veido irdenie saistaudi ar taukšūnām.

**Kaulu augšana garumā.** Organisma augšanas laikā (līdz 18—20 gadu vecumam) garajos kaulos starp to ķermeni un galiem šaura gredzena veidā saglabājas skrimšļa slānis. Šī skrimšļa šūnas dalās, un rezultātā kauls aug. Vienlaikus ar dalīšanos notiek arī šūnu pārkaulošanās skrimšļa gredzena abās pusēs, tādēļ slāņa biezums nepalielinās. Visam skrimslim pārkaulojoties, augšana apstājas.

**Kaulu forma.** Cilvēka skeletu veido 200—210 dažāda lieluma un formas kauli. Kaulu forma ir atkarīga no to funkcijas organismā. Kaulus pēc formas iedala garos, īsos, plakanos un jauktos kaulos.

*Garos* jeb *cauruļveida kaulu* garums ir daudzkārt lielāks par diametru, un to vidū ir dobums. Pie garajiem kauliem pieder vairums ekstremitāšu kaulu (augšdelma, elkoņa, spieķa, ciskas u. c.). Tie darbojas kā sviras, muskuļiem kontrahējoties.

*Cauruļveida kaulu* garums lielā mērā nosaka ekstremitāšu un visa ķermeņa garumu un proporcijas. Liliputu mazā auguma cēlonis ir nepietiekama kaulu šūnu vairošanās augšanas periodā — sakarā ar hormonāliem traucējumiem ir kavēta garo kaulu augšana.

*Īsajiem kauliem* ir vairāk vai mazāk izteikta kubiska forma. Pie šīs grupas pieder plaukstas pamata, pēdas pamata kauli u. c.

*Plakanos kaulus* veido divi plāni kaulu vielas slāņi, starp kuriem atrodas plāns porainās kaulu vielas slānis. Pie šīs kaulu grupas pieder lāpstiņas, krūšu kauls, ribas, iegurņa kauli, daudzi galvaskausa kauli u. c. Dažreiz porainās vielas vietā ir gaisu saturoši dobumi (piers kaulā, spārnkaulā, augšžoklī).

*Jauktajiem kauliem* ir nenoteikta forma, un atsevišķām kaula daļām ir minēto trīs grupu kaulu pazīmes. Jaukts kauls ir, piemēram, skriemelis.

## KAULU SAVIENOJUMI

Zemākajiem mugurkaulniekiem, piemēram, zivīm, raksturīgs tikai viens kaulu savienojumu veids — mazkustīgs savienojums — kaulu saaugums ar skrimslī vai kaulu. Tikai abiniekiem,



rāpuļiem, putniem un zīdītājiem reizē ar kustību komplicēšanos parādās jauns kaulu savienojuma veids — kustīgs savienojums jeb locītava.

Cilvēka embrijam locītavas veidojas attīstības pēdējās stadijās, uzsūcoties saistaudiem, kas savieno kaulus. Rezultātā starp kauliem izveidojas spraugveidīgs dobums, ko no ārpusē apņem saistaudu kapsula. Tā veidojas locītavas sākuma stadijā.

Pēc attīstības, uzbūves un funkcijas visus kaulu savienojumus var iedalīt 2 grupās:

1) *nepārtraukts kaulu savienojums* — nekustīgs vai mazkustīgs; dzīvnieku attīstības gaitā vecākais kaulu savienojumu veids;

2) *pārtraukts kaulu savienojums* — kustīgs, dzīvnieku attīstības gaitā jaunākais kaulu savienojums.

**Nepārtrauktajiem kaulu savienojumiem** ir trīs veidi.

1. *Nepārtrauktais kaulu savienojums ar saistaudiem*, piemēram, šuves starp galvaskausa kauliem.

2. *Nepārtrauktais kaulu savienojums ar skrimšļaudiem*. Skrimšļaudiem piemīt elastība un saspiēzamība, tādēļ šāds savienojums nodrošina nelielu kustību iespēju starp kauliem. Tāds savienojums ir, piemēram, mugurkaula kustīgajā daļā starp skriemeļu ķermeņiem. Skrimšļa elastība nodrošina mugurkaula saliekšanās iespēju; veidojas mazkustīgs kaulu savienojums.

3. *Nepārtrauktais kaulu savienojums ar kaulaudiem*. Šādā veidā kauli savienoti nekustīgi. Tā, piemēram, 25—30 gadu vecumā skriemeļi ar kaulaudiem saaug krustu kaulā, tāpat saaug arī trīs kauli, kas veido iegurņa kaulu, u. c. Šāda pārkaulošanās maksimāli palielina minēto kaulu izturību pret slodzi.

**Locītava** ir pārtraukta kaulu savienojuma veids, jo starp kauliem atrodas spraugveidīgs dobums. Katrā locītavā ir trīs elementi: *locītavas virsmas*, *locītavas somiņa* un *locītavas dobums*.

Katra kaula locītavas virsmu klāj *locītavu skrimslis*. Tas ir gluds un nodrošina saskares virsmu labu slidēšanu kustību laikā. Locītavas virsmas pēc formas atbilst viena otrai — ja viena kaula virsma ir izliekta, tad otra ir attiecīgi ieliekta. Locītavas forma ir galvenais faktors, kas nosaka kustību iespējas locītavās.

Locītavas somiņa hermētiski norobežo locītavas dobumu. Locītavas somiņa sastāv no diviem slāņiem — no ārējā apvalka, kura galvenā nozīme ir aizsargfunkcija, un no iekšējā slāņa, kas ir ļoti bagāts ar asinsvadiem un locītavas somiņas iekšpusē izdala caurspīdīgu viskozu šķidrumu — *sinoviju*. Sinovijs samitrina un «ieeļļo» locītavas virsmas, tā mazinot berzi. Dažādu traumu gadījumos sinovijs var izdalīties pastiprināti un locītava pietūkst («celi ūdens»).

Locītavas dobums ir spraugveida, hermētiski noslēgta telpa starp locītavu virsmām. Šajā telpā nav gaisa, nav atmosfēras spiediena, bet ir neredzams sinovija. Locītavas somiņas iekšpusē spiediens ir mazāks par atmosfēras spiedienu. Tādējādi ārējais

atmosfēras spiediens ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka locītavu izturību un kavē viena kaula atraušānu no otra. Zinot šo locītavu īpašību (negatīvs spiediens locītavas iekšpusē), kļūst skaidrs, kādēļ tik krasi ārējā atmosfēras spiediena maiņas izjūt saslimušas locītavas.

Locītavu forma. Viens no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka kustību iespējas locītavā, ir kaulu virsmu forma. Pēc kustību iespējām visas locītavas iedala vienass, piemēram, starp pirkstu falangām, kā arī celi u. c.; divasu, piemēram, locītavas plaukstas pamatā, galvaskausa pamatā u. c.; un daudzasu locītavās, piemēram, pleca locītava starp lāpstiņu un augšdelma kaulu. Tā ir viskustīgākā cilvēka locītava.

### CILVEKA SKELETA UZBOVE

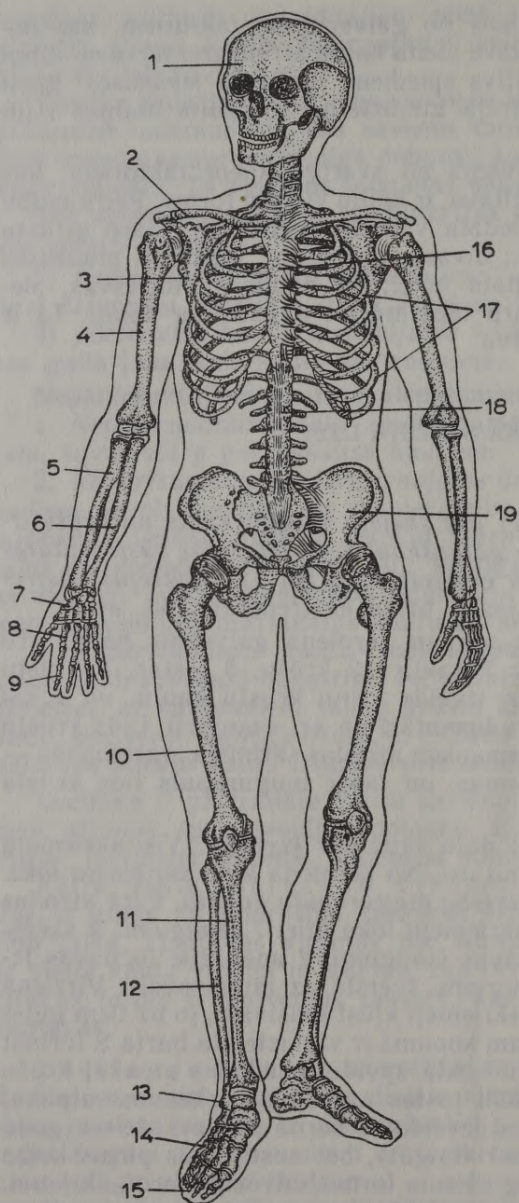
Cilvēka skeletā izšķir 1) *ass skeletu* (mugurkauls un krūškurvis), 2) *galvas skeletu* jeb *galvaskausu*, 3) *augšējās ekstremitātes skeletu* (plecu josla, brīvā ekstremitāte) un 4) *apakšējās ekstremitātes skeletu* (iegurņa josla, brīvā ekstremitāte; 48. att.).

**Mugurkauls** ir skeleta ass un ķermeņa galvenais balsts. To veido 33 vai 34 *skriemeļi*: 7 kakla, 12 krūšu, 5 jostas, 5 krustu skriemeļi, kas saauguši un izveido vienu krustu kaulu, un 4 vai 5 astes skriemeļi, kuri ir rudimentāri un arī saauguši. Līdz krustu kaulam starp skriemeļu ķermeņiem atrodas skrimšļa starpkārtas — plāksnītes, kas ir saspiežamas, un tāpēc mugurkauls līdz krustu kaulam ir lokans.

Skriemeļa masīvāko daļu sauc par *ķermeni*. Visi skriemeļu ķermeņi kopā veido *ķermeņa asi*. No ķermeņa atiet *skriemeļa loks*. Visu skriemeļu loki kopā izveido *mugurkaula kanālu*, kurā atrodas muguras smadzenes. No skriemeļu loka atiet 7 *izaugumi*: 2 šķērš-izaugumi, 2 augšējie locītavas izaugumi, 2 apakšējie locītavas izaugumi un 1 smaīlais izaugums (vērst uz mugurpusi). Virzienā no kakla uz jostas apvidu skriemeļi kļūst masīvāki, jo uz tiem gulst lielāka slodze. Mugurkaulam kopumā ir vāji izteikta burtā S forma: tam ir izliekums uz priekšu kakla apvidū, izliekums atpakaļ krūšu apvidū, izliekums uz priekšu jostas apvidū un izliekums atpakaļ krustu apvidū. Šie izliekumi izveidojas bērna pirmajā dzīves gadā (noturot galvu, sēžot, sākot staigāt), bet nostiprinās pirmsskolas un skolas gados. Šāda mugurkaula forma, cilvēkam lecot, skrienot, kā atspere amortizē triecienus iekšējiem orgāniem, galvas smadzenēm, kā arī palielina krūškurvja un iegurņa tilpumu.

Patoloģiskos gadījumos, bērnībā nepareizi sēžot skolas solā, nesot smagumus vienā rokā utt., izveidojas mugurkaula izliekums uz sāniem (skolioze), kas vissmagākajos gadījumos pat izraisa kupri. Tāpēc bērnībā un jaunībā, kad skelets ir visai plastisks, stingri jāievēro higiēnas prasības arī šajā ziņā.





48. att. Skelets:

1 — galvaskauss, 2 — atslega, 3 —  
lāpstiņa, 4 — augšdelma kauls, 5 —  
spieķkauls, 6 — elkoņa kauls, 7 —  
plaukstas pamata kauli, 8 — plaukstas  
kauli, 9 — pirkstu kauli, 10 — ciskas  
kauli, 11 — lielais lielakauls, 12 —  
mazais lielakauls, 13 — pēdas pamata  
kauli, 14 — pēdas kauli, 15 — pirkstu  
kauli, 16 — krūšu kauls, 17 — ribas,  
18 — mugurkauls, 19 — iegurņa  
kauli.

Krūškurvi veido 12 krūšu skriemeļi, 12 ribu pāri un krūšu kauls, pie kura ar skrimšļa līdzdalību piestiprinās 10 ribu pāri (2 pēdējie ribu pāri nepievienojas krūšu kaulam). Ribas mugurējā daļā ir galviņa, kura ieiet bedrītē starp 2 krūšu skriemeļu ķermeņiem. Vei-

dojas locītava, kas darbojas, ribām paceļoties ieelpā un nolaižoties izelpā.

**Galvaskauss** sastāv no 23 kauliem; vairums no tiem ir pāra kauli. Kauli savienoti nekustīgi, ar šuvēm. Izņēmums ir vienīgi apakšžoklis, kas veido locītavu ar deniņu kaulu auss priekšpusē.

Galvaskausam izšķir *smadzeņu daļu* (relatīvi vislielākā cilvēkam) un *sejas daļu*.

Galvenie *smadzeņu daļas* kauli ir *1 pieres, 2 paura, 1 pakauša, 2 deniņu kauli* un *spārnkauls*.

Galvaskausa *sejas daļā* ir daudz samērā nelielu kaulu. Lielākie no tiem ir *1 apakšžokļa* kauls un *2 augšžokļa, 2 vaigu kauli, 2 deguna kauli* u. c.

**Augšējās ekstremitātes skelets.** Pleca joslu katrā pusē veido 2 kauli: *lāpstiņa*, kas piegulst krūškurvim aizmugurē, un *atslēga*, kas pleca rajonā savienojas ar lāpstiņas izaugumu un centrālā galā — ar krūšu kaula rokturi. Lāpstiņas ārējā stūrī ir locītavas virsma augšdelma kaula lodveida galviņai. Starp abiem kauliem izveidojas *pleca locītava* (lodveida) ar lielām kustību iespējām.

Brīvajai augšējai ekstremitātei — rokai — ir 3 daļas: augšdelms, apakšdelms un plauksta.

*Augšdelma skeletu* veido viens kauls — augšdelma kauls, kas elkoņa rajonā veido locītavu ar diviem apakšdelma kauliem — ar *spieķkaulu* (novietots pret īkšķi) un *elkoņa kaulu* (pret mazo pirkstiņu). *Plaukstas pamatā* ir 8 īsi kauliņi, *delnas rajonā* ir 5 pēc formas gari kauli. Katra *pirksta skeletu* veido trīs pirkstu kauli jeb falangas, izņemot īkšķi, kuram ir divi pirkstu kauli.

**Apakšējās ekstremitātes skelets.** Iegurņa joslu veido divi masīvi *iegurņa kauli*, kuri priekšpusē savienojas savā starpā, bet mugurpusē pievienojas abās pusēs krustu kaulam, veidojot mazkustīgu locītavu. Katram iegurņa kaulam ir ļoti dziļa locītavas bedrīte, kurā ieiet ciskas kaula lodveida galviņa.

Brīvajai apakšējai ekstremitātei — kājai — ir trīs daļas: augšstilbs, apakšstilbs un pēda.

*Augšstilba skeletu* veido viens *ciskas kauls*, kas ceļa rajonā veido locītavu ar *lielo lielakaulu*. *Mazais lielakauls* atrodas *stilba skeleta* ārējā malā un pievienojas pie lielā lielakaula zem ceļa locītavas. Ceļa locītavas priekšpusē ir mazs plakans kauliņš — *ceļa skriemelis*, kas ietverts četrgalvu muskuļa cīpslā, dodot papildu atbalsta punktu šai cīpslai un aizsargājot ceļa locītavu.

*Pēdas pamatu* veido 7 pēc formas īsi kauli, no kuriem lielākais ir *papēža kauls*, *pēdu* — 5 gari kauli un *pirkstus* — katru trīs pirkstu kauli, izņemot īkšķi, kuram ir divi pirkstu kauli. Visi 26 kauli, kas veido pēdu, kopumā izveido it kā velvi, kas raksturīga tikai cilvēkam un dažiem augstākajiem pērtiķiem. Pēdas velve balstās pret zemi, nepieskaroties tai ar pēdas iekšējo malu. Tāda pēdas uzbūve izveidojusies sakarā ar cilvēka vertikālo stāju. Šāda pēdas forma amortizē slodzi. Cilvēki, kuriem šī velve ir deformēta («plakanā pēda»), ejot nogurst ievērojami ātrāk.



Lai neveidotos šāds stāvoklis, ieteicams pēdu vingrināt, piemēram, paceļot ar kājas pirkstiem no zemes nelielus priekšmetus.

Daudz ieteicams staigāt ar basām kājām. Ja plakanā pēda tomēr izveidojusies, to labo, izmantojot īpašus ortopēdiskos apavus.

## MUSKUĻI

Muskuļi ir kustību orgānu sistēmas aktīvā daļa. To galvenā funkcija ir *saraušanās*, kuras rezultātā organisms pārvietojas un veic darbu. Šis darbs ir dinamisks, ja muskuļu saraušanās rezultātā notiek kustība, vai statisks, ja, muskulim saraujoties, kustība nenotiek, bet tiek turēts vai nests smagums, noturēts ķermeņa vertikālais stāvoklis. Kā dinamisku, tā statisku darbu veic skeleta muskulatūra, kas apņem skeletu no ārpuses. Tajā ir vairāk nekā 400 (vairums pāra) muskuļu, kas sastāda apmēram 2/5 ķermeņa masas. Šo muskulatūru veido šķērssvītrotie muskuļi, tās darbība ir pakļauta gribai.

Katru muskuļi no ārpuses apņem saistaudu apvalks — *fascija*, kas muskuļa galos pāriet *cipslās*. Ar cipslām muskuļi piestiprinās pie kauliem. Lai notiktu kādas ķermeņa daļas kustība, muskuļa vienam galam jābūt piestiprinātam virs locītavas, bet otram — zem tās. Reizēm muskuļi šķērso vairākas locītavas.

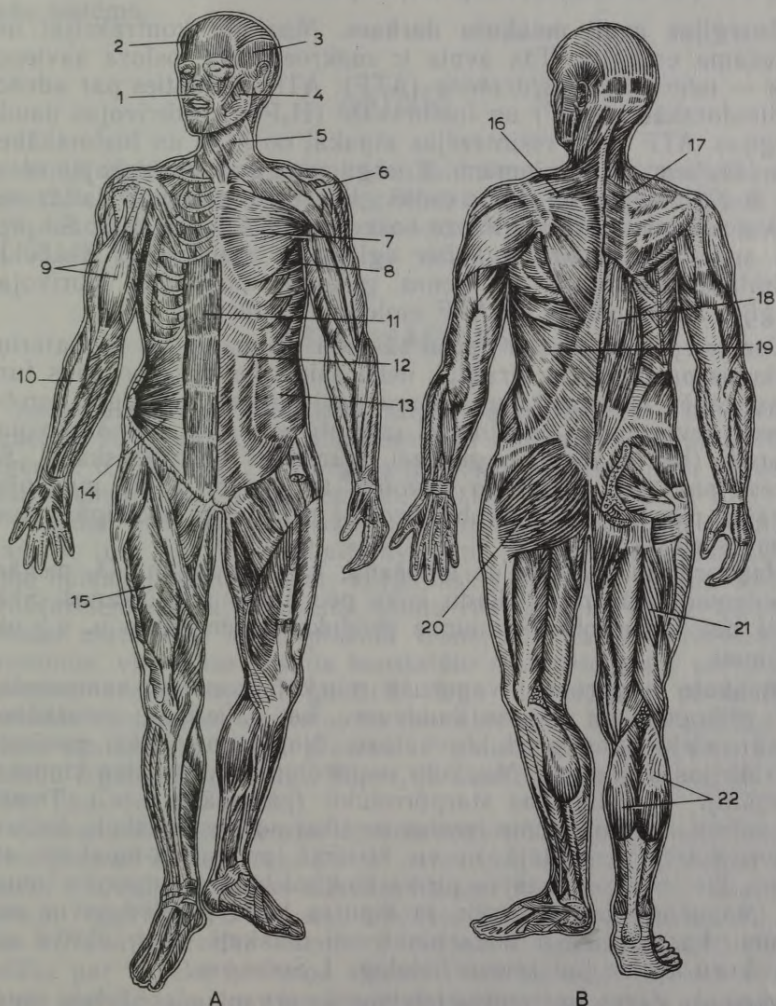
**Muskuļu darbība** ir reflektoriska. Piemēram, nejauši pieskaroties karstam priekšmetam, roku atraujam. Kāpēc tas notiek? Karstais priekšmets kairina ādā esošos receptorus. Kairinājuma laikā veidojas uzbudinājums, kura rezultātā mainās nervu šūnas membrānas atsevišķu jonu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  u. c.) caurlaidība. Rezultātā jonu plūsmas izraisa membrānas elektriskā potenciāla izmaiņas, kas nervu impulsu veidā izplatās pa nervu šķiedru. Centrīces nervu šūnu izaugumi novada nervu impulsu līdz centrālajai nervu sistēmai (muguras un galvas smadzenēm). Te nervu impulsi tiek nodoti centrālās neironiem. Šo neironu izaugumi nervu sastāvā pienāk pie muskuļiem un zarojas pie muskuļu šķiedrām. Nervu impulss izraisa muskuļu šķiedru un reizē visa muskuļa saraušanos kā organisma atbildes reakciju uz sākuma kairinātāju — temperatūru.

Organisma atbildes reakcijas uz kairinātājiem, kuras noris ar centrālās nervu sistēmas līdzdalību, sauc par refleksiem. Sīkāk šis jautājums apskatīts nodaļā «Nervu sistēma».

**Muskuļu forma.** Pēc formas muskuļus iedala *garos* (vairums ekstremitāšu muskuļu u. c.), *īsos* (ribstarpu muskuļu, muskuļi starp skriemeļu izaugumiem u. c.), *platos* (vairums ķermeņa muskuļu) un *gredzenveida muskuļos* (ap mutes atveri, acs dobumu u. c.). Garajiem muskuļiem izšķir galvu (ķermeņa asij tuvāko galu), kas sākas ar cipslu, kā arī vēderiņu un asti (ķermeņa asij tālāko galu), kas pāriet cipslā.

**Cilvēka ķermeņa galvenās muskuļu grupas.** Skeleta muskuļus

atkarībā no novietojuma iedala vairākās grupās: 1) *galvas muskuļos*, kurus savukārt iedala *košanas* un *mimikas muskuļos* (mimikas muskuļiem ir ļoti liela loma cilvēka emociju izpaušmē), 2) *kakla muskuļos*, 3) *ķermeņa* (krūšu, vēdera, muguras) *muskuļos* un 4) *ekstremitāšu muskuļos* (49. att.).



49. att. Muskuļi:

A — no priekšpuses, B — no mugurpuses; 1 — mutes gredzenmuskulis, 2 — pieres muskulis, 3 — deniņu muskulis, 4 — košļāšanas muskulis, 5 — kakla ādas muskulis, 6 — deltveida muskulis, 7 — lielais krūšu muskulis, 8 — zobainais muskulis, 9 — augšdelma divgalvainais muskulis, 10 — plaukstas salieciējmuskulis, 11 — taisnais vēdera muskulis, 12 — taisnā vēdera muskuļa maksts, 13 — vēdera ārējais slīpais muskulis, 14 — vēdera iekšējais slīpais muskulis, 15 — ciskas taisnais muskulis, 16 — trapecmuskulis, 17 — rombveida muskulis, 18 — muguras iztaisnotāji muskuļi, 19 — platais muguras muskulis, 20 — lielais gūžas muskulis, 21 — ciskas divgalvainais muskulis, 22 — ikrū muskulis.



**Muskuļu darbs.** Parasti katrā kustību aktā piedalās muskuļu grupa. Muskuļus, kas veic vienu darbu, piemēram, elkoņa locītavas saliekšanu, sauc par *sinerģistiem*, bet muskuļus, kuri veic pretēju darbību (elkoņu locītavas iztaisnošanu), sauc par *antagonistiem* attiecībā pret pirmo grupu. Šādas muskuļu grupas raksturīgas ekstremitātēs; muskuļu grupas, kas izraisa pretēju darbību, atrodas ekstremitātes pretējās pusēs.

**Enerģijas avoti muskuļu darbam.** Muskuļu kontrakcijai nepieciešama enerģija. Tās avots ir makroergisks fosfora savienojums — *adenozintrifosforskābe* (ATF). ATF sadaloties par adeno-zīndifosforskābi (ADF) un fosforskābi ( $H_3PO_4$ ), atbrivojas daudz enerģijas. ATF atkal resintezējas atpakaļ no ADF un fosforskābes organiskajiem savienojumiem. Enerģiju šai endotermiskajai reakcijai dod glikogēns un asinis esošā glikoze. Ja skābekļa daudzums muskuļos ir pietiekams, glikoze noārdās līdz  $CO_2$  un  $H_2O$ . Šo procesu sauc par *aerobo glikolīzi* (glikozes noārdīšanās skābekļa klātbūtnē). Rezultātā no vienas glikozes molekulas atbrīvojas enerģija, kuras pietiek 40 ATF molekulu sintēzei.

Tomēr spraiga fiziska darba sākumā vielmaiņa un  $O_2$  patēriņš muskuļos paaugstinās straujāk nekā asinsrites un elpošanas funkcijas, tāpēc makroergisko fosfora savienojumu resintēze aerobā procesā nevar notikt. Resintēzei izmanto enerģiju, kas atbrīvojas anaerobi (bez skābekļa), glikozei noārdoties līdz pienskābei. Šo procesu sauc par *anaerobo glikolīzi*, un tās rezultātā muskuļos uzkrājas pienskābe. Anaerobie procesi raksturīgi īslaicīgām kustībām (sprints).

Pastiprinātu asinsriti un elpošanu, kas paaugstina  $O_2$  piegādi organismam, novēro arī kādu laiku pēc darba pabeigšanas. Skābeklis tiek izmantots vielmaiņas produktu (pienskābes u. c.) oksidēšanai.

**Muskuļu nogurums.** Nogurušā muskulī konstatē samazinātu ATF, glikogēna un K jonu daudzumu, bet palielinātu pienskābes un citu vielmaiņas produktu saturu. Noguruma laikā muskuļu kontrakcijas ir sāpīgas. Muskuļu nogurumu tād izraisa ķīmiskie kairinātāji — vielmaiņas starpprodukti (pienskābe u. c.). Tomēr noskaidrots, ka nogurumu izraisa ne tikai norises muskulī, bet arī (galvenokārt) centrālajā nervu sistēmā un nervu-muskuļu sinapsēs. Šis norises iestājas pirms bioķīmiskajām izmaiņām muskulī. Nogurums pāriet ātrāk, ja atpūtas laikā pārslēdzas uz nodarbību, kuras laikā ir nodarbināti citi muskuļi. Tā ir aktīvā atpūta, kuru ieteica jau krievu fiziologs I. Sečenovs.

**Muskuļu darba un treniņa ietekme uz organismu.** Skeleta muskuļu darbs ietekmē visu organismu. No pieredzes zinām, ka fizisks darbs ietekmē asinsriti, elpošanu, ēstgribu u. c. Svarīgi, ka fiziska slodze trenē un norūda nervu sistēmu.

Bezdarbībā, piemēram, pēc lūzumiem iegipsētā kājā, muskuļi atrofējas, samazinās to masa, turpreti darba, treniņu ietekmē muskuļu masa pieaug. Tas savukārt palielina muskuļu spēku. Treniņa

laikā izstrādājas vislabākais kustību ritms, koordinācija. Trenēta cilvēka organisms labāk izmanto skābekli, palielinās plaušu dzīvības tilpums. Treniņā attīstās asinsrites un elpošanas ātras pielāgošanās reakcijas. Rezultātā nogurums iestājas vēlāk.

Garīgā darba strādniekiem fiziski treniņi jāturpina visu mūžu, jāstrādā pēc iespējas daudz fiziska darba. Regulāras muskuļu kustības novērš priekšlaicīgu novecošanos, it īpaši sirds un asinsvadu sistēmā.

## ASINIS

Asinis kopā ar limfu un audu šķidrumu veido organisma iekšējo vidi. Pieauguša cilvēka organismā ir 5—6 l asiņu. No šī kopējā daudzuma 40—45% ir asins formelementi — *asinsķermenīši*, bet 55—60% ir šķidra starpšūnu viela — *asins plazma*.

### ASINS SASTĀVS

**Asins plazma** ir iedzeltens, stīgrs šķidrums, kura sastāvā ir apmēram 90% ūdens, 7% olbaltumvielu (albumīni, globulīni, fibrinogēns), 0,8% tauku, 0,1% glikozes, 0,9% minerālvielu, ko veido makroelementi un mikroelementi, 0,03% urīnvielas u. c.

Plazmā ietilpstošo ķīmisko savienojumu un ķīmisko elementu skaits ir ļoti liels. Bez olbaltumvielām, polipeptīdiem, aminoskābēm, lipīdiem, ogļhidrātiem, kurus asins plazma pievada šūnām struktūrelementu atjaunošanai, jaunu vielu sintēzei un arī kā enerģētisko materiālu, asins plazma transportē dažādus fermentus, hormonus, vitamīnus. Asinīs konstatēto makroelementu un mikroelementu spektrs aptver gandrīz visus Mendeļejeva periodiskās sistēmas elementus. Uzskata, ka nav šķidruma ar sarežģītāku ķīmisko sastāvu kā asins plazma. Praktiski nav iespējams asins plazmu izgatavot mākslīgi. Tāpēc, ja zaudēts daudz asiņu, cilvēku glābj tikai donora asinis.

**Sarkano asinsķermenīšu** jeb **eritrocītu** no asins formelementiem asins plazmā ir visvairāk: 1 mm<sup>3</sup> asiņu to ir 4—5 milj. Eritrocīti ir vienas no vismazākajām cilvēka šūnām: to diametrs ir tikai apmēram 7 μm. Tiem ir abpusēji ieliekta lēcas forma. Aprēķināts, ka visu cilvēka eritrocītu summārā virsma ir apmēram 1500 reizes lielāka par cilvēka ķermeņa virsmu. Nobriedušiem cilvēka eritrocītiem nav kodola, un visa to citoplazma ir maksimāli piesātināta ar dzelzi saturošu sarkanu pigmentu — hemoglobīnu (Hb). Hemoglobīns viegli pievieno skābekli un transportē to. CO<sub>2</sub> galvenokārt transportē asins plazma, bet veidojas arī oglekļa dioksīda savienojums ar hemoglobīnu. Hemoglobīna savienojumi ar skābekli un oglekļa dioksīdu viegli sadalās (disociē) atkarībā no gāzes koncentrācijas vidē. Tā audos, kur O<sub>2</sub> koncentrācija maza, no



hemoglobīna atbrīvojas skābeklis, bet plaušās, kur  $O_2$  koncentrācija augsta, — oglekļa dioksīds.

Eritrocītu dzīves ilgums ir 3—4 mēneši. To sabrukšanas produktus izdala ar žulti. Jauni eritrocīti nepārtraukti veidojas sarkanajās kaulu smadzenēs, kuru kopējā masa pieaugušam cilvēkam ir apmēram 1,5 kg. Tātad eritrocīti veidojas nepārtraukti, visu mūžu: ik sekundi asins plūsmā nonāk vairāki miljoni jaunu, nobriedušu eritrocītu. Diennaktī cilvēka organismā izveidojas 200—250 miljardi jaunu eritrocītu.

Samazinoties eritrocītu un hemoglobīna daudzumam (vai vienam no tiem), cilvēks saslimst ar *mazasinību* (anēmiju). Mazasinīgiem cilvēkiem ir pasliktināta asins apgāde ar skābekli.

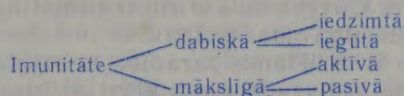
**Baltie asinsķermenīši** jeb **leikocīti** ir daudzveidīgas šūnas ar kodolu. Izšķir leikocītus ar bezgraudainu citoplazmu un leikocītus ar graudainu citoplazmu. Variē arī leikocītu kodola forma. Viens no leikocītu veidiem — *limfocīti* — ir šūnas, kas sastopamas arī limfā. 1 mm<sup>3</sup> asiņu ir 4000—8000 leikocītu. Leikocīti ir lielāki par eritrocītiem (līdz 20 μm diametrā). Dažām leikocītu formām dzīves ilgums ir tikai 2—3 dienas. Leikocīti veidojas sarkanajās kaulu smadzenēs.

Leikocītu forma mainās tāpat kā amēbai, un tie spēj amēbveidīgi pārvietoties. Tā, piemēram, leikocīti spēj iziet cauri asinsvadu kapilāru sienīņai, kas sastāv no vienas šūnu kārtas, šīs šūnas it kā atbīdot. Ārpus kapilāriem tie aktīvi virzās uz iekaisuma vietām, bojātiem, iekaisušiem audiem. Leikocīti satur fermentus, kas piedalās organismā iekļuvušo mikroorganismu, kā arī paša organisma bojāto, atmirstošo asinsvadu sagremošanā. Cilvēka dzīves laikā organismā ļoti daudz šūnu noveco, atmirst, to vietā veidojas jaunas. Leikocīti novērš organisma piesārņošanu ar šādiem atmirušiem produktiem, kā arī iznīcina organismā iekļuvušos svešķermeņus.

Leikocītu spēju ietvert un sagremot svešķermeņus vai to daļas pirmo reizi novērojis un aprakstījis I. Mečņikovs, kurš šo parādību nosauca par *phagocitozi*. Mikroorganismu producēto indīgo vielu iedarbības rezultātā bieži iet bojā arī leikocīti — veidojas strutas. Bez tam organisma aizsargreakcija notiek ar leikocītu izstrādātajām aizsargvielām — *antivielām*, kas neitralizē slimību ierosinātos mikroorganismus un vīrusus. Antivielu (imūnglobulīnu) sintēzi ierosina *antigēns* — kāds slimību ierosinātais mikroorganisms vai vīruss. Galvenā antivielu īpatnība ir to spēja specifiski reaģēt ar atbilstošu antigēnu, padarot to neaktīvu. Tā rezultātā veidojas organisma neuzņēmība — *imunitāte* pret kādu infekcijas slimību.

Izšķir dabisko imunitāti, kas ir iedzimta vai arī iegūta pēc pārciestas slimības, un mākslīgo imunitāti, kura iegūta, iepotējot profilaktisku vakcīnu (novājinātus slimības ierosinātos mikroorganismus) vai gatavas aizsargvielas (antivielas), kas

iegūtas no mākslīgi inficētiem dzīvniekiem. Pirmajā gadījumā veidojas *aktīvā*, otrajā — *pasīvā mākslīgā imunitāte*.



*Dabiskā iedzimtā imunitāte* ir ļoti stabila, raksturīga visai sugai un ir saistīta ar iedzimtām organisma bioloģiskām īpatnībām, piemēram, visi cilvēki ir imūni pret daudzām dzīvnieku slimībām (piemēram, cūku mēri u. c.).

*Dabiski iegūtā imunitāte* rodas organisma dzīves laikā, pēcnācēji to nepārmanto. Šāda imunitāte var būt īslaicīga, bet var arī saglabāties visu mūžu: piemēram, ar masalām, cūciņu cilvēki parasti otrreiz nesaslimst.

*Aktīvas mākslīgās imunizācijas* gadījumā, iepotējot vakcīnu, mākslīgi ierosina organismu izstrādāt attiecīgas antivielas. Aktīvo mākslīgo imunitāti izveido tad, ja infekcija nedraud tūlīt un organismam pietiek laika izstrādāt antivielas (bernu vakcinācijas pret tuberkulozi, poliomiēlītu u. c.). Plaši pasaules mērogā izvērstās vakcinācijas rezultātā ir pilnīgi izskausta tāda slimība kā bakas (jau 1977. gadā).

Gatavas antivielas ievada (veic pasīvo mākslīgo imunizāciju) tad, kad aizsargefekts vajadzīgs tūlīt: piemēram, visām personām pēc tuvas saskares ar difterijas slimniekiem ievada antiserumu pret šīs slimības ierosinātāju. Antiserumu iegūst no dzīvniekiem, kuriem iepriekš izveidota mākslīgā aktīvā imunitāte. Gatavu antivielu ievadīšana dod tūlītēju, bet īslaicīgu (līdz 3 nedēļām) aizsargefektu.

**Asinsplātnītes** jeb **trombocīti** ir ļoti sīki — apmēram  $3\mu\text{m}$  diametrā.  $1\text{ mm}^3$  asiņu ir 200 000—300 000 trombocītu. Saskare ar gaisu vai nelidzenu virsmu (piemēram, brūces malu) trombocīti sabrūk. Šajā procesā no trombocītiem atbrīvojas vielas, kas ierosina *asins recēšanu*. Asins recēšana ir ķēdes reakcija, kas sastāv no daudziem posmiem, kuru norisei nepieciešami kalcija joni, K vitamīns un citas vielas. Šo reakciju rezultātā asins plazmas sastāvā ietilpstošā olbaltumviela — *fibrinogēns* — pārvēršas nešķīstošā, šķiedrainā olbaltumvielā — *fibrinā*. Fibrīna šķiedras izveido biezu tīklu, kurā iestrēdz asins šūnas un izveidojas receklis jeb *trombs*, kas aizsprosto brūci.

Piemēram, asinis, kas izplūst no brūces pirksta galā (kapilāriem), sarec 5—7 minūtēs. Sarecēšanas laiks atkarīgs no organisma fizioloģiskā stāvokļa, uztura un citiem apstākļiem. Medicīnas praksē bieži vai nu jāsekmē, vai jāaizkavē asins sarecēšana. Ja sākusies iekšējo orgānu (plaušu, nieru, dzemdes u. c.) asiņošana, organismā ievada vielas, kas veicina asins sarecēšanu, — kalcija hlorīdu, vikasolu (sintētisku vielu, kurai piemīt K vitamīna



iedarbība) u. c. Sarecēšanu paātrina siltums (karsti, sterili tamponi uz operācijas brūces).

Iedzimtu slimību, kurai raksturīga ļoti vāja asins sarecēšana, sauc par *hemofiliju*. Cilvēkiem, kuriem ir hemofilija, pat maza brūcīte var radīt organisma noasiņošanu.

Asins recēšana ir nevēlama parādība nebojāta asinsvada iekšpusē. Tas notiek, ja asinsvada siena kļūst nelidzena iekaisuma vai sklerotisku izmaiņu dēļ. Šādās nelidzenās vietās trombocīti sabrūk, sākas asins recēšana, veidojas trombs. Šādu slimību sauc par *trombozi*. Tromboze ir bīstama, jo trombs var atrauties no asinsvada sienas un nosprostot kāda dzīvībai svarīga orgāna (sirds, plaušu u. c.) asinsvadus, izraisot nāvi. Lai novērstu trombu veidošanos vai tos izšķīdinātu, slimniekiem organismā ievada vielas (antikoagulantus), kas kavē asins recēšanu, — fenilīnu, heparīnu u. c. Fenilīns ir sintētiska viela, bet heparīns — dabisks antikoagulants, kuru izstrādā dažas leukocītu formas un saistaudu šūnas.

## ASINS GRUPAS

Zaudējot daudz asiņu, nepieciešama to pārliešana. Lai pārlietu asinis, jāzina asins grupu saderība. Kad vēl nebija izstrādāta mācība par asins grupām, mēģinājumi pārliet asinis bieži beidzās neveiksmīgi — cilvēki gāja bojā tāpēc, ka asins devēja (donora) eritrocīti salipa asins saņēmēja (recipienta) asinīs.

Kā izskaidrojama eritrocītu salipšana jeb aglutinācija? Tagad ir zināms, ka asins plazmā atrodas aglutinētājas (salipinātājas) vielas — *aglutinīni*. Aglutinīni ir divējādi —  $\alpha$  un  $\beta$ . Savukārt eritrocītos ir divējādas aglutinējamās (salipināmās) vielas — *aglutinogēns A* un *aglutinogēns B*.

Aglutinācija notiek tad, kad aglutinīnīns  $\alpha$  nāk saskarē ar aglutinogēnu A vai aglutinīnīns  $\beta$  — ar aglutinogēnu B. Citās kombinācijās aglutinācija nenotiek.

Cilvēka asinis pēc tajās esošā aglutinīna un aglutinogēna iedala 4 grupās.

7. tabula

Asins grupu saderība

| Plazmas<br>aglutinīns        | Eritrocītu aglutinogēns |            |             |             |
|------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|
|                              | I gr. (0)               | II gr. (A) | III gr. (B) | IV gr. (AB) |
| I gr. ( $\alpha$ , $\beta$ ) | —                       | +          | +           | +           |
| II gr. ( $\beta$ )           | —                       | —          | +           | +           |
| III gr. ( $\alpha$ )         | —                       | +          | —           | +           |
| IV gr. (0)                   | —                       | —          | —           | —           |

Apzīmējumi: + — aglutinācija notiek,  
— — aglutinācija nenotiek.

Pārlejot asinis, ir svarīgi, lai recipienta asins plazmas aglutināns neizraisītu donora eritrocītu, kuri ir mazākumā, aglutināciju, t. i., lai «nesatiktos»  $A$  ar  $\alpha$  un  $B$  ar  $\beta$ . Tātad galvenais apstāklis, kas jāņem vērā, pārlejot asinis, ir donora eritrocītu īpašības.

No 7. tabulas redzam, ka I grupas asinis var pārliet visiem cilvēkiem, bet IV grupas asinis — tikai cilvēkiem ar to pašu, t. i., IV asins grupu. II un III grupas asinis var pārliet attiecīgi savas grupas un vēl IV asins grupas cilvēkiem.

Bez asins grupu noteicējiem aglutinīniem un aglutinogēniem pēdējos gadu desmitos asinis ir atklāti arī citi atšķirīgi faktori (rēzus faktors u. c.), kurus ņem vērā, pārlejot asinis. Tagad pārlišanai praktiski lieto tikai tās pašas grupas asinis.

## ASINS FUNKCIJAS ORGANISMĀ

Tātad asinis organismā pilda šādas svarīgas funkcijas:

- 1)  $O_2$  transports (eritrocīti);
- 2) ūdens un barības vielu transports (asins plazma);
- 3) bioloģiski aktīvu vielu (hormoni, fermenti, vitamīni) transports (plazma);
- 4) vielmaiņas galaproduktu (urīnviela, urīnskābe) transports (plazma) un  $CO_2$  transports (eritrocīti un plazma);
- 5) organisma aizsargfunkcija: fagocitoze (leikocīti), kā arī aizsargvielu (antivielu) veidošana, t. i., imunitātes procesi (arī leikocītu funkcija).

Bez tam organisma noasiņošanu kavē asins sarecēšana. Šo procesu nodrošina trombocīti un vielas asins plazmā.

Asinis sasilst tajos orgānos, kuros noris intensīva vielmaiņa (aknas, nieres u. c.), un darba laikā muskuļos. Asins plūsma aptver visu ķermeni, un temperatūra tā daļās izlīdzinās. Zemādas un ādas asinsvadiem paplašinoties, organisms atdod siltumu apkārtējai videi.

Visas minētās funkcijas asinis veic tikai tad, ja tās atrodas nepārtrauktā kustībā. Asins plūsmu pa noslēgtu vadu sistēmu nodrošina asinsrites sistēmas centrālais orgāns — sirds. Cilvēks var nezaudēt ne pilienu asins, bet, ja asins plūsma apstāties ilgāk par 4—5 minūtēm, neatgriezeniskas izmaiņas iestāsies vispirms pret skābekļa un barības badu visjutīgākajā sistēmā — lielo pusložu garozā, pēc tam arī citos orgānos un audos un iestāsies nāve.

## ASINSRITE

Asins plūsmu pa noslēgtu asinsvadu sistēmu sauc par *asinsriti*. Sirds ir centrālais asinsrites sistēmas orgāns. Tā veic sūkņa funkciju, radot *asinsspiedienu*, kas uztur asins plūsmu vados. Kā jau minēts, tikai nepārtrauktā plūsmā asinis pilda savas funkcijas organismā.



## ASINSVADU SISTĒMA

Asinsvadu sistēma sastāv no trīs veidu asinsvadiem: *artērijām, kapilāriem un vēnām*.

**Artērijas** ir asinsvadi, pa kuriem asinis plūst virzienā no sirds. Sirds muskuļa saraušanās spēks artēriju sākumā rada augstu asinsspiedienu. Atbilstoši tam artēriju sienas ir biezas, ar elastīgām šķiedrām un gludo muskuļu slāni. Artēriju sienu elastība nodrošina nepārtrauktu asins plūsmu artērijās, lai gan sirds iedzen asinis artērijās ar pārtraukumiem, tikai saraušanās laikā.

Vairums artēriju ķermenī atrodas dziļi pie skeleta un sadalās mazāka diametra vados, kuriem sienas ir plānākas. Vissīkākās artērijas sauc par *arteriolām*. Šo vadu gludās muskulatūras saraušanās vai atslābums regulē asins pieplūdumu orgāniem. Arteriolas zarojas sīkāk un pāriet *kapilāros*.

**Kapilāri** ir organisma vissīkākie asinsvadi, kuru diametrs ir 7—10 μm. Kapilāru sienīņa sastāv no vienas šūnu kārtas, un cauri tai notiek barības vielu un gāzu maiņa starp asinīm un audiem. Cilvēkam novecojot, daļa kapilāru atrofējas, to sienīņas kļūst blīvākas un pasliktinās vielu plūsma caur tām.

**Vēnas** veidojas, saplūstot kapilāriem. Vissīkākās vēnas sauc par *vēnulām*. Sirds muskuļa radītais izgrūdiens spēks — asinsspiediens — galvenokārt tiek patērēts berzes pārvarēšanai sīkākās arteriolās un kapilāros, tāpēc vēnās asinsspiediens ir zems. Atbilstoši tam vēnu sienas ir plānas, viegli stiepjamas. Rezultātā vēnas var paplašināties, tajās uzkrājas asinis. Bieži paplašinājumus novēro vecākiem cilvēkiem kāju vēnās, jo te asinsplūsma ir apgrūtināta: zems asinsspiediens un plūsma pretēji Zemes pievilkšanas spēkam. Asins plūsmu vēnās veicina muskuļu darbs: muskuļi saraujoties spiež uz vēnu elastīgo sienu un dzen asinis sirds virzienā. Muskuļiem atslābstot, asinis nevar noplūst lejup. To kavē vēnu sienās esošie *kabatveida vārstuļi*, kuru brīvās malas vērstas virzienā uz sirdi.

Bez dziļajām vēnām, kas iet blakus tāda paša nosaukuma artērijām, ir plašs seklo vēnu tīkls, kas savāc asinis no ādas un virsējā muskuļu slāņa un pēc tam ieplūst dziļajās vēnās. Vēnām atšķirībā no artērijām raksturīga saplūšana lielāka diametra vados.

**Asinsvadu bojājums** izraisa asiņošanu. Atkarībā no tā, kādi asinsvadi bojāti, izšķir *arteriālo, venozo un kapilāro asiņošanu*.

Arteriālajai asiņošanai raksturīga spēcīga, pulsējoša, gaiši sārta asins strūkļa, jo asinis artērijās plūst zem liela spiediena. Drošākais pirmās palīdzības paņēmieni šādas asiņošanas apturēšanai no ekstremitātes ir žņauga — vislabāk elastīgas gumijas saites — uzlikšana centrāli (tuvāk sirdij) no asiņošanas vietas. Žņaugis piespiež artēriju pie kaula un aptur asins pieplūšanu bojātajai vietai. Jaievēro, ka žņaugis pēc 1,5 stundām var brīdī jānoņem, lai atjaunotu asins plūsmu, jo pretējā gadījumā var iestāties ekstremitātes paralīze vai pat atmiršana. Otrreiz žņaugu

driķst uzlikt ne ilgāk kā uz 0,5—1 stundu. Ja žņaugu uzlikt nav iespējams, ar pirkstiem jācenšas artēriju virs bojājuma piespiest pie kaula.

Venozajai asiņošanai raksturīga tumši sarkana vienmērīga, ne tik spēcīga strūkļa kā arteriālajai asiņošanai, jo vēnās asinsspiediens ir zems.

Kapilārās asiņošanas gadījumā asinis no audiem sūcas vienmērīgi nelielā strūklā.

Kapilāro un venozo asiņošanu, kā arī asiņošanu no sīkākām artērijām aptur, uzliekot ievainotajai vietai stingru spiedošu pārsēju. Lai šai vietai pieplūstu mazāk asiņu, ievainoto ķermeņa daļu novieto pēc iespējas augstāk.

Lai saglabātu asinsspiedienu liela asiņu zuduma gadījumā, īslaicīgi var palīdzēt, ievadot cietušajam vēnā t. s. fizioloģisko šķīdumu — 0,9% NaCl šķīdumu.

## SIRDS

Cilvēkam sirds atrodas krūškurvī aiz krūšu kaula, 1/3 sirds — pa labi, 2/3 — pa kreisi no tā. Sirds masa ir apmēram 0,5% no ķermeņa masas, vidēji — ap 350 g. Tās lielumu salīdzina ar savilktu cilvēka dūri. Uz augšu un pa labi vērstā sirds daļa ir plātāka, un to sauc par sirds pamatni. Sirds apakšējā, šaurākā daļa ir *sirds galotne*. Sirds ir dobs četrkameru orgāns, kas sastāv no diviem priekškambariem un diviem kambariem. Starp labo un kreiso pusi sirdi ir nepārtraukta *starpsiena*.

Sirdi no ārpuses apņem apvalks — *perikards*, kas sastāv no divām kārtām jeb lapiņām. Apvalka ārējā kārtā veido ap sirdi *somīņu* — blīvu, šķiedrainu saistaudu segu, kas aizsargā sirdi. Apvalka iekšējā kārtā — *epikards* — ir plāna saistaudu plēvīte, kas saaug ar sirds muskuli. Starp abām saistaudu kārtām ir nedaudz šķidrums, kas mazina berzi, sirdij saraujoties (kontrahējoties).

Sirds sienā galvenais ir muskuļu slānis — *miokards*. Sirds muskuli veido īpatnēja šķērssvītrotā muskulatūra. Tā nepakļaujas mūsu gribai, jo sirdi inervē veģetatīvā nervu sistēma.

Miokardam ir vairākas īpatnības. Tam piemīt zināma automātija — spēja sarauties bez kairinātāja (nervu impulsa) iedarbības. Miokarda biezums dažādās sirds daļās atšķiras. Visplānākais miokards ir abu priekškambaru sienās, jo kontrahējoties priekškambari iedzen asinis tikai kambaros. Labāk muskuļu slānis attīstīts kambaru sienās, kuriem saraujoties asinis tiek iedzītas asinsrites lokos. Visbiežākais muskuļu slānis ir sirds kreisā kambara sienā, jo no šīs sirds daļas sākas lielais asinsrites loks.

Sirds muskuļa nākamā īpatnība ir tā, ka muskuļu šķiedras atsevišķi apņem abus priekškambarus un atsevišķi abus kambarus. Tā rezultātā iespējama neatkarīga priekškambaru un kambaru kontrakcija.



Sirds muskuli priekškambaros no iekšpuses izklāj trešais sirds sienas slānis — plāna, gluda saistaudu plēve — *endokards*.

Uz robežas starp priekškambariem un kambariem ir atveres, pie kurām piestiprinās viru vārstuļi: starp labo priekškambari un kambari — *trīsviru vārstuļi*, starp kreiso priekškambari un kreiso kambari — *divvīru vārstulis*. Šie vārstuļi ir endokarda veidojumi. No vārstuļiem atiet cīpslainas stiegras, kuras ar otru galu piestiprinās kambaru iekšpusē pie reljeifiem miokarda veidojumiem — *pupveida izaugumiem*. Tādējādi vārstuļi, priekškambariem saraujoties, brīvi laiž asinis kambaru virzienā, bet, saraujoties kambariem, asinis atpakaļ uz priekškambariem netiek — to neļauj vārstuļu noslēgšanās. Rezultātā asinis zem spiediena ieplūst asinsvados, kas sākas no kambariem. Šo asinsvadu (aortas un plaušu artērijas) sākumā ir *pusmēness vārstules*, kas kavē asiņu plūsmu atpakaļ kambaros sirds pauzes laikā. Turpretim priekškambaros pauzes laikā asinis ieplūst brīvi.

## ASINSRITES LOKI

Asinsrites sistēmā izšķir divus asinsrites lokus — *lielo* un *mazo*. Abus lokus savā starpā saista sirds (V krās. att.).

**Lielais asinsrites loks** sākas no sirds kreisā kambara ar aortu, kas tulkojumā nozīmē «taisnā artērija». Lielajā asinsrites lokā sirds kreisais kambaris izgrūž asinis ar spēku, kas rada 120—130 mm Hg spiedienu. Aortas sākumā, uz robežas starp priekškambariem un kambariem, no tās atiet *vainagartērijas*, kas apgādā ar asinīm pašu sirds muskuli. Ja vainagartērija nosprostojas, piemēram, tajā ieiet trombs vai tā ļoti sašaurinās sklerotisku izmaiņu dēļ, sirds muskulis aiz nosprostojuma vietas nesapņem skābekli un barības vielas. Rezultātā noteiktā miokarda rajonā rodas sāpes (stenokardijas lēkmes), bet smagākos gadījumos audi atmirst — rodas miokarda infarkts.

No aortas lokveida daļas nozarojas artērijas uz galvu, rokām. Krūšu un vēdera dobumā no aortas nodalās artērijas, kas apasiņo šo dobumu sienu (ādu, muskuļus), kā arī visus iekšējos orgānus. Jostas IV skriemeļa līmenī aorta dalās divās *iegurņa artērijās*, kas nes asinis uz kājām.

Visas artērijas tālāk sadalās *arteriolās* un *kapilāros*, kuros notiek barības vielu un gāzu maiņa starp audiem un asinīm. Rezultātā arteriālās asinis (bagātas ar skābekli) pārvēršas venozās (nabagas ar skābekli, bet piesātinātas ar oglekļa dioksīdu). Kapilāri saplūst un veido *vēnulas* un *vēnas*. Visas vēnas no galvas, kakla, rokām, daļēji arī no krūšu dobuma saplūst vienā lielā vēnā, kuru sauc par *augšējo dobo vēnu*. Tā ieplūst labajā sirds priekškambarī. Visas vēnas, saplūstot no pārējām ķermeņa daļām, izveido *apakšējo dobo vēnu*, kura arī ieplūst labajā sirds priekškambarī.

Īpatnēji, ka venozās asinis no gremošanas trakta, venozajiem kapilāriem saplūstot, izveido t. s. *vārtu vēnas sistēmu*, kas beidzot kā *vārtu vēna* ieiet aknās un tur atkal sadalās kapilāros, un tikai pēc tam ieplūst apakšējā dobā vēnā. Aknās ieplūstošās asinis satur produktus, kas uzsūkti gremošanas traktā. Aknas ir organisma «centrālā laboratorija», kur daļa uzsūkto vielu (cukurs, smagie metāli — varš, dzelzs u. c.) uzkrājas, daļa indīgu savienojumu (fenols, indoli) noārdās, no uzsūktajiem monomēriem, piemēram, aminoskābēm, veidojas organismam raksturīgi polimēri — olbaltumvielas utt.

Visas minētās aknu funkcijas tiek traucētas alkohola lietotājiem. Alkoholikiem ļoti bieži novēro aknu saslimšanu, kas vismagākajos gadījumos izraisa organisma saindēšanos un nāvi.

Ceļu, ko asinis veic no kreisā kambara pa visu ķermeņa orgānu un audu artērijām, kapilāriem un vēnām atpakaļ uz sirds labo priekškambari, sauc par lielo asinsrites loku. Plūstot šajā lokā, asinis izpilda visas savas pamatfunkcijas, kuras minētas iepriekš.

**Mazais asinsrites loks** sākas no sirds labā kambara, no kura iznāk *plaušu artērija*. Pēc dažiem centimetriem tā sadalās *labajā un kreisajā plaušu artērijā*, kuras nes venozās asinis uz plaušām. Tātad *pa mazā asinsrites loka artērijām plūst venozās asinis*. Sirds labais kambaris saraujoties izdzen asinis zem apmēram 24 mm Hg spiediena. Tas ir aptuveni 5 reizes mazāks nekā kreisā kambara radītais spiediens, jo asins plūsma no labā kambara iet tikai cauri plaušām un atpakaļ uz sirdi. Plaušu artērijas ieiet plaušās un blakus bronhiālajam kokam apmēram 16—18 reizes zarojas, līdz pāriet *arteriolās* un *kapilāros*. Kapilāri apņem plaušu pūslīšus — *alveolas*, kur notiek gāzu maiņa starp asinīm un ieelpoto gaisu. Rezultātā venozās asinis pārvēršas arteriālajās asinīs, kas bagātas ar skābekli.

Kapilāri apvienojas *vēnulās* un *vēnās*, kas saplūst aizvien lielākās vēnās. No katras plaušas iznāk divas plaušu vēnas, kas aiznes arteriālās asinis uz kreiso sirds priekškambari. Tātad *pa mazā asinsrites loka vēnām plūst arteriālās asinis*.

Ceļu, ko asins plūsma veic no labā sirds kambara pa plaušu artērijām, kapilāriem un vēnām uz sirds kreiso priekškambari, sauc par mazo asinsrites loku. Plūstot šajā lokā, asinis nepilda visas tās pamatfunkcijas, ko lielajā asinsrites lokā, bet tikai no ieelpotā gaisa piesaista hemoglobīnam skābekli un atdod oglekļa dioksīdu, kuru izelpo.

Asinsrites loku shēma attēlota 6. krāsainajā attēlā. Analizējot shēmu, redzam, ka cilvēka sirds labajā pusē plūst tikai venozās, bet sirds kreisajā pusē — tikai arteriālās asinis.

Sirds labais priekškambaris ir venozo asiņu rezervuārs. Priekškambaru atslābšanas laikā tajā ieplūst venozās asinis no lielā asinsrites loka pa augšējo un apakšējo dobo vēnu, kā arī venozās asinis no vainagarartērijām, kas apasiņo sirds muskuli.



Sirds kreisais priekškambaris ir arteriālo asiņu rezervuārs. Te priekškambaru atslābšanas laikā no četrām plaušu vēnām ieplūst arteriālās asinis. Ar plaušu vēnām noslēdzas mazais asinsrites loks.

## SIRDSDARBĪBA UN TĀS REGULĀCIJA

**Sirds darbības cikla pirmā fāze** ir abu priekškambaru vienlaicīga kontrakcija (*sistole*), kas ilgst tikai apmēram 0,1 s. Šajā laikā novēro kambaru atslābumu (*diastoli*). Šīs fāzes laikā asinis no abiem priekškambariem nonāk attiecīgajos kambaros. Atpakaļ no priekškambariem vēnās tās netiek, jo vēnas noslēdz pusmēness vārstuļi.

**Sirds darbības cikla otrā fāze** ir vienlaicīga abu kambaru sistole priekškambaru diastoles laikā. Šī fāze ilgst aptuveni 0,3 s. Veselā sirdī asins atplūšanu priekškambaros, kuri ir jau atslābuši, noslēdz vārstuļi. Spiediena rezultātā asinis ieplūst vados, kas atiet no kambariem.

**Sirds darbības cikla trešā fāze** ir kopējā sirds pauze, kuras laikā priekškambari intensīvi pildās ar asinīm. Asins atplūšanu atpakaļ kambaros pauzes laikā kavē pusmēness vārstuļi, kas ir aortas un plaušu artērijas sākumā. Sirds pauze ilgst apmēram 0,4 s.

Viena pilna sirds darbības cikla ilgums cilvēkam relatīva miera laikā ir 0,8 s, tātad vienā minūtē ir 70—75 šādu sirds darbības ciklu.

No ikdienas dzīves zinām, ka sirds kontrakciju biežums var palielināties vai samazināties. Līdz ar to mainās asinsvados iespiestās asins daudzums laika vienībā, t. i., orgānu apgāde ar asinīm.

Neskatoties uz sirds darbības automātiju, tās darbību regulē veģetatīvās nervu sistēmas simpātiskā un parasimpātiskā daļa (*neirālā regulācija*), kā arī vielas, kas cirkulē asinīs (*humorālā regulācija*). Ļoti iedarbīga viela, kas pastiprina sirds darbību, ir virsnieru serdes daļas hormons *adrenālins*. Organismā lielākā daudzumā tas izdalās trauksmes situācijās. Neirālā un humorālā regulācija nodrošina precīzu sirds darbības pielāgošanos mainīgām organisma vajadzībām atbilstoši ārējās vides apstākļiem. Sirds kontrakciju skaitu laika vienībā visērtāk noteikt, saskaitot pulsu.

**Pulss.** Katras kreisā sirds kambara kontrakcijas laikā asinis ar spēku atsitas pret elastīgo aortas sienu un izstiepj to. Aortas sienā rodas svārstību vilnis, kas ātri izplatās pa aortas un tālāk — pa artēriju sienām. Tas ir pulsa vilnis, ko var sataustīt tajās ķermeņa vietās, kur lielas artērijas atrodas samērā tuvu ādai un tās var piespiest pie skeleta, piemēram, apakšdelmā pretim ikšķim, deniņu rajonā, kakla sānos. Pulsu parasti nosaka, uzliekot 2., 3. un 4. pirkstu uz apakšdelma rajona pretim ikšķim. Parasti to izdara ar kreiso roku, apņēmot no ārpuses labās rokas apakšdelmu. Katrs pulsa sitiens atbilst vienai sirds kontrakcijai.

**Asinsspiediena mērīšana.** Asinsspiediens ir būtisks sirds asinsrites sistēmas funkcionālā stāvokļa rādītājs.

Izšķir *maksimālo (sistolisko) asinsspiedienu*, kas rodas sirds kreisā kambara kontrakcijas (sistoles) laikā, un *minimālo (diastolisko) asinsspiedienu*, kuru novēro sirds pauzes (diastoles) laikā. Asinsspiedienu izsaka dzīvsudraba staba milimetros (mm Hg).

Asinsspiedienu parasti mēra augšdelma artērijā, appliekot augšdelmam manšeti, kas savienota ar dzīvsudraba vai atsperes manometru. Manšeti piesūknē ar gaisu, lai spiediens tajā būtu augstāks par sistolisko. Klausoties ar speciālu skaņu pastiprinātāju membrānu (fonendoskopu), asinsvados zem manšetes skaņas nav saklausāmas. Tad gaisu no manšetes lēni izlaiž. Brīdī, kad sirds kreisā kambara saraušanās laikā asinsplūsma zem manšetes atjaunojas, ir dzirdamas skaņas, kas rodas, asinīm plūstot caur artērijas saspiesto vietu grūdieniem, nevienmērīgi, tikai sirds sistoles laikā. Brīdī, kad pirmo reizi skaņas saklausāmas, nolasa spiedienu no manometra. Tas ir maksimālais jeb sistoliskais spiediens. Gaisa spiedienu manšetē turpina pazemināt. Kad asins plūsma augšdelma artērijā kļūst vienmērīga un asinis asinsvados zem manšetes žņauga plūst cauri arī kambara diastoles laikā, skaņas vairs nav saklausāmas. Šajā momentā nolasa spiedienu no manometra. Tas ir minimālais jeb diastoliskais asinsspiediens. Veselam pieaugušam cilvēkam maksimālais asinsspiediens ir 120—130 mm Hg, bet minimālais — 70—85 mm Hg.

Asinsspiediens artērijās ir atkarīgs ne tikai no sirds kontrakciju spēka, bet arī no asinsvadu elastības un diametra, kas rada perifēro pretestību. Tā, sašaurinoties arteriolām, pieaug galvenokārt diastoliskais jeb minimālais asinsspiediens. Turpretī, samazinoties artēriju sienu elastībai, palielinās sistoliskais jeb maksimālais asinsspiediens. Raksturīgi, ka artēriju sienu elastība samazinās, organismam novecojot. Viens no svarīgākajiem faktoriem, kas pasargā asinsrites sistēmu no priekšlaicīgas novecošanās un to stiprina, ir organisma kustību aktivitāte. Cilvēkiem, kuri maz kustas, artēriju sienu elastība ar gadiem strauji samazinās. Kustības pastiprina arī vielmaiņas intensitāti sirdī un palielina tās saraušanās spēju.

Kaitīgi uz asinsrites sistēmu iedarbojas alkohols un nikotīns. Hroniskiem alkoholiķiem novēro sirds muskuļu vājumu, jo alkohola iedarbībā sašaurinās vainagartērijas, kas baro sirdi. Smēķētājiem bieži ir paātrināts sirdsdarbības ritms, jo arī tiem sirds muskulis ir novājīnāts un slikti apgādā organismu ar asinīm.

## AUDU ŠĶIDRUMS UN LIMFA

Asinīm plūstot pa kapilāriem lielajā asinsrites lokā, cauri to sienām iziet dažas asins plazmas sastāvdaļas. Tā izveidojas audu šķidrums, kas apņēm visas organisma šūnas. No šī šķidruma



šūnas saņem barības vielas un skābekli, bet izdala tajā oglekļa dioksīdu un vielmaiņas galaproduktus. No starpšūnu telpām, kur ir šis šķidrums, sākas vissīkākie *limfas kapilāri*, kas tālāk saplūst lielākos *limfvados*, kuru sienās jau ir gludo muskuļu šķiedras, kā arī vārstuļi, kas līdzīgi lielajās vēnās esošajiem vārstuļiem.

Lielo limfvadu ceļā atrodas *limfmezgli*. Daļa no tiem ir sīki (padusēs, kaklā u. c.). Lielu limfātisko audu sakopojumi ir mandeles, kas atrodas aizdegunē, kā arī pie mutes dobuma pārejas rīklē. Pienākot pie limfmezgliem, limfvadi sazarojas un limfa ieplūst tajos. Limfmezglos koncentrējas baltie asinsķermenīši. Tādējādi limfmezgli organismā veido spēcīgu barjersistēmu cīņai pret mikroorganismiem. Tāda ir arī mandeļu loma organismā.

No lielajiem limfvadiem limfa ieplūst augšējās dobās vēnās sistēmā, un cikls «asinis—limfa—asinis» noslēdzas un reizē sākas no jauna.

Limfā, kas atplūst no tievo zarnu epitēlija, uzsūcas tauki. No zarnām atplūstošā limfa pēc ēšanas ir balta, jo satur tauku pilieņus.

## ELPOŠANA

Visi dzīvie organismi — kā augi, tā dzīvnieki — nepārtraukti elpo — no gaisa uzņem skābekli un izdala oglekļa dioksīdu.

Cilvēkam gāzu maiņa starp ieelpoto atmosfēras gaisu un asinīm notiek plaušās, un to sauc par *plaušu* jeb *ārējo elpošanu*. Asinis no plaušām skābekli aiznes uz visiem audiem un orgāniem, kur katrā šūnā notiek oksidēšanās procesi — audu elpošana. Audu elpošana ir sarežģīts daudzpakāpju process, kurā dalību ņem elpošanas fermenti. Oksidējoties uzturvielām, pirmām kārtām oglehidrātiem, atbrīvojas enerģija, kuru organisms patērē dzīvības procesu norisēm, kustībām, darba veikšanai. Tātad dzīvības saglabāšanai nepieciešama nepārtraukta skābekļa piegāde. Vienlaikus no organisma jāizvada arī oglekļa dioksīds, kas rodas oksidācijas procesos.

Elpošanas sistēmu veido cauruļveida orgāni, pa kuriem cirkulē ieelpotais gaiss, kas pieaugušam cilvēkam diennaktī sastāda apmēram 20 m<sup>3</sup>.

Visiem elpošanas orgāniem ir vairākas kopīgas īpašības:

1) vairumam šīs sistēmas orgānu ir skrimšļa skelets, kas neļauj elpošanas ceļiem saplakt;

2) elpošanas ceļus izklāj gļotāda ar skropstīņepitēliju.

Gaisā esošie putekļi un mikroorganismi pielip pie gļotām. Skropstīņepitēlijs viļņojas pretēji gaisa plūsmai. Klepojot, šķaudot, šņaucot gļotas izdala. Elpošanas ceļu gļotādai bagātīgi pieplūst asinis, piemēram, deguna dobumā. Ieelpotais gaiss saskarē ar lielu gļotādas virsmu ne tikai attīrās, bet arī sasilst. Bez tam gļotas daļu gaisā esošo mikroorganismu iznīcina un aizkavē to vairošanos.

Atkarībā no funkcijas elpošanas sistēmas orgānus iedala divās grupās: 1) *elpošanas ceļos*, kuros gaiss sasilst un attīrās, un 2) *plaušu alveolās*, kurās notiek gāzu maiņa starp gaisu un asinīm.

## ELPOŠANAS CEĻI

Elpošanas ceļi sākas ar deguna dobumu. Aiz deguna ārējās daļas — *nāsīm* — ir liels iekšējais *deguna dobums*, kuru no mutes dobuma nodala cietās aukslējas. Deguna dobums ar skrimšļa un kaula starpsienu sadalīts labajā un kreisajā pusē, kur gaiss ieplūst caur nāsīm. Katrā pusē iekšējā deguna dobumā ir trīs izliekti kauliņi — *deguna gliemežnicas*, kuras pārklāj gļotāda ar skropstiņepitēliju. Starp gliemežnicām veidojas likumotas ejas, kurām ir liela saskares virsma ar ieelpoto gaisu. Augšējās ejas rajonā ir *ožas receptori*. Iekšējā deguna dobumā ir atveres no dažiem gaisa dobumiem kaulos — no augšžokļiem (Haimora dobumi), no pieres kaula dobuma u. c. Te atveras arī asaru kanāls no acs iekšējā kaktiņa. Caur to diennaktī noplūst ap 2 ml asaru, kas skalojušas acābolu.

Smagas fiziskās slodzes laikā, slimojot ar iesnām, cilvēks elpo caur muti. Tādā gadījumā ieelpotais gaiss nesasilst un neattīrās. Elpojot caur muti aukstu gaisu, bieži rodas elpošanas ceļu iekaisumi, jo atdzisušu gļotādu viegli inficē vīrusi.

Vairāku infekcijas slimību ierosinātāji (vīrusi vai baktērijas) iekļūst organismā pa elpošanas ceļiem. Tādas slimības ir gripa, tuberkuloze, angīna, difterija u. c. *Gripas vīrusi* izdalās, slimniekiem šķaudot, klepojot, jo tie lielā daudzumā atrodas slimnieka siekalās, deguna dobuma gļotās. Šādu infekcijas izplatīšanās veidu sauc par *pilienu infekciju*. Nedrīkst lietot traukus, dvieļus un citus priekšmetus, kurus lietojis slimnieks, pirms tie nav novāriti vai citādi dezinficēti. Kopjot gripas slimnieku, kopēja mute un deguns jāaizsien ar divkāršu marles saiti, jo tā aiztur pilienus, kurus kopā ar vīrusiem šķaudot izdala slimnieks.

Tuberkulozes ierosinātāja — *tuberkulozes nūjiņa* — spēj ilgstoši saglabāt dzīvību. Slimnieka izdalītajiem siekalu pilieniem izžūstot, tā var tālāk izplatīties ar putekļu daļiņām. Šādu infekcijas izplatīšanās veidu sauc par *putekļu infekciju*. Kopjot šādu slimnieku, telpas regulāri jāmazgā, jāvēdina. Tuberkulozes nūjiņas iznīcina saules gaismas ultravioletie stari.

Sevišķi kaitīgi uz elpošanas ceļiem iedarbojas *nikotīns*, ko satur tabakas dūmi. Nikotīns ir indīgs. Bez tam dūmi kairina elpošanas ceļu gļotādu un pavājina epitēlija aizsargfunkciju. Tāpēc smēķētāji biežāk slimo ar elpošanas orgānu slimībām, un tiem bieži novēro plaušu vēzi. Tabakas dūmu kaitīgā ietekme uz organismu attēlota 8. tabulā.



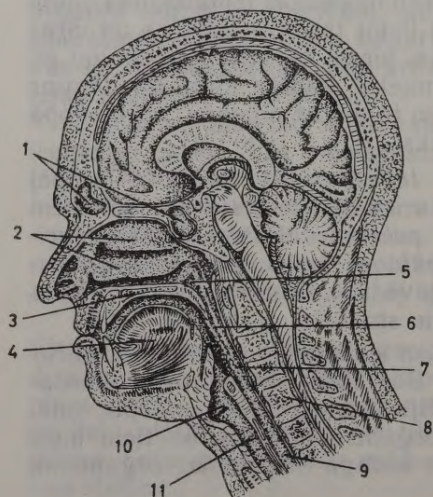
## Tabakas dūmu kaitīgo vielu ietekme uz organismu

| Vielas nosaukums        | Ietekme uz organismu                                                   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nikotīns                | Sašaurina asinsvadus, noārdā C vitamīnu, pasliktina cukura izmantošanu |
| Eteriskās eļļas         | Sašaurina asinsvadus                                                   |
| Tvāna gāze (CO)         | Saista hemoglobīnu, izraisot skābekļa nepietiekamību audos un orgānos  |
| Zīlskābe                | Noārdā fermentus                                                       |
| Benzpirēns              | Izraisa ļaundabīgus audzējus                                           |
| Amonjaks                | Kairina elpošanas ceļu gļotādu                                         |
| <sup>210</sup> Polonijs | Radioaktīvs elements, izraisa ļaundabīgus audzējus                     |

Pēc deguna dobuma gaiss nonāk rīklē. Rīkle ir muskulota caurule, kura sākas galvaskausa pamatā un piegulst pie kakla skriemeļiem. Rīkles augšdaļā jeb *aizdegunē* ar divām atverēm atveras deguna dobums, rīkles vidējā daļā ar vienu atveri — *žāvu* — atveras mutes dobums, bet no rīkles apakšējās daļas uz priekšpusi ir ieeja balsenē, ko noslēdz kustīgs skrimslis — *uzbalsenis*. Rīkles divas apakšdaļas ir kopīgas elpošanas un gremošanas sistēmām. Rīkles tiešs turpinājums ir *barības vads*, kas ir gremošanas kanāla daļa, bet balsene pieder pie elpošanas sistēmas.

Balsene nodalās no rīkles apakšdaļas (50. att.) un atrodas kakla rajonā barības vada priekšpusē. Balseni veido 3 lieli nepāra skrimšļi (*vairogskrimslis*, *gredzenskrimslis*, *uzbalsenis*) un sīki pāra skrimšļi (*kausiņskrimšļi* u. c.).

Skrimšļi savā starpā savienoti ar platām saistaudu plēvē, kā arī veido locītavas (piemēram, starp gredzenskrimslī un kausiņskrimšļiem), kuras darbina šķērssvītrotā muskulatūra. Starp skrimšļiem veidojas gļotādas krokas — *balss saites*. Mainot skrimšļu savstarpējo stāvokli (kausiņskrimšļiem noliecoties uz sāniem), balss saites satuvinās, balsenes



50. att. Galvas griezumā shēma:

1 — deguna blakusdobumi, 2 — deguna gliemežnīcas, 3 — ausklesas, 4 — mutes dobums ar mēli, 5 — rīkles aizdegunes daļa, 6 — rīkles mutes daļa, 7 — rīkles balsenes daļa, 8 — mugurkauls, 9 — barības vads, 10 — balsene, 11 — traheja.

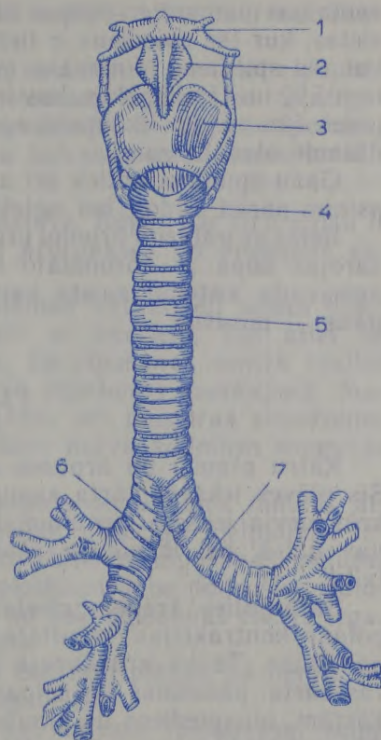
sprauga kļūst minimāla un izelpas brīdī gaiss iet saitēm cauri, izraisot vibrāciju. Rodas skaņa, kuru pastiprina balsenes dobums. Kausiņskrimšļus atliecot, balss saites iestiep, un, tām vibrējot, veidojas augstākā skaņa.

Artikulētu skaņu veidošanā piedalās arī mutes un deguna dobums, mēle, lūpas.

Balsenes turpinājums ir traheja (51. att.). Tā atrodas barības vada priekšpusē un ir apmēram 12 cm gara. Trahejas siena sastāv no 18—20 skrimšļa pusgredzeniem (traheja nesaplok!), kas savienoti ar saistaudiem un gludo muskulatūru. Trahejas saistaudu membrāna piegulst pie barības vada, kas, rijot kumosu, nedaudz iespiežas trahejā, atvieglojot kumosa kustību pa barības vadu. Traheju izklāj gļotāda ar skropstiņepitēliju.

Pretim IV krūšu skriemelim traheja sadalās divos (labajā un kreisajā) galvenajos (primārajos) bronhos, kuri attiecīgi ieiet katrs savā plaušā. Turpmākā bronhu dalīšanās (apmēram 16—18 reizes) notiek plaušu iekšpusē. Rezultātā izveidojas t. s. *bronhiālais koks*, kura sienās vēl ir skrimšļa gredzeni. Tikai vissīkākie šī «koka» zari — *bronhiolas*, kuru diametrs apmēram 1 mm, — vairs nesatur skrimšļa gredzenus. Tās sastāv no gludās muskulatūras un ir izklātas ar gļotādu. Astmas slimniekiem šī gludā muskulatūra kāda kairinātāja (smaržas, ziedputekšņu u. c.) iedarbības rezultātā reflektoriski saraujas, tādēļ gaiss netiek alveolās un cilvēks smok.

Bronhu turpinājums ir plaušu pūslīši jeb alveolas, kuru forma atgādina vinogu ķekaru. Alveolu ir ļoti daudz, un to kopējā virsma ir lielāka par 100 m<sup>2</sup>, t. i., apmēram 50 reizes lielāka nekā cilvēka ādas virsma. Alveolu sienīgu veido tikai viena šūnu kārtā, un to apņem mazā asinsrites loka kapilāru tīkls. Ielpotā gaisa skābeklis difundē caur alveolas un kapilāru šūnu kārtām un nonāk saskarē ar eritrocītiem, kur to ķīmiski piesaista hemoglobīns. Skābekļa ķīmiska piesaistišana veicina O<sub>2</sub> tālāku difūziju, jo gāzu



51. att. Balsene, traheja un bronhi (no priekšpusē):

1 — zemmēles kauls, 2 — uzbalsenis, 3 — vairogskrimslis, 4 — gredzenskrimsli, 5 — traheja, 6 — labais bronhs un tā zari, 7 — kreisais bronhs un tā zari.



apmaiņas pamatā ir fizikas likums, ka gāze ( $O_2$ ) difundē no tās vietas, kur tās spiediens ir lielāks (no ieelpotā gaisa), uz to vietu, kur tās spiediens ir mazāks (venozās asinis). Asinīs pāriet apmēram 5% no tā skābekļa, kas ir ieelpotajā gaisā. Savukārt, pakļaujoties šim pašam likumam, oglekļa dioksīds no venozajām asinīm difundē alveolu gaisā.

Gāzu apmaiņa notiek arī audos. Tur skābeklis no arteriālajām asinīm pāriet audos, bet oglekļa dioksīds — no audiem asinīs.

Reizē ar galveno bronhu plaušās ienāk un iziet arī asinsvadi, kas zarojas kopā ar «bronhiālo koku». Visu šo bronhu, alveolu un asinsvadu sistēmu saista saistaudi, un izveidojas kompakts orgāns — *plaušas*.

## PLAUŠAS

Katru plaušu no ārpuses apņem divslāņaina plēve — *pleira*. Šīs plēves iekšējā kārtā saaug ar plaušu, bet ārējā kārtā — ar krūškurvja iekšējo sienu un diafragmu. Starp abām šīm kārtām nav gaisa, bet ir *pleiras šķidrums*, kas mazina berzi elpošanas laikā.

Saraujoties ārējiem ribstarpu muskuļiem un diafragmas kupolam kontrakcijas rezultātā iztaisnojoties, krūškurvja tilpums palielinās. Tā kā krūškurvja iekšējai sienai pieaugusi viena pleiras kārtā, palielinās tās telpas tilpums, kas ir starp abām pleiras kārtām, un spiediens uz plaušu kļūst mazāks par atmosfēras spiedienu. Spiedienu starpības dēļ ārējais gaiss ieplūst plaušās — *notiek ieelpa*.

Ielpas muskuļiem atslābstot, ribas smaguma spēka iedarbībā noslīd un diafragmas kupols ieņem iepriekšējo stāvokli — *seko izelpa*. Pastiprināti izelpojot, saraujas iekšējie ribstarpu un daži citi muskuļi. Rezultātā krūškurvja tilpums samazinās vēl vairāk, plaušas tiek saspīestas, un seko pastiprināta izelpa.

Pieaudzis cilvēks mierīgos apstākļos elpo 16—20 reizes minūtē, vienā reizē ieelpojot ap  $500\text{ cm}^3$  gaisa. No šī daudzuma ap  $150\text{ cm}^3$  paliek elpošanas ceļos, bet ap  $350\text{ cm}^3$  nonāk alveolās un piedalās gāzu apmaiņā ar asinīm.

**Plaušu dzīvības tilpums.** Visdziļākās ieelpas laikā cilvēks papildus minētajiem  $500\text{ cm}^3$  gaisa vēl var ieelpot ap  $1500\text{ cm}^3$  gaisa. Savukārt pēc mierīgas izelpas papildus var izelpot vēl apmēram  $1500\text{ cm}^3$  gaisa. Tādējādi maksimālais gaisa daudzums, ko cilvēks var izelpot pēc visdziļākās ieelpas, ir apmēram  $3500\text{ cm}^3$  gaisa. Šo gaisa daudzumu sauc par *plaušu dzīvības tilpumu*. Tomēr arī pēc visdziļākās izelpas plaušās paliek vēl ap  $1000\text{ cm}^3$  gaisa, jo, kamēr cilvēks dzīvs, plaušas nekad pilnīgi nesaplok.

Cilvēkam, kas nodarbojas ar sportu, plaušu dzīvības tilpums ir lielāks un sasniedz  $5000\text{—}7000\text{ cm}^3$ . Fiziski vingrinājumi palielina ikviena cilvēka plaušu tilpumu. Smēķētājiem plaušu dzīvības tilpums vidēji ir par  $300\text{—}400\text{ cm}^3$  mazāks nekā normāli. Sapro-

tams, ka smēķētājiem gāzu apmaiņas iespējas plaušās ir mazākas nekā nesmēķētājiem.

Bez tam, ja sēžam vai strādājam sakumpuši un sekli elpojam, plaušu ventilācijas iespējas netiek pietiekami izmantotas. Svarīgākais, kas nodrošina labu plaušu ventilāciju, ir dziļa ieelpošana. Sēdoša darba strādniekiem laiku pa laikam nepieciešams izdarīt pastiprinātu elpošanu.

Ļoti nozīmīgs ir ieelpotā gaisa sastāvs. Rūpes par tīru gaisu ir saistītas ar daudzu plaušu slimību profilakses un veselības saglabāšanas jautājumiem.

**Elpošanas regulācija.** Nervu sistēmas vadītājceļi saista elpošanas centru iegarenajās smadzenēs ar nerviem, kas atiet uz diafragmu un ribstarpu muskuļiem. Tā elpošanas centrs realizē savu ietekmi uz izpildītājorgāniem — *elpošanas muskuļiem*. Mugurkaula lūzuma gadījumā, ja bojātas arī muguras smadzenes un elpošanas centrs ir atdalīts no šiem nervu kodoliem muguras smadzenēs, elpošana apstājas.

Elpošanas kustību biežums un elpošanas dziļums mainās atbilstoši organisma prasībām, nodrošinot attiecīgu vielmaiņas intensitāti. Veicot smagu fizisku darbu, skrienot, elpošanas dziļums un biežums pieaug 2—3 reizes. Šo pieskaņošanos nodrošina automātiska elpošanas ritma regulācija, ko veic elpošanas centrs iegarenajās smadzenēs. Šo centru ierosina

1) nervu impulsi, kas elpošanas centram pienāk pa nervu ceļiem, pirmām kārtām no plaušu receptoriem;

2) arī ādas un citu receptoru kairinājumi (piemēram, «elpa aizraujas», ielecot aukstā ūdenī);

3) asins ķīmiskais sastāvs: elpošanas centra šūnas ir sevišķi jutīgas pret  $\text{CO}_2$  daudzumu asinīs. Pieaugot asinīs  $\text{CO}_2$  koncentrācijai, elpošanas centrs pastiprināti uzbudinās, elpošana kļūst dziļāka un biežāka.

Vielas, kas kairina elpošanas ceļu gļotādu, izraisa vai nu elpas aizturi, vai klepu, šķaudīšanu, kas ir grūdienveida izelpa. Klepus vai šķaudīšanas rezultātā tiek izsviestas gļotas līdz ar kairinātāju vielu. Šis reakcijas sauc par *elpošanas aizsargrefleksiem*.

Īpatnēji, ka elpošanas centru var pakļaut arī gribai. Netrenēts cilvēks spēj apmēram minūti aizturēt elpu, kā arī ar gribu to pārātrināt. Šī spēja cilvēkam izveidojusies sakarā ar runas funkciju. Izelpu un ieelpu dziedāšanas laikā apzināti regulē arī dziedātāji. Prasme pareizi elpot ir ļoti svarīga sportistiem.

## GREMOŠANA

Dzīvības procesu uzturēšanai, šūnu un audu struktūras atjaunošanai un darba veikšanai organisms patērē enerģiju, ko iegūst, uzņemot uzturu. Uzturs sastāv no uzturvielām — olbaltumvielām, taukiem un ogļhidrātiem, kā arī no ūdens, minerālvielām (makroelementiem un mikroelementiem), vitamīniem.



Ūdeni, vitamīnus, makroelementus un mikroelementus organisms izmanto tādā veidā, kādā uzņem ar uzturu. Olbaltumvielas, tauki un ogļhidrāti tādos savienojumos, kādos tie ietilpst uzturā, nevar uzsūkties, t. i., nevar pāriet no gremošanas kanāla asinīs un limfā. Barība gremošanas kanālā tiek pārveidota gan fizikāli — sasmalcināta, saberzta, šķīdināta, gan ķīmiski — ar siekalu, kuņģa sulas, aizkuņģa dziedzera un zarnu sulas fermentiem uzturvielas tiek sašķeltas līdz uzbūves sastāvdaļām — *monomēriem*.

Gremošanas fermenti ir olbaltumvielas, kuras izstrādā pats organisms kā bioloģiskus katalizatorus. Šie katalizatori gremošanas kanālā paātrina barības šķelšanu, bet paši šajā procesā neizmainās. Tāpēc minimāls fermentu daudzums nodrošina lielas barības masas sašķelšanu. Katrs gremošanas ferments darbojas tikai noteiktā vidē — neitrālā, skābā vai sārmainā. Fermentu maksimālā aktivitāte novērojama, ja ķermeņa temperatūra ir normāla. Fermenti ir specifiski — katrs no tiem iedarbojas uz noteiktas ķīmiskās uzbūves vielu.

Gremošanas sulās izšķir trīs fermentu grupas:

- 1) *proteolītiskos fermentus* — šķel olbaltumvielas;
- 2) *lipolītiskos fermentus* — šķel taukus;
- 3) *amilolītiskos fermentus* — šķel ogļhidrātus.

Olbaltumvielas fermenti sašķel līdz aminoskābēm, taukus — līdz glicerīnam un taukskābēm, ogļhidrātus — līdz monosaharīdiem (glikozei u. c.).

## GREMOŠANAS KANĀLA UZBŪVE

Gremošanas kanāls ir caurule ar vairākiem paplašinājumiem, kuras sienai (sākot no rīkles) ir kopējas uzbūves īpatnības — tā sastāv no trim slāņiem. Ārējā kārtā ir blīvs *saistaudu apvalks*, kuru visiem vēdera dobuma orgāniem veido *vēdera plēve*. Šim slānim ir aizsargnozīme.

Vidējā kārtā visiem cauruļveida orgāniem ir *muskulatūra*. Mutes dobumā un rīklē ir šķērsvītrotā muskulatūra, bet no barības vada augšdaļas līdz taisnās zarnas slēdzējmuskuļiem šo slāni veido gribai nepakļautā gludā muskulatūra, kuru inervē veģetatīvā nervu sistēma. Gludās muskulatūras šķiedras parasti novietotas vairākās kārtās, kas atšķiras pēc šķiedru virziena (gredzeniski, slīpi). Slīpā muskulatūra izraisa šī kanāla tārpveida kustības, gredzeniskā — veido iežmaugas. Gremošanas kanāla muskulatūra virza barību cauri kanālam un sajauc to. Kopumā šīs kustības sauc par *peristaltiku*. Cilvēka gremošanas kanālam barība iziet cauri normāli 24—30 stundās.

Trešā — iekšējā kārtā — gremošanas kanāla orgāniem ir *gļotāda*. Vairumam orgānu (it sevišķi kuņģi, tievajās zarnās) gļotāda ir ļoti krokota, tā palielinās saskares virsma ar barību.

Ģlotādā, kā rāda nosaukums, ir sīki *dziedzeri*, kas izdala ģlotas. Ģlotas saslapina kumosu, un barība labāk slīd. Ģlotas aizsargā kanāla sienu no ievainošanas, ko var izraisīt rupjas, asas barības sastāvdaļas. Bez tam ģlotas pasargā kuņģa, tievās zarnas sienu no gremošanas sulu kairinošās iedarbības. Novērots, ka gremošanas sulas pastiprināti izdalās ēšanas reizēs. Ja ēdam neregulāri un ierastajā laikā kuņģis ir tukšs, tajā izdalītā sula pastiprināti kairina kuņģa sienu. Rezultātā var rasties kuņģa slimības, piemēram, ģlotādas iekaisumi, čūlas. Tāpēc viens no veselības saglabāšanas priekšnoteikumiem ir regulāra ēdienreīžu ievērošana.

Bez ģlotu dziedzeriem ģlotādā un zemģlotādā kuņģī un tievajā zarnā ir arī citi mikroskopiski dziedzeri, kas izdala gremošanas sulas, kuru fermenti šķel uzturvielas. Tievās zarnas ģlotāda veido *bārkstīņas*, kurās ieiet asinsvadu un limfvadu kapilāri. Šajā sistēmā notiek sašķeltās barības uzsūkšana. Tātad ģlotādai gremošanas kanālā ir vairākas ļoti būtiskas funkcijas.

## GREMOŠANAS ORGĀNI UN GREMOŠANA

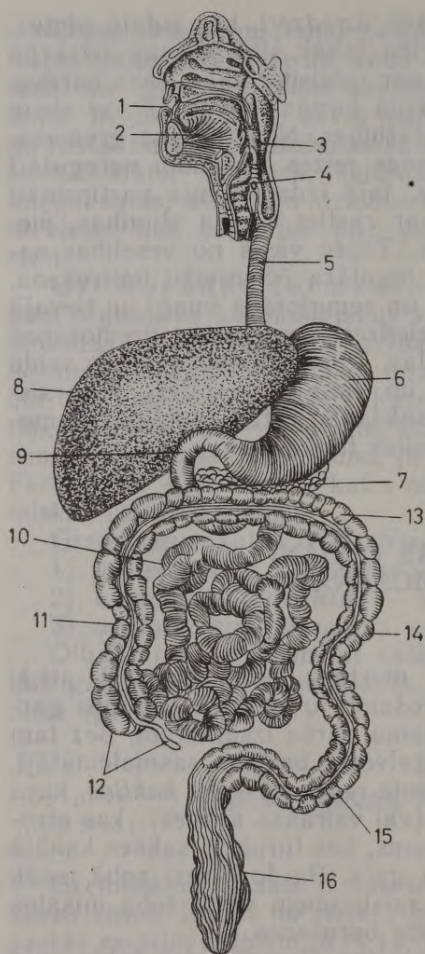
Gremošanas kanāls sākas ar mutes dobumu (52. att.). Mutes dobumā notiek barības šķirošana, jo uz mēles atrodas garšas receptori. Barību ar nepieņemamu garšu izspļaujam. Bez tam mutes dobumā izvietoti *zobi* — galvenie barības sasmalcinātāji.

Katram *zobam* ir *kronis* — mutē redzamā daļa, *kakliņš*, kuru cieši apņem smaganas, un *sakne* (vai vairākas saknes), kas atrodas zoba ligzdā žoklī. Zobā ir dobums, kas turpinās saknes kanālā un beidzas ar atveri zoba saknes galā. Pa šo atveri zobā ienāk asinsvadi un nervi, kuri kopā ar saistaudiem veido zoba mīkstos audus — *pulpu*, kas nodrošina zoba barošanos.

Zobiem ir dažāda forma un funkcijas. Centrā katrā žokļa pusē ir divi *priekšzobi*, kuru kronim ir lāpstīgas forma. Ar tiem tiek nokosta barība. *Acu zobiem* ir trīsstūrveida kronis. Acu zobi atrodas pa vienam aiz priekšzobiem katrā žokļa pusē. Ar acu zobiem barību satur. Tālāk seko divi *mazie dzerokļi*, kuru kronis ir plakans, piemērots barības sasmalcināšanai. *Lielaļiem dzerokļiem* (2 vai 3 katrā žokļa pusē) ir plata košanas virsma; tie ir masīvi, ar 2 vai 3 saknēm, ļoti piemēroti barības sasmalcināšanai.

Mutes dobumā uz barību iedarbojas pirmā gremošanas sula — *siekalas*, kuras izdala trīs pāri (pieauss, zemmes, zemžokļa) siekalu dziedzeri, kā arī daudzi mikroskopiski siekalu dziedzeri mutes ģlotādā. Kopā diennaktī izdalās 1—1,5 l siekalu, kuras ēdot kopā ar barības kumosu norijam. Siekalu galvenā sastāvdaļa ir ūdens (98—99%), tāpēc tās ir barības šķīdinātājas, jo tikai izšķīdusi barība kairina garšas receptorus uz mēles. Siekalās ir ģlotviela — *mucīns*, kas salīpina kumosu. Bez tam siekalās ir fermenti — *amilāze*





52. att. Gremošanas orgānu sistēma:

1 — mutes atvere, 2 — mutes dobums, 3 — rīkle, 4 — balsene, 5 — barības vads, 6 — kuņģis, 7 — aizkuņģa dziedzeris, 8 — aknas, 9 — divpadsmitpirkstu zarna, 10 — apzarņa zarnas, 11 — resnās zarnas augšupejošā daļa, 12 — akla zarna ar tarpveida piedekli, 13 — resnās zarnas šķērsdaļa, 14 — resnās zarnas lejupējošā daļa, 15 — S-veida zarna, 16 — taisnā zarna.

un maltāze, kas iedarbojas uz polisaharīdiem (cieti). Siekalu reakcija ir viegli sārmaina.

Barību rijot, tā tālāk nonāk rīklē, barības vadā, no tā — kuņģī. Kuņģis atrodas kreisajā ķermeņa pusē zem diafragmas. Tas ir gremošanas kanāla paplašināta daļa, kura tilpums 1,5—4,0 l. Atkarībā no ķīmiskā sastāva kuņģa slēdzējmuskulis (sfinkters) barību aiztur kuņģī 0,5—4 stundas. Visilgāk kuņģī paliek ar taukiem bagāta, stipri saņemta barība. Tātad kuņģis ir barības rezervuārs. Kuņģa muskuļu slānis ir ļoti spēcīgi attīstīts, tāpēc kuņģī notiek arī barības mehāniska sajaukšana. Kuņģa gļotāda ir krokota, izdala gļotas un kuņģa sulu. Mikroskopiskie dziedzeri, kas izdala diennaktī 1,5—2,0 l kuņģa sulas, satur divu veidu šūnas — vienas izdala *sālsskābi* (0,5%), otras — fermentu *pepsīnu*, kas skābā vidē šķēļ olbaltumvielas. Kuņģa sulas sālsskābe iznīcina ar barību norītos mikroorganismus, regulē barības pāreju no kuņģa zarnās, ietekmē aizkuņģa dziedzera sulas atdalīšanos. Kuņģis ir vienīgā gremošanas kanāla daļa, kurā ir skāba vide.

Aiz kuņģa seko tievā zarna, kas ir visgarākā gre-

mošanas kanāla daļa (4—5 m). Tievo zarnu iedala divpadsmitpirkstu zarnā un apzarņa zarnā.

*Divpadsmitpirkstu zarna* ir pakavveidīga, divpadsmit blakus saliktu pirkstu garumā. Tajā ieplūst divu dziedzeru sulas — *aizkuņģa dziedzera sula* (0,8—1,3 l diennaktī) un no aknām — *žults* (0,8—1,0 l diennaktī). Aizkuņģa dziedzera sula ir sārmaina

un ar fermentiem visbagātākā gremošanas sula. Tā satur fermentus, kas šķel visas trīs pamatuzturvielas. *Tripsīns* un *himotripsīns* šķel olbaltumvielas, *lipāze* — taukus, *amilāze*, *maltāze* — ogļhidrātus.

Žults gremošanas fermentus nesatur. Tās svarīga sastāvdaļa ir *žultsskābes*, kas nepieciešamas tauku šķelšanai un uzsūkšanas norisēm. Žults emulgē taukus (pārvērš mikroskopiskos pilieniņos), kā arī aktivē aizkuņģa dziedzerā izdalīto fermentu lipāzi, kas taukus šķel.

*Apzarņa zarna* pilda divas funkcijas. Pirmkārt, tās glotādā esošie mikroskopiskie dziedzeri izdala *zarnu sulu* (ap 2 l dienā), kura pēc sastāva un iedarbības ir līdzīga aizkuņģa dziedzerā sulai. Tātad apzarņa zarnā turpinās (un arī beidzas) barības šķelšana. Otrkārt, apzarņa zarnu glotāda veido *bārkstiņas* (ap 2500 uz 1 cm<sup>3</sup>) — mikroskopiskus izaugumus, kuros ieiet asinsvadi un limfvadi. Olbaltumvielu un ogļhidrātu šķelšanās produkti, kā arī ūdens, minerālvielas un vitamīni uzsūcas venozajos kapilāros, apzarņa zarnas bārkstiņās. Šiem asinsvadiem saplūstot, veidojas vārtu vēnas sistēma. Vārtu vēna aiznes visus zarnās uzsūktos produktus uz aknām kā «centrālo laboratoriju», kur ar uzsūktajiem monomēriem notiek dažādi bioķīmiski procesi.

Vienīgi tauku šķelšanās produkti — glicerīns un taukskābes, kas zarnas sienā sintezējas atkal par cilvēka organismam raksturīgiem taukiem, uzsūcas limfā un ar limfu ieplūst lielajā asinsrites lokā.

No tievās zarnas nesagremotā barība nonāk resnajā zarnā. Šī pāreja ir ķermeņa labajā pusē iegurnā rajonā. Tievā zarna ieiet resnajā zarnā augstāk par tās sākumu, un rezultātā izveidojas akls nodalījums — *aklā zarna ar tārpveida piedēkli*, kuru iekaisuma gadījumos izoperē. Resnajā zarnā mīt mikroflora, piemēram, zarnu nūjiņa. Resnajā zarnā esošie mikroorganismi sintezē daļu cilvēkam nepieciešamo vitamīnu.

Resnās zarnas funkcija ir *ūdens uzsūkšana* no nesagremotās barības pusšķidrā saturā. Ūdeni cilvēks uzņem ēdot, dzerot, bet, kā jau minēts, ļoti daudz šķidruma (ap 7 l) ieplūst gremošanas kanālā arī ar gremošanas sulām (siekalām, kuņģa sulu, aizkuņģa dziedzerā sulu, žulti, zarnu sulu). Pamatā viss ūdens tiek no zarnas satura uzsūkts atpakaļ asinīs, jo ar fekāliju masu cilvēks normāli diennaktī izdala tikai ap 250 ml ūdens. Ja zarnu peristaltika ir paātrināta (piemēram, notikusi saindēšanās, kas izraisa zarnas gļotādas iekaisumus), ūdens uzsūkšana ir traucēta, organisms zaudē ļoti daudz ūdens un sāļu. Tā tas ir caurejas gadījumā. Smagākos gadījumos zūd organisma ūdens-sāļu līdzsvars, un tas var būt arī nāves cēlonis. Resnā zarna pāriet *taisnajā zarnā*, kas beidzas ar *anālo atveri*.

Pārskatu par galvenajiem procesiem, kas notiek gremošanas kanālā, dod 9. tabula.



## Gremošana

9. tabula

| Barības sastāvdaļas, uz kurām iedarbojas gremošanas fermenti un žults                                                                    | Barības šķelšanas galaprodukts                                   | Procesu kopums gremošanas kanāla nodalījumā                              | Gremošanas kanāla nodalījumi         | Gremošanas sula, tas daudzums diennakti                                                              | Galvenie fermenti gremošanas sulā                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Ogļhidrāti (ciete)                                                                                                                       | Glikoze                                                          | Barības sasmalcināšana, samitrināšana, kumosa veidošana, cietes šķelšana | Mutes dobums                         | Siekalas, vāji sārmainas, 1,0—1,5 l                                                                  | Amilāze                                                      |
| Olbaltumvielas<br>Emulģēti piena tauki                                                                                                   | Vienkāršākas olbaltumvielas (peptoni)<br>Glicerīns un taukskābes | Olbaltumvielu šķelšana, piena tauku šķelšana                             | Kūģis                                | Kūģa sula, skāba (0,4—0,5% HCl), 1,5—2,0 l                                                           | Pepsīns                                                      |
| Olbaltumvielu šķelšanas produkti<br>Emulģēti tauki<br>Ogļhidrāti<br>Emulģē taukus, aktīvē fermentu lipāzi, veicina taukskābju uzsūkšanos | Aminoskābes<br>Glicerīns, taukskābes<br>Glikoze                  | Visu uzturvielu šķelšana                                                 | Tievā zarna: divpadsmitpirkstu zarna | Ieplūst<br>a) aizkuņģa dziedzera sula, sārmaina, 0,8—1,2 l<br>b) žults no aknām, sārmaina, 0,8—1,0 l | Tripsīns<br>Lipāze<br>Amilāze, maltāze, u.c.<br>Fermentu nav |
| Olbaltumvielu šķelšanas produkti<br>Emulģēti tauki<br>Ogļhidrāti                                                                         | Aminoskābes<br>Glicerīns, taukskābes<br>Glikoze                  | Visu uzturvielu šķelšana, produktu uzsūkšana                             | apzarņa zarna                        | Zarnu sula, sārmaina, 2,0—3,0 l                                                                      | Peptidāzes<br>Lipāze<br>Amilāze, maltāze                     |
| —                                                                                                                                        | —                                                                | Ūdens uzsūkšana, fekāliju masas veidošana                                | Resnā zarna                          | —                                                                                                    | —                                                            |

## Uztura normas

Nosakot uztura normas, piemēram, vienai dienai, ir jāievēro vairāki apstākļi. Pirmkārt, ir svarīgi, lai uzņemtais uzturs katru dienu kompensētu to enerģijas daudzumu, kuru organisms dienā laikā izlieto dzīvības procesu norisēm, darba veikšanai.

Kāds enerģijas krājums atrodas uzturvielās, cik kaloriju tās satur? Ir noskaidrots, ka 1 g olbaltumvielu un ogļhidrātu sadaloties un oksidējoties atbrīvo 4,1 kcal, bet 1 g tauku — 9,3 kcal. Zinot atsevišķu komponentu daudzumu dienas uzturā, var aprēķināt uztura devas kopējo kaloriju daudzumu. Bez tam jāzina, kāds ir enerģijas patēriņš diennaktī dažādu profesiju (vai to grupu) cilvēkiem. Šie dati ir zināmi un svārstās robežās no 3000 līdz 5000 kcal.

Otrkārt, jāievēro, ka organismam regulāri nepieciešams visu triju grupu (olbaltumvielas, tauki, ogļhidrāti) uzturvielas. *Olbaltumvielas* ir pamatmateriāls, no kura veidojas un atjaunojas šūnu struktūrelementi. Vairums fermentu, hormonu un citu bioloģiski aktīvu vielu, kas izdalās organismā, ir olbaltumvielas. Raksturīgi, ka dzīvnieku valsts olbaltumvielas atšķirībā no augu olbaltumvielām satur visas zināmās, tajā skaitā arī cilvēka organismam neaizvietojamās aminoskābes.

*Taukvielas* nepieciešamas dažu šūnas sastāvdaļu atjaunošanai, dažu hormonu sintēzei u. c. Bez tam taukvielas satur vislielākos enerģijas krājumus. Šo vielu sastāvā uzņemam taukos šķīstošos vitamīnus.

*Ogļhidrāti* ir organisma galvenais enerģētiskais materiāls, kas kompensē organisma dzīvības norisēs un darbā iztērētos enerģētiskos zudumus.

Diennaktī nepieciešamo uzturvielu aptuvenās normas dažādu profesiju cilvēkiem, kā arī optimālās olbaltumvielu, taukvielu un ogļhidrātu attiecības uzturā parādītas 10. tabulā.

10. tabula

Diennaktī nepieciešamo barības vielu aptuvenās normas

| Barības vielas                                              | Barības vielu daudzums katrai grupai, g               |                                                   |                                           |                              |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
|                                                             | cilvēki, kuru profesija nav saistīta ar fizisku darbu | cilvēki, kuru profesija saistīta ar fizisku darbu |                                           |                              |
|                                                             |                                                       | ar mehānizētu darbu                               | ar mehānizētu vai daļēji mehānizētu darbu | ar smagu, nemehānizētu darbu |
| Olbaltumvielas, tajā skaitā dzīvnieku valsts olbaltumvielas | 109<br>67                                             | 122<br>72                                         | 146<br>82                                 | 163<br>94                    |
| Taukvielas, tajā skaitā dzīvnieku valsts taukvielas         | 106<br>91                                             | 116<br>95                                         | 134<br>108                                | 153<br>121                   |
| Ogļhidrāti                                                  | 433                                                   | 491                                               | 558                                       | 631                          |
| Uztura devas kopējais kaloriju daudzums, kcal               | 3208                                                  | 3592                                              | 4112                                      | 4748                         |



Cilvēkam jāēd 4 reizes dienā. No rīta ieteicami tonizējoši dzērieni — tēja, kafija, kakao, kā arī 20—30% no dienas uztura devas: 40—50% uztura jāuzņem pusdienās un launagā, bet vakariņās — ne vairāk par 20%. Vakariņas jāēd 1,5—2 stundas pirms gulētiešanas.

## GREMOŠANAS HIGIĒNA

Daudzas infekcijas slimības, kuru ierosinātāji ir vīrusi, baktērijas, kā arī parazitārās slimības, kuras ierosina parazitiskie tārpi, negatīvi ietekmē gremošanas procesu. Zarnu infekciju ierosinātāji, piemēram, baktērijas, kas izraisa vēdertifu un dizentēriju, holeras vibriņš, Botkina jeb infekciozās dzeltenās slimības izraisītājs vīruss, iekļūst organismā caur muti. Infekcijas avots ir slimais cilvēks, kas slimības ierosinātājus visvairāk izdala ar fekālijām, urīnu. Pēc tam slimības ierosinātāji var nonākt uz slimnieka drēbēm, sadzīves priekšmetiem, arī apkārtējā vidē — augsnē, ūdenī.

Cilvēks inficējas, ja neievēro higiēnas prasības, it sevišķi roku tīrību, kā arī nedezinficē traukus un sadzīves priekšmetus, ja tie bijuši saskarē ar slimnieku. Infekciju no slima cilvēka uz sadzīves priekšmetiem, pārtikas produktiem var pārnest arī lidojoši kukaiņi, visbiežāk mušas, tāpēc tās jāiznīcina.

Akūtas kuņģa un zarnu slimības rodas arī tad, ja uzturā lieto ar mikroorganismiem vai to toksīniem inficētus pārtikas produktus, — tā ir saindēšanās ar uzturu. Visbiežāk no šāda veida slimībām novēro *botulismu* — infekciju, kas rodas, ja uzturā lieto ar botulisma nūjiņu un tās toksīniem inficētus pārtikas produktus. Šie mikroorganismi parazitē daudzu dzīvnieku (cūku, govju, zivju, arī vēžveidīgo u. c.) zarnu traktā. Cilvēks saindējas, lietojot uzturā inficētus produktus, it sevišķi konservus, jo bezgaisa vidē 30—37 °C temperatūrā sākas mikroorganismu vairošanās. Lai nesaslimtu, nav ieteicams gaļas, zivju un citus konservus gatavot mājas apstākļos.

Gremošanas kanālā nonāk arī parazitisko tārpu (helmtu) olas vai kāpuri. Visbiežāk sastopamie parazitiskie tārpi ir cērmes, matgalvji, spalīši, trihinellas, kuru bioloģija un vairošanās īpatnības apskatītas zooloģijas nodaļā.

## VITAMĪNI

Jau XVII gs. jūrasbraucēji ievēroja, ka, lietojot vienveidīgu uzturu, kad trūkst svaigu dārzeņu un augļu, cilvēkiem sāk asiņot gļotādas, izkrīt zobi, pietūkst locītavas. Šo slimību ārsts A. Krāmers nosauca par *cingu* jeb *skorbutu*, bet tās cēloni nezināja.

Tikai 1910. gadā pirmo reizi tika aprakstīti vitamīni (lat. *vita* — dzīvība, t. i., dzīvībai svarīgi amīni). Sākumā amīnus uzskatīja

par vitamīnu pamatsastāvdaļu. Kaut arī vēlāk noskaidroja, ka vitamīnu struktūrā ne vienmēr ir šis komponents, tomēr nosaukums saglabājās.

Daži vitamīni ietilpst fermentu sastāvā, citi — to vielu sastāvā, kas darbojas kopā ar fermentiem, un bez šīm vielām fermenti ir neaktīvi. Līdz ar to vitamīni nepieciešami normālai vielmaiņas norisei. Vitamīni jau ļoti mazās devās aktīvi piedalās organisma vielmaiņas procesos, līdz ar to ietekmējot organisma augšanu, attīstību, vairošanos.

Atšķirībā no hormoniem un fermentiem, kurus organisms sintezē, vairumu vitamīnu cilvēka organisms nespēj sintezēt. Vitamīni veidojas mikroorganismos un augos, tāpēc to daudz augu valsts produktos. Vitamīni koncentrējas arī dzīvnieku valsts produktos (aknās, pienā, olās u. c.), jo dzīvnieki uzturā izmantojuši augu veidotās vielas un deponējuši tās savā organismā.

Ja barībā trūkst kāda vitamīna vai tas ir nepietiekamā daudzumā, attīstās specifiskas slimības. Trūkstot vienam vitamīnam, rodas šī vitamīna *avitaminoze*. Pilnīgs kāda vitamīna trūkums organismā tomēr novērojams samērā reti. Biežāk novērojama saslimšana, kuras cēlonis ir nepietiekams vitamīnu daudzums uzturā. Tādas slimības sauc par *hipovitaminozēm*. Visām avitaminozēm un hipovitaminozēm bez specifiskām pazīmēm ir virkne kopēju pazīmju: to ietekmē organisms lēnāk aug, samazinās ēstgriba, novēro novāješanu, gremošanas darbības traucējumus u. c.

Ļoti lielu ieguldījumu vitaminoloģijas un racionālas uztures problēmu risināšanā devis mūsu republikas zinātnieks prof. A. Kirhenšteins (1872—1963), kurš publicējis vairāk nekā 300 zinātnisku darbu.

Arī pārmērīga vitamīnu uzņemšana var ierosināt novirzes vielmaiņā un izraisīt slimības — *hipervitaminozes*. Tāpēc sintētiskie vitamīni, it īpaši taukos šķīstošie, jālieto tikai pēc ārsta norādījuma.

Pašlaik zināmi vairāk nekā 20 dažādi vitamīni, kas nepieciešami cilvēka organismam. Katram no tiem ir noteikta vieta un nozīme vielmaiņā. Vitamīnus apzīmē ar latīņu alfabēta lielajiem burtiem, bet daudziem no tiem ir arī ķīmiskie nosaukumi, piemēram, C vitamīns jeb askorbīnskābe, PP vitamīns jeb nikotīnskābe u. c.

Vitamīnus iedala *taukos šķīstošos* un *ūdenī šķīstošos vitamīnos*. Taukos šķīstošie vitamīni ir A, D, E, K vitamīni. Ūdenī šķīstošie ir C un B grupas vitamīni u. c.

## TAUKOS ŠĶISTOŠIE VITAMĪNI

**A vitamīns.** Augi satur tikai A vitamīna veidotāju vielu — *provitamīnu*. Tas ir dzeltenais pigments *karotīns*, kas piešķir augļiem un saknēm, piemēram, burkāniem, tomātiem, krāsu. Ēdot



produktus, kuri satur karotīnu, tas uzsūcas un tievās zarnas gļotādā pārvēršas par A vitamīnu, kas uzkrājas galvenokārt aknās. Daudz A vitamīna ir pilnpienā, sviestā, olas dzeltenumā.

A vitamīna trūkums augošā organismā izraisa augšanas un attīstības traucējumus. Bez tam gan bērniem, gan pieaugušajiem rodas patoloģiskas izmaiņas ādā un gļotādā. Izmaiņas rodas acs radzenē — tur veidojas sadūļojums un rēta. A vitamīni ietilpst arī *redzes purpurā* — acs tiklenē. Tā ir viela, kas gaismas ietekmē sadalās, un ar to ir saistīts redzes process. A vitamīna deficīta gadījumā ir traucēta redzes purpura veidošanās, tādēļ pasliktinās redze.

Noskaidrots, ka A vitamīns ietekmē ogļhidrātu, olbaltumvielu un tauku maiņu.

**D vitamīna** trūkums rada kalcija un fosfora maiņas traucējumus kaulu sistēmā. Šo slimību sauc par *rahītu* (gr. *rhachis* — mugurkauls). Rahīta slimniekiem samazinās kalcija un fosfora sāļu daudzums kaulos, tie kļūst mīksti un viegli izliecas. Slimam bērnam palielinās galva, deformējas krūškurvis, novājinās muskuļi, slikti attīstās zobi. Rahīta slimniekiem bieži ir slikta ēstgriba, elpošanas orgānu darbības un citu orgānu funkciju traucējumi.

Rahīta profilaksei un ārstēšanai lieto vitaminizēto eļļu. Bez tam organisms jānodrošina ar kalcija un fosfora sāļiem optimālās attiecībās (2:1). Interesanti atzīmēt, ka šāda kalcija un fosfora attiecība ir pienā. Svarīga loma rahīta ārstēšanā ir saules gaismai. Cilvēka ādā ir viela, kas ultravioleto staru ietekmē pārvēršas par D vitamīnu, tāpēc vēlams rahīta profilakses nolūkos daudz laika pavadīt svaigā gaisā, atsedzot ādu saules staru iedarbībai.

**E vitamīna** ir daudz visu augu zaļajās lapās, sevišķi daudz kviešu dīgstos, arī pienā, sviestā, olās, gaļā.

Šī vitamīna trūkums vai nepietiekams daudzums izraisa dzimumorgānu funkciju traucējumus. Visvairāk traucēta spermatozoīdu veidošanās. Sievietes organismā tiek traucēta apaugļotās olšūnas attīstība dzemdē, pārtraucas grūtniecība. Bez tam novero arī skeleta muskuļu atrofiju, pat paralīzi.

**K vitamīns** ir nepieciešams normālai asins sarecēšanai. Tā trūkums barībā izraisa asiņošanu zemādas saistaudos, muskuļos, gremošanas traktā. K vitamīns ir augu valsts produktos: daudz tā ir spinātos, salātos, kāpostos, sadīgušos kviešu graudos.

## UDENI ŠĶĪSTOŠIE VITAMĪNI

**C vitamīna** (askorbīnskābes) ķīmiskā struktūra tika noskaidrota 1933. gadā. Šis vitamīns veidojas augstākajos un zemākajos augos, arī daļa dzīvnieku spēj to sintezēt. Cilvēka organismā C vitamīns neveidojas. Galvenie C vitamīna avoti cilvēka uzturā ir kartupeļi, skābi kāposti, tomāti. Sevišķi daudz šī vitamīna ir citronos, upenēs, krūmīdониju augļos.

C vitamīns nepieciešams disimilācijas norisēm šūnās, arī dažu hormonu sintēzei, audu reģenerācijai. Šis vitamīns stimulē leukocītu aktivitāti un imūnvielu veidošanos, tāpēc tas pastiprināti jālieto, slimojot ar infekcijas slimībām, kā arī šo slimību profilaksei.

**B grupas vitamīni.** **B<sub>1</sub> vitamīnu** sevišķi daudz satur maize un alus raugs. Daudz tā ir arī graudos (sevišķi sēklapvalkā), kāpostos, burkānos, zirņos, pupās, ābolos.

B<sub>1</sub> hipovitaminoze izraisa vielmaiņas traucējumus, kuru rezultātā cieš nervu sistēmas un muskulatūras darbība, tajā skaitā arī sirds darbība. Slimniekiem ir sāpes sirds apvidū. Smagos gadījumos novēro krampju lēkmes, pat muskuļu paralīzi.

**B<sub>2</sub> vitamīns** ir šūnu visu oksidējošo fermentu obligāta sastāvdaļa. Daudz šī vitamīna ir raugā, olās, aknās, zivīs, pienā. B<sub>2</sub> hipovitaminoze izraisa bērnu augšanas un attīstības traucējumus, tāpēc šo vitamīnu sauc par *augšanas faktoru*. Hipovitaminozei raksturīgi ādas iekaisumi, muskuļu vājums, elpošanas, termoregulācijas traucējumi.

**B<sub>6</sub> vitamīns** nepieciešams normālai augšanai, attīstībai, nervu sistēmas darbībai, arī asins formelementu veidošanai. Daudz šī vitamīna ir raugā, graudu asnos, aknās, olās. B<sub>6</sub> vitamīnu nelielos daudzumos sintezē arī zarnu mikroflora. B<sub>6</sub> hipovitaminoze izraisa mazasinību, ādas iekaisumus, smagos gadījumos — krampju lēkmes.

**B<sub>12</sub> vitamīna** bioloģiskā iedarbība organismā ir daudzveidīga. Tas piedalās olbaltumvielu maiņā, kā arī nukleīnskābju sintēzē. No dzīvnieku valsts produktiem B<sub>12</sub> vitamīnu ļoti daudz satur aknas, pārējos orgānos tā ir maz. B<sub>12</sub> hipovitaminozes galvenā pazīme ir ļaundabīga mazasinība un nervu sistēmas darbības traucējumi.

Bez minētajiem vitamīniem ir vēl citi vitamīni, kuri arī ietekmē atsevišķus vielmaiņas posmus un fizioloģisko procesu norises cilvēka organismā.

## IZVADORGĀNU SISTĒMA

Ūdens un tajā izšķīdušie vielmaiņas galaprodukti no šūnām nokļūst audu šķīdumā, limfā, asinīs. Asinis transportē tos uz izvadorgāniem.

Cilvēka organismā vielmaiņas galaproduktus izvada vairākas orgānu sistēmas. Tā oglekļa dioksīds un ūdens tvaiki (ap 0,5 l diennaktī) izdalās caur *plaušām*. Slāpekli saturoši galaprodukti, galvenokārt urīnviela, izdalās caur *nierēm* ar urīnu. Bez tam nieres ir galvenais orgāns, kas regulē ūdens un sāļu līdzsvaru organismā. Neliels šo vielu (sāļu, urīnvielas) daudzums, kā arī ūdens izdalās ar *sviedriem*. Smagie metāli, piemēram, dzelzs, varš, izdalās no organisma caur gremošanas kanālu ar *gremošanas sulām*. Pirmajā

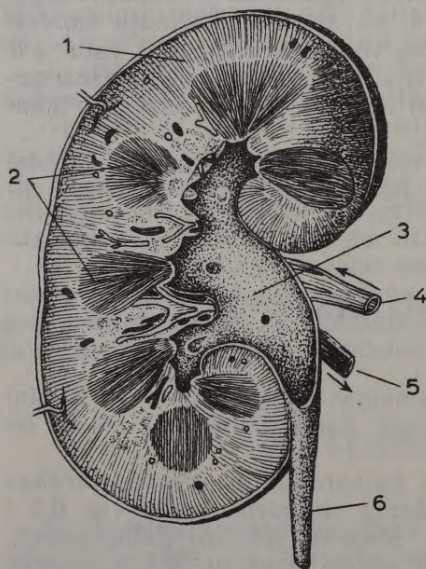


vietā šajā ziņā ir žults. Ir daži ķīmiski elementi, to skaitā dzīvsudrabs, svins, kadmījs u. c., kuri no organisma izdalās ļoti grūti. Ja ilgstoši, kaut arī nelielā daudzumā, šie elementi vai to savienojumi iekļūst organismā, notiek to uzkrāšanās (akumulācija), kas izraisa saindēšanos. Tāpēc tik bīstama ir vides piesārņošana, piemēram, ar svinu, dzīvsudrabu saturošiem savienojumiem. Līdzīgi kā cilvēka organismā, tie uzkrājas arī dzīvnieku organismā, galvenokārt aknās.

## NIERES

No visām minētajām sistēmām nieres un ar tām saistītie urīnvadi, urīnpūslis un urīnizvadkanāls ir specializēta sistēma izvadfunkcijas veikšanai. Nieres funkciju nevar aizstāt pārējie izvadorgāni.

Nieres ir pāra orgāns, kas atrodas jostas apvidū pie vēdera dobuma mugurējās sienas. Nieres masa ir 120—150 grami. Nieres apņem tauku kapsula. Patoloģiskas novāļēšanas gadījumā, kā arī trieciena rezultātā pa muguru jostas apvidū niere var noslīdēt, iestiept nervus, asinsvadus, kas tajā ieiet, radot stipras sāpes. Tādā gadījumā palīdz tikai ķirurģiska iejaukšanās.



53. att. Nieres šķēsgriezuma shēma:

1 — nieres garoza, 2 — nieres serde (piramīdas),  
3 — nieres blāidņa, 4 — nieres artērija, 5 — nieres  
vēna, 6 — urīnvads.

Nieres ieliekto malu, kas vērsta pret mugurkaulu, sauc par nieres vārtiem, jo te nierē ieiet artērija, nervi, iznāk nieres vēna, urīnvads. Raksturīgi, ka nierēm pieplūst ļoti daudz asins: vienā minūtē caur tām iztek apmēram 1,2 l, t. i., viena piektā daļa no kopējā asins daudzuma.

Nieres šķēsgriezumā redzami divi slāņi. Tumšāko — ārējo daļu — sauc par nieres garozu. To veido sīkgraudaina struktūra, kurā redzami sārti punkti — *asinsvadu kapilāru kamoliņi* jeb *Malpīģija kamoliņi* (53. att.).

Nieres iekšējā daļa ir nieres serde. Tās pamatā ir trīsstūrīgi veidojumi, ko sauc par *nieres piramīdām*. Starp šīm piramīdām stabiņveidīgi iespiežas nieres garozas slānis. Piramīdas ir 6 vai 7, bet katra no tām

veidojusies, saplūstot 2 vai 3 sīkākām piramidām. Piramīdas pamatne ir vērsta pret nieres garozu, bet galotne — uz nieres vārtiem. Katras piramīdas galotni apņem *nieres piltuve*, bet, saplūstot piltuvēm, izveidojas dobums — *nieres bļodiņa*. No nieres bļodiņas sākas *urīnvads*, kas stiepjas pa vēdera dobuma mugurējo sienu līdz *urīnpūslim*, kur atveras. Urīnpūslis ir rezervuārs, kurā nepārtraukti uzkrājas urīns, ko izdala nierēs. No urīnpūšļa sākas *urīnizvadkanāls*, kas atveras uz āru.

## NIERES MIKROSKOPISKĀ UZBŪVE UN URĪNA VEIDOŠANAS

Nieres uzbūves un darbības pamatvienība ir *nefrons* (VII krās. att.). Katrā nierē ir apmēram miljons nefronu.

Nefronu veido vairāki struktūrelementi. Visspīrms tie ir *asinsvadu kapilāru kamoliņi*. Šādus kamoliņus kā sārtus punktus var redzēt ar neapbruņotu aci nieres garozā. Šis kapilāru tīkls veidojas īpatnēji, un to sauc arī par «brīnišķīgo tīklu». Nierei no aortas pienāk liela diametra *nieres artērija*, kas pa nieres vārtiem ienāk nierē un sadalās sīkākās artērijās, kuras bez zarošanās cauri piramīdas starpslāņiem nonāk nieres garozā. Garozas slāni artērija zarojas *arteriolās*, kas pāriet kapilāru kamoliņos — *Malpīģija kamoliņos*. Raksturīgi, ka arteriolas zaram, kas kapilāru veido, ir lielāks diametrs nekā zaram, pa kuru asins no kapilāru kamoliņiem aizplūst. Bez tam kamoliņā ieejošais un izejošais vads gulstas cieši blakus. Šī morfoloģiskā uzbūve ļauj spriest par asinsrites īpatnībām kapilāru kamoliņos: pirmkārt, asins te plūst zem liela spiediena (ap 70 mm Hg — izejošais vads šaurāks); otrkārt, kamoliņa kapilārs ir ļoti garš, ar lielu kopējo virsmu. Noskaidrots, ka šajos kapilāru kamoliņos nenotiek gāzu maiņa starp asinīm un audiem, bet tiem ir cita funkcija: no asins plazmas cauri kapilāru sienai filtrējas *primārais urīns* jeb *pirmurīns*, kura sastāvs visai tuvs asins plazmas sastāvam.

Pirmurīna uzņemšanu nodrošina otrs nefrona struktūrelements — *Šumļanska—Boumena kapsula*, kas gandrīz pilnīgi apņem kapilāru kamoliņus, atstājot brīvu tikai arteriolu ienākšanas un izešanas vietu. Kapsulai ir kausiņa forma. Tās sienai sastāv no diviem šūnu slāņiem, starp kuriem ir spraugveidīgs dobums. Šajā dobumā nonāk pirmurīns.

Asins plazmas, pirmurīna un urīna sastāvs dots 11. tabulā. Redzams, ka asins plazmā ir 7—9% lielmolekulāru savienojumu. Tieši šī savienojumu grupa (olbaltumvielas, lipīdi un glikogēns) neietilpst pirmurīna sastāvā. Visas pārējās asins plazmas sastāvdaļas tādos pašos daudzumos filtrējas šajā sistēmā un nonāk Šumļanska—Boumena kapsulā. Pirmurīna filtrācijas intensitāte strauji samazinās, ja pazeminās asinsspiediens, piemēram, sirds vājuma gadījumos, šoka stāvoklī u. c. Cilvēka nierēs diennakti



## Asins plazmas, pirmurīna un urīna sastāvs, %

| Sastāvdaļas                                                    | Asins plazma | Pirmurīns | Urīns |
|----------------------------------------------------------------|--------------|-----------|-------|
| Ūdens                                                          | 90—92        | 99        | 98—99 |
| Lielmolekulāri savienojumi (olbaltumvielas, lipīdi, glikogēns) | 7—9          | —         | —     |
| Glikoze                                                        | 0,1          | 0,1       | —     |
| Sāļi (jonu veidā):                                             |              |           |       |
| Na <sup>+</sup>                                                | 0,3          | 0,3       | 0,4   |
| K <sup>+</sup>                                                 | 0,02         | 0,02      | 0,15  |
| Cl <sup>-</sup>                                                | 0,37         | 0,37      | 0,7   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                                  | 0,002        | 0,002     | 0,18  |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> u. c.                            | 0,009        | 0,009     | 0,15  |
| Slāpekli saturoši vielmaiņas galaprodukti:                     |              |           |       |
| urīnviela                                                      | 0,03         | 0,03      | 2,0   |
| urīnskābe                                                      | 0,004        | 0,004     | 0,05  |
| kreatinīns                                                     | 0,001        | 0,001     | 0,075 |

veidojas ap 100 l pirmurīna. Tas nozīmē, ka cilvēkam, kuram vidēji ir ap 6 l asins un tātad apmēram 3,5 l asins plazmas, šī plazma diennakts laikā daudzkārt tiek izfiltrēta cauri nieru sistēmai: kamoliņš-kapsula. Tādu ūdens, glikozes un sāļu daudzumus, kādus summāri satur pirmurīns, organisms nevar zaudēt, jo tad tas aizietu bojā. Tāpēc nākamā nefrona struktūra ir *likumotu kanāliņu sistēma*, kas nodrošina pirmurīna sastāvdaļu (izlases veida) atsūkšanu atpakaļ asinīs. Apskatīsim šo procesu sīkāk.

Aiz Šumļanska—Boumena kapsulas dobuma ir 1. *pakāpes likumotais kanāliņš*, kas pāriet *Henles cilpā*, un aiz tās ir 2. *pakāpes likumotais kanāliņš*. Vienā nefronā ietilpstošo kanāliņu kopējais garums ir 35—50 mm. 2. pakāpes likumotais kanāliņš ieplūst *savācējvadā*. Savācējvadi saplūst un atveras nierēs piramīdas galotnē, no kuras nierēs blodiņā izdalās urīns.

Kādi procesi notiek nierēs likumotajos kanāliņos?

Pirmurīnam plūstot pa kanāliņiem, to sienīņu epitēlijs atsūknē ne tikai ūdeni, bet aktīvi (ar enerģijas patēriņu) atsūc arī citas tā sastāvdaļas — glikozi, daļu sāļu. Šo procesu sauc par *reabsorbciju*.

Ūdens atsūkšanu regulē hipofīzes mugurējās daivas hormons, kas pastiprina nierēs kanāliņu ūdenscaurlaidību. Ūdens atsūcas pastiprināti, ja esam lietojuši maz šķidruma vai daudz sviduši. Šī procesa princips — visos apstākļos saglabāt vienmēr nemainīgu asins daudzumu organismā (ap 6 l). Te izpaužas organisma pašregulācija, kas notur nemainīgu asins sastāvu un daudzumu. Organisma reakcijas, kas uztur organisma iekšējās vides (audu šķidruma, limfas, asins) relatīvu nemainību, sauc par *homeostāzi*. Pretējā gadījumā (ja samazinās asins tilpums) pazeminās asins-

spiediens un iestājas neatgriezeniskas izmaiņas organismā. Te arī izpaužas nieru loma ūdens-sāļu līdzsvara regulācijā organismā.

Normāli no pirmurīna atsūcas visa glikoze kā organismam derīgs enerģētisks materiāls. Tas nenotiek cukura diabēta (cukura slimības) slimniekiem, jo tiem asins plazmā ir paaugstināta cukura koncentrācija.

No pirmurīna atsūcas atpakaļ arī daļa neorganisko vielu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  u. c.). Šo procesu regulē virsnieru garozas daļas hormoni.

Preteji iepriekš minētajām vielām no pirmurīna neatsūcas slāpekli saturošie vielmaiņas galaprodukti — urīnviela, urīnskābe, kreatinīns. Šie produkti ir indīgi, organisms no tiem atbrivojas. Tādējādi ūdens atpakaļatsūkšanās rezultātā nierēs likumotajos kanāliņos visa urīnviela, kas bija 80—100 l pirmurīna, koncentrējas 1—1,5 l urīna, sasniedzot tajā ap 2% koncentrāciju.

Visu šo procesu rezultātā no nierēs likumotajiem kanāliņiem savācējvados ieplūst urīns, kura daudzums diennaktī ir svārstīgs, vidēji 1,0—1,5 l, bet tā sastāvs būtiski atšķiras no pirmurīna sastāva (sk. 11. tabulu).

Reabsorbcijas procesā atsūktās pirmurīna sastāvdaļas no starpsūnu šķidruma atkal nonāk asinsvadu kapilāros. Arteriola, kura nes asinis prom no Malpīģija kamoliņiem, apkārt nierēs likumoto kanāliņu sistēmai veido otru kapilāru tiklu, kurā nonāk atsūktie produkti, kā arī tiek nodrošināta gāzu maiņa starp nierēs audiem un asinīm. Tikai pēc tam kapilāri veido vēnas, kas aiznes asinis no nierēs.

Tādējādi urīns nierēs veidojas 2 fāzēs: 1. fāze ir filtrācija sistēmā: asinsvadu kamoliņš-kapsula; 2. fāze — pirmurīna sastāvdaļu atpakaļatsūkšana nierēs likumotajos kanāliņos, kurus apņem otra kapilāru sistēma. Visu šo elementu kopumu sauc par nefronu.

No iepriekš teiktā izriet, ka nierēs ir dzīvībai neaizvietoājams orgāns, kurš organismā pilda divas pamatfunkcijas:

- 1) nierēs nodrošina slāpekli saturošu vielu maiņas galaproduktu izdalīšanu no organisma. Šīs funkcijas izbeigšanās gadījumā organisms saindējas ar olbaltumvielu maiņas galaproduktiem;

- 2) nierēs ir galvenais orgāns, kas nodrošina ūdens-sāļu līdzsvaru organismā un piedalās homeostāzes nodrošināšanā, kas ir nepieciešams noteikums normālai šūnu un visa organisma dzīvības procesu norisei.

Tāpēc nieru darbībai jāpievērš nopietna vērība un jāizsargājas no nieru saslīmšanas. Nieru iekaisumi var rasties saaukstējoties, piemēram, bez norūdišanās peldoties aukstā ūdenī, gulot uz aukstas zemes, kā arī pēc infekcijas slimībām. Nieru funkcija regulāri, it sevišķi pēc pārciestām slimībām, jāpārbauda, izdarot urīna analīzi.

**Izmeklējot urīnu**, novērtē tā fizikālās un ķīmiskās īpašības, kā arī nogulsnes pēc centrifugēšanas. Urīna reakcija parasti ir skāba



(pH 5,6—6,2). Tā var izmainīties atkarībā no uzņemtā uztura ķīmiskā sastāva. Lietojot uzturā daudz augu valsts produktu, urīna reakcija kļūst sārmaināka, bet, ēdot gaļas produktus, — skābāka. Veselam cilvēkam urīnā nav olbaltumvielu un glikozes. Nav arī eritrocītu, bet ir nedaudz leukocītu.

Nieru slimību, saindēšanās, sirds un citu slimību, kā arī patoloģiskas grūtniecības gadījumā urīnā olbaltumvielu koncentrācija var sasniegt pat 0,5%. Smagi nieru iekaisumi, kā arī izvadorgānu traumas var būt par cēloni tam, ka urīnā parādās eritrocīti. Glikozes izdalīšanās ar urīnu izteikta cilvēkiem, kas slimo ar diabētu. Aknu slimniekiem urīnā parādās žults pigments bilirubīns.

## ĀDA

Āda ir segorgāns. Organismā ādai ir vairākas funkcijas:

1) *aizsargfunkcija* — āda pasargā visus audus un orgānus no mehāniskiem bojājumiem, ķīmiskas iedarbības, radiācijas, aizkavē mikroorganismu iekļūšanu organismā, neļauj zaudēt ūdeni;

2) *vielmaiņas galaproduktu izdalīšanas funkcija*, ko veic sviedru un tauku dziedzeri, kas atrodas īstās ādas slānī;

3) āda ir *jušanas orgāns* — tajā ir vairāki simti tūkstošu receptoru, kas uztver pieskari, siltumu, aukstumu;

4) āda ir orgāns, kas *regulē ķermeņa temperatūru*, uzturot to pastāvīgu. To nodrošina sviedru iztvaikošana, siltuma izstarošana;

5) āda ir *depo orgāns*, kurā deponējas, piemēram, asinis. Zem ādas slānī uzkrājas tauki.

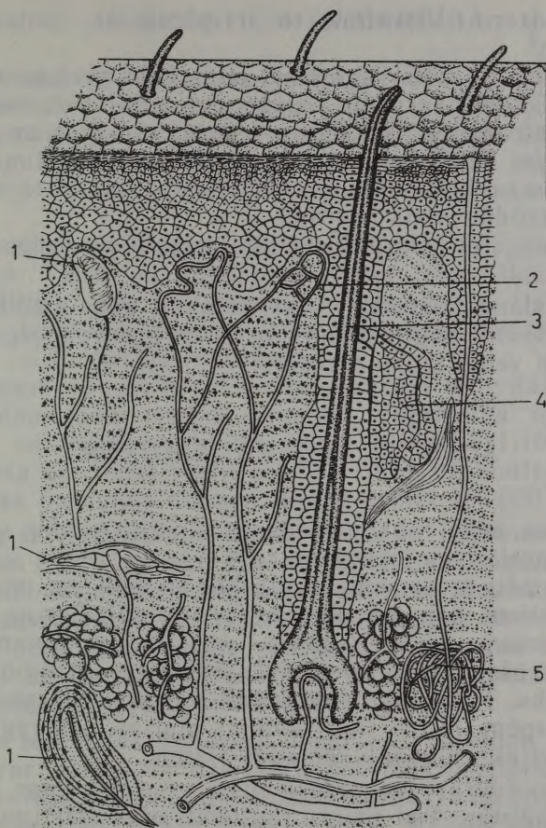
Pieaugušam cilvēkam kopējā ādas virsma ir 1,5—2,0 m<sup>2</sup>. Ap dabiskajām atverēm (muti, nāsīm u. c.) āda pakāpeniski pāriet gļotādā. Āda ir blīva, tā netaisnīgi cauri šķidrums, mikroorganismus. Tā ir arī elastīga. Ādas īpašības nosaka tās uzbūve.

## ĀDAS UZBŪVE

Ādai izšķir trīs slāņus (54. att.).

**Viršāda** jeb **epiderma** ir ārējais ādas slānis. Tā sastāv no daudzkārtaina epitēlija, kura virspusē ir nedzīvas, pārragojušās šūnas. Tās veido ādas aizsargkārtu un pakāpeniski nolobās. Zem nedzīvajām šūnām atrodas dzīvās šūnas, kuras nepārtraukti vairojas, pakāpeniski pārragojas un atmirst. Šīs dziļākās šūnas satur pigmentu, no kura atkarīga ādas krāsa.

**Īsto ādu** — otro ādas slāni — veido saistaudi. Saistaudiem raksturīgā starpsūnu viela ādā sastāv no elastīgām un kolagēnām šķiedrām. Te ir arī nedaudz īsu gludo muskuļu šķiedru (reducēto



54. att. Ādas uzbūve:

1 — nervu gali (receptori), 2 — kapilāri, 3 — mats ar mata sakni un maisiņu, 4 — tauku dziedzeris, 5 — sviedru dziedzeris.

ādas matiņu rajonā), kuras reflektoriski kontrahējas aukstumā, veidojot t. s. zosādu.

Istais ādas slānis pauguru, valnišu veidā iespiežas epidermā. Šajos veidojumos ir *asinsvadu* un *limfvadu kapilāri*, kā arī *receptori* (pieskares, siltuma, aukstuma). Bez tam istajā ādā ir *matu saknes*, ko apņem *matu maisiņi*, kā arī *tauku* un *sviedru dziedzeri*.

Tauku dziedzeri izvietoti pa visu ādu, daudz to ir ap matu saknēm. Plānā tauku kārtiņa neļauj ādai izmirt un ieziež matus.

Sviedru dziedzeri ir cauruļveida. To dziļākā daļa ir saritināta kamoliņā, bet ārējā — caurulītes taisnā daļa — ir sviedru dziedera izvadkanāls, kas brīvi izbeidzas ādā. Kamoliņus apņem asinsvadu kapilāri. Sviedri filtrējas no asinīm. To sastāvs ir visai līdzīgs urīna sastāvam. Uzskata, ka cilvēka ādā ir ap 2 miljoniem



sviedru dziedzeru. Visvairāk to ir plaukstās, pēdās — līdz 1000 uz 1 cm<sup>2</sup>.

Matī un nagi ir pārragojušies īstās ādas veidojumi, kas aug visu mūžu. Cilvēka ķermeņa lielāko daļu klāj rudimentāri mati. Mata sakne atrodas dziļajos ādas slāņos, tā sākas ar pāresnīnājumu — *sipolu*. Tālāk seko *mata maisiņš* un brīvais *mata stiebrs* ar serdes vielu un blīvu apvalku (kutikulu), kurā ir pigments. Šim pigmentam izzūdot, mats nosirmo.

Nagi aizsargā pirkstu galus. Raga plātnītē neieiet asinsvadi un nervi.

**Zemādas slānis** ir trešais — visdziļākais ādas slānis. To veido saistaudi ar tauku nogulumiem. Šī kārtā pasargā organismu no atdzišanas un veido tauku rezerves.

## ĀDAS UN APĢĒRBA HIGIĒNA

Sviedru un ādas tauku dziedzeru izdalīto tauku sadalīšanās produkti rada niezi un izsitumus.

Mazgājot ādu ar ziepēm, to atbrīvo no taukiem un to sadalīšanās produktiem, sāļu nogulsņiem, kas izdalījušies ar sviedriem, mikroorganismiem, ādas virskārtas atmirušajām šūnām u. c. Higiēnas neievērošana veicina sēnīšu slimību un strutainu ādas infekciju attīstību. Tomēr jāatzīmē, ka pārāk sausu ādu nedrīkst bieži mazgāt ar ziepēm, jo tad tajā veidojas plaisas, sasprēgājumi, kas veicina infekcijas iekļūšanu zemādas slāņos.

Udens procedūras — peldes, dušas — ieteicamas pārmaiņus karstas un aukstas. Tas palīdz saglabāt ādas elastīgumu. Organismu norūda arī saules un gaisa peldes.

Apģērbam jāpasargā cilvēka ķermenis no nelabvēlīgiem klimata apstākļiem un jānodrošina ap to vēlamais mikroklimats. Apģērbs ar mazu gaisa caurlaidību jālieto aukstā un vējinā laikā. Karstā laikā apģērbam jābūt porainam, lai varētu iztvaikot sviedri un organisms nepārkarstu. Karstā laikā ieteicams valkāt gaišas krāsas apģērbu, jo tas atstaro vairāk saules staru nekā tumšs. Apģērbam jābūt ērtam, tas nedrīkst spiest, ierobežot kustības. Veļai jābūt ķermenim pieguļošai, no plāna, miksta, poraina, vislabāk dabiska materiāla (kokvilnas, vilnas), ko var mazgāt karstā ūdenī.

## IEKŠĒJĀS SEKRĒCIJAS DZIEDZERI

Dažiem organisma dziedzeriem nav izvadkanāla, izstrādātos produktus tie ievada tieši asinīs, kas bagātīgi pieplūst šiem dziedzeriem. Šādus dziedzerus sauc par *iekšējās sekrēcijas* jeb *endokrīnajiem dziedzeriem*.

## HORMONI UN TO DARBĪBA

Ķīmiski aktīvās vielas, ko izstrādā iekšējās sekrēcijas dziedzeri un arī audi citos orgānos, sauc par hormoniem. Hormoni ar asinīm nokļūst visos orgānos un piedalās šūnu specifisko funkciju regulācijā, tādējādi ietekmējot organisma augšanu, fizisko un psihisko attīstību, dzimumsistēmas stāvokli, vielmaiņu un citus procesus.

Kā jau minēts, bioloģiski aktīvās vielas — hormonus — transportē asinis. Tāpēc šo regulācijas veidu (caur šķidrājiem organisma audiem) sauc par *humorālo regulāciju* (lat. *humor* — šķidrums). Jebkuru iekšējo procesu organismā vienlaikus nodrošina neirālā un humorālā regulācija.

Hormoniem raksturīga liela fizioloģiskā aktivitāte — neliels hormonu daudzums izraisa izmaiņas organisma funkcijās. Tā, piemēram, adrenalīna šķidrums ūdenī attiecībā 1:10 000 ietekmē eksperimenta dzīvnieka sirdsdarbības ritmu un kontrakciju spēku; 1 g insulīna pazemina cukura līmeni asinīs 125 000 reizi.

Pašlaik ir noskaidrota vairāk nekā 30 hormonu uzbūve un daļa no tiem iegūti ķīmiski. Zināmu ieguldījumu šajā darbā devuši arī Latvijas Organiskās sintēzes institūta zinātnieki. Ķīmiski sintezētie savienojumi pēc savas darbības tuvi hormoniem, tādēļ tie izraisa organismā līdzīgu efektu kā attiecīgais hormons. Šīs vielas lieto kā hormonu aizstājējus tad, ja organismā attiecīgie hormoni veidojas nepietiekamā daudzumā.

Iekšējās sekrēcijas dziedzeru darbības traucējumi var būt divējādi. Tos var izraisīt 1) dziedzeru darbības pastiprināšanās, kad izdalās palielināts hormonu daudzums (*hiperfunkcija*), un 2) dziedzeru darbības pavājināšanās, kad asinis izdalās samazināts hormonu daudzums (*hipofunkcija*). Iepazīsimies ar galvenajiem endokrīnajiem dziedzeriem un to funkcijām.

### HIPOFĪZE

Hipofīze jeb apakšējais smadzeņu piedēklis piegulst starpsmadzeņu apakšējai daļai. Šis dziedzeris sastāv no trim daivām — *priekšējās daivas*, *starpdaivas* (mikroskopiska) un  *mugurējās daivas*. Hipofīzes masa pieaugušam cilvēkam ir apmēram 0,6 g. Dziedzera lielums strauji pieaug augšanas periodā, līdz dzimumbriedumam. Grūtniecības laikā hipofīzes masa palielinās līdz 1,6 g.

Hipofīzes izoperēšana jauniem dzīvniekiem izraisa augšanas apstāšanos, dzimumdziedzeru atrofiju, virsnieru masas samazināšanos, vairogdziedzera darbības pavājināšanos.

**Hipofīzes priekšējā daiva** producē *augšanas hormonu*. Ja augšanas periodā šī hormona izdalās pārāk daudz, izveidojas giganti (cilvēki, kuru augums ir apmēram 2 m), bet, ja hormonu pastiprināta sekrēcija turpinās pēc augšanas perioda izbeigšanās, novēro



nesamērīgu dažu ķermeņa daļu augšanu (plaukstu, pēdu, zoda, deguna). Šādu slimību sauc par *akromegāliju*.

Ja augšanas hormons bērībā izdalās nepietiekamā daudzumā, izaug punduri. Tie ir maza auguma, bet garīgi attīstīti cilvēki.

Citi hipofīzes priekšējās daivas hormoni stimulē vairogdziedzeri, virsnieru un dzimumdziedzeru darbību.

**Hipofīzes starpdaivas** hormons veicina ādas pigmenta — *melanīna* veidošanos.

**Hipofīzes mugurējā daiva** izdala hormonu, kas nodrošina ūdens atsūkšanu no pirmurīna likumotajos nefrona kanāliņos nierēs. Bez tam šī daiva izdala arī hormonu *oksitocīnu*, kas stimulē dzemdes gludās muskulatūras kontrakcijas dzemdību laikā.

## VAIROGDZIEDZERIS UN EPITĒLIJĶERMENIŠI

**Vairogdziedzeris** ir vislielākais endokrīnais dziedzeris: tā masa ir 30—50 g. Vairogdziedzeris atrodas kakla rajonā, balsenes priekšpusē. Dziedzeri veido *pūstiši (folikuli)*, kas pildīti ar koloidālu šķidrumu, kura sastāvā ir hormoni. Jodu saturošie vairogdziedzeri hormoni ietekmē vielmaiņu un enerģijas maiņu, it sevišķi olbaltumvielu maiņu, līdz ar to organisma augšanu, attīstību un nervu sistēmas funkcionālo stāvokli. Vairogdziedzeri hormoni stimulē šūnās oksidēšanās procesus, kuru rezultātā notiek enerģijas atbrīvošanās.

Ja vairogdziedzeri hormoni organismā veidojas pastiprināti, patoloģiski paaugstinās vielmaiņa un ķermeņa temperatūra, palielinās nervu sistēmas uzbudināmība, cilvēks strauji novājē. Tā ir *Bazedova slimība*, kuras ārstēšanā pazīme ir acsābolu izspiešanās uz āru.

Ja vairogdziedzeri hormoni veidojas nepietiekamā daudzumā, bērniem augot novēro fizisku un arī garīgu atpalicību — *kretinismu*. Pieaugušiem krasi pazeminās vielmaiņa, ķermeņa temperatūra, ir raksturīga tūska, aptaukošanās, jo enerģētiskos resursus organisms izmanto vāji. Šo slimību sauc par *miksedēmu*.

**Epitēlijķermenīši** ir sīki pāra veidojumi (2 vai 3 pāri), kas piegulst pie vairogdziedzeri tā mugurējā daļā. Šie dziedzeri producē hormonu, kas regulē kalcija un fosfora līmeni asinīs. Kalciji piedalās daudzos fizioloģiskajos procesos: regulē membrānu caurlaidību, ietekmē asins sarecēšanu, nervu un muskuļu uzbudināmību. Ja hormona izdalās pārāk maz, novēro kalcija līmeņa samazināšanos asinīs. Kalcija norma asinīs ir 9—11 mg/100 g. Ja šis daudzums samazinās līdz 5—7 mg/100 g, sākas muskuļu krampji, kuru rezultātā var aizžņaupties balsenes sprauga un iestāties nāve. Hiperfunkcijas gadījumā hormonu paaugstināta izdalīšanās izraisa kalcija līmeņa paaugstināšanos asinīs — novēro kalcija izdalīšanos no kauliem asins plazmā. Rezultātā pavājinās kaulu mineralizācija un skelets kļūst «mīksts».

## AIZKUŅĢA DZIEDZERIS

Aizkuņģa dziedzeris ir jaukts dziedzeris — tam vienlaikus ir *ārējās* un *iekšējās sekrēcijas funkcija*. Dziedzera ārējā sekrēcija apskatīta nodaļā par gremošanu. Šī funkcija ir sārmains, fermentiem bagātas sulas izdalīšana divpadsmitpirkstu zarnā.

Šūnas, kas izstrādā hormonus, ir grupētas saliņu veidā aizkuņģa dziedzera astes daļā un aizņem apmēram 1/30 no šī dziedzera masas. Šīm šūnu grupām nav saistības ar dziedzera izvadkanālu. Galvenais hormons, ko izdala aizkuņģa dziedzera endokrīnā daļa, ir *insulīns*. Insulīns regulē ogļhidrātu maiņu. Ja organismā trūkst insulīna, asinīs lielā daudzumā uzkrājas glikoze (līdz 0,2—0,3%, norma — 0,1%), jo ir pavājināti glikozes oksidēšanās procesi audos, kā arī traucēta glikogēna veidošanās aknās un muskuļos. Novēro cukura izdalīšanos ar urīnu. Asinīs parādās lipīdu nepilnīgas oksidēšanās produkti (acetons). Šo slimību sauc par *cukurslimību* jeb *cukura diabētu*. Otrs aizkuņģa dziedzera hormons — *glikagons* — darbojas pretēji insulīnam un cukura līmeni asinīs paaugstina.

## VIRSNIERES

Virsnieres ir pāra dziedzeri, kas ietverti tauku kapsulā kopā ar nieri tās augšējā daļā. Dziedzera masa — 8—20 g. Katrs dziedzeris sastāv no divām daļām — *garozas* un *serdes*.

**Virsnieru serde** producē hormonu *adrenalinu*, kas paātrina un pastiprina sirdsdarbību, sašaurina asinsvadus (līdz ar to ceļas asinsspiediens) un ietekmē arī citas organisma funkcijas. Raksturīgi, ka adrenalīns pastiprināti izdalās stresa stāvokļos. Bez tam adrenalīns iedarbojas pretēji insulīnam: veicina aknās uzkrātā glikogēna pārvēršanos glikozē. Tādējādi abi šie hormoni — insulīns un adrenalīns — zināmā laika periodā nodrošina samērā nemainīgu cukura daudzumu asinīs (apmēram 0,1%) neatkarīgi no barības uzņemšanas.

**Virsnieru garoza** izdala vairāk nekā 20 bioloģiski aktīvu vielu ar kopēju nosaukumu — *kortīnus*. Viena šo hormonu grupa piedalās minerālvielu maiņas regulācijā un uztur asinīs normālu nātrija un kālija līmeni, kas nepieciešams dzīvības saglabāšanai. Otra šo hormonu grupa ietekmē ogļhidrātu, olbaltumvielu un tauku maiņu, paaugstinot glikozes līmeni asinīs. Bez tam šie hormoni paaugstina organisma pretošanās spējas infekcijām, samazina iekaisuma procesus. Šo hormonu producēšana pieaug sāpju, traumu, infekciju, saindēšanās un citu smagu organisma stāvokļu gadījumos. Virsnieru garoza ir neaizvietoājama dzīvības uzturēšanai.



## DZIMUMDZIEDZERI

Dzimumdziedzeri sievietēm ir olnīcas, vīriešiem — sēklinieki. Olnīcas izdala *olšūnas*, bet sēklinieki — *spermatozoidus*. Iekšējās sekrēcijas rezultātā šie galvenie dzimumdziedzeri izdala asinīs sievišķos un vīrišķos dzimumhormonus.

Dzimumhormoni pastiprināti sāk izdalīties 12—14 gadu vecumā. Tie stimulē dzimumorgānu attīstību (primārās dzimumpazīmes), kā arī sekundāro jeb ārējo dzimumpazīmju veidošanos. Vīrieša organismā ārējās dzimumpazīmes ir balsenes formas maiņa, bārda augšana u. c. Sievietes organismā mainās ķermeņa formas, attīstās krūšu dziedzeri.

Dzimumhormoni pastiprina arī vielmaiņas intensitāti un ietekmē nervu sistēmas funkcionālo stāvokli.

## ANALIZATORI

Ārējo daudzveidīgo pasauli mēs uztveram ar *maņu orgāniem*. Redzes, dzirdes, ožas, garšas un citu maņu orgānu receptorus, iedarbojoties ārējās vides kairinātājiem, rodas uzbudinājums, kas nerva impulsu sērijas veidā pa centrālās nerviem nonāk centrālajā nervu sistēmā. Attiecīgā kairinātāja analīze sākas jau receptoros, bet subjektīvā sajūta par kairinātāju veidojas tikai attiecīgā pusložu garozas zonā, t. i., tur notiek maņu orgānu receptoru uztverto kairinājumu atšķiršana — *analīze*. Katrā maņu orgānā ir specializēti receptori. Tie uztver tikai noteiktu kairinātāju (gaismu, skaņu, spiedienu u. c.), kura analīze notiek attiecīgā pusložu garozas zonā. Tā redzes zonā atšķir priekšmetu formu, lielumu, krāsu, kustību. Dzirdes zonā atšķir dzirdes orgāna uztverto skaņu augstumu, stiprumu, tembru.

Tātad katram analizatoram izšķir trīs posmus jeb daļas.

Pirmās daļas — *receptora* funkcija ir kairinājuma uztveršana. Kairinātāja iedarbības rezultātā veidojas uzbudinājums, kuram raksturīgas membrānas caurlaidības izmaiņas pret atsevišķiem joniem ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  u. c.). Tā rezultātā jonu plūsmas veido membrānas elektriskā potenciāla izmaiņas, kas nervu impulsu veidā izplatās pa analizatora otro daļu — *centrālās nervu* — un ar to saistīto vadītājeļu nonāk galvas smadzeņu pusložu garozas noteiktā vietā, kur atrodas analizatora trešā daļa — *garozas daļa*. Tikai tad, kad nervu impulsi nonāk attiecīgā garozas zonā, tie rada atbilstošas sajūtas.

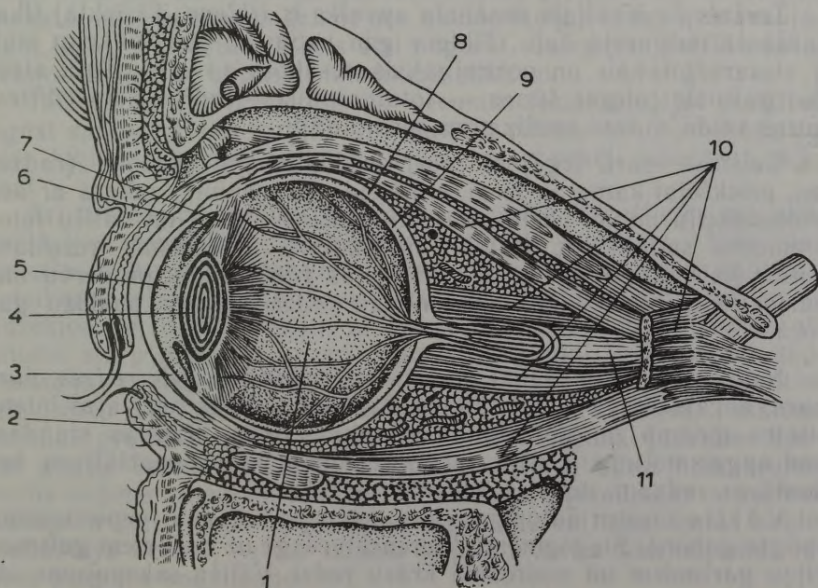
Ja bojāta kāda no trim analizatora daļām, zūd spēja atšķirt noteiktus kairinājumus. Tā, piemēram, akluma cēlonis var būt gan acs receptora patoloģiskas izmaiņas, gan redzes nerva funkciju traucējums, gan pusložu garozas redzes zonu bojājums.

## REDZES ANALIZATORS

Redzei ir ļoti liela nozīme ikvienā darbā. Visu, kas izteikts ar rakstītu vārdu, uztveram ar redzi. Arī dabas skaistumu, mākslas darbus pamatā uztveram ar redzi.

**Acs uzbūve.** Redzes analizatora pirmā daļa — receptori — atrodas acī. Acs sastāv no *acsābola*, *acs aizsargaparāta* un *acsābola kustību aparāta*, ko veido seši muskuļi (55. att.).

Acs ābols ir gandrīz lodveidīgs. Tā pamatmasu un reizē centrālo daļu veido dzidrš, caurspīdīgs *stiklveida ķermenis*, kuram ir galertveida substance. Stiklveida ķermeni apņem trīs apvalki, un pie tā priekšējās, nedaudz ieliektās daļas pieguļ vairāki veidojumi. Ārpusē to klāj samērā biezs un blīvs baltas krāsas apvalks — *cipslene*, kurai ir aizsargfunkcija. Cipslenes priekšējā daļa ir stiprāk izliekta, caurspīdīga un veido *radzeni*. Radzene ir ļoti jutīga, pieskaršanās tai izraisa plakstiņu aizvēršanos, asarošanu. Uz iekšpusi no cipslenes atrodas otrs apvalks — *dzīslene*. Acsābola priekšpusē šis apvalks nepieguļ pie radzenes. Tā rezultātā aiz radzenes izveidojas telpa — *acs priekšējā kamera*, kura pildīta ar caurspīdīgu, bezkrāsainu, limfai līdzīgu šķidrumu, kas veidojas no asinīm. Šis šķidrums nodrošina vielmaiņu radzenē un lēcā, kurās nav asinsvadu. Dzīsleni caurauž kapilāru tīkls un



55. att. Acs uzbūve:

1 — acsābols, 2 — plakstiņš ar skropstām, 3 — radzene, 4 — lēca, 5 — acs priekšējā kamera, 6 — varavīksnene, 7 — slārene, 8 — cipslene, 9 — dzīslene, 10 — muskuļi, kas kustina acsābolu, 11 — redzes nervs.



nervi. Tas ir *acsābola barotājpavalks*. Uz dzīslenes iekšējās virsmas plānā kārtā atrodas melns pigments *melanīns*, kas absorbē gaismas starus un novērš iekšējos gaismas stara atstarojumus. Acs priekšējā daļā pretī radzenei dzīslene pāriet *varavīksnenē*, kuras krāsa ir dažāda — no gaiši zilas līdz tumši brūnai atkarībā no pigmenta daudzuma un sastāva. Varavīksnenes centrā ir apaļa atvere — *acs zilīte*. Varavīksnene bagātīgi caurausta ar gredzeniski un radiāli pieguļošām gludo muskuļu šūnām. Acs zilīte veic gaismas regulētājas diafragmas lomu, kāda ir, piemēram, fotoaparātam, mikroskopam.

Nākamā dzīslenes josla aiz varavīksnenes ir *starene* jeb *starķermenis*. Tā ir visbiezākā dzīslenes daļa, starains gludo muskuļu izkārtojums. Īpašs saišu aparāts saista starenī ar *lēcas kapsulu*. Starenei saraujoties, izliektā lēca saplacinās.

*Lēca* atrodas tieši aiz zilītes un iegul stiklveida ķermeņa iedobē. Lēca ir pilnīgi caurspīdīga, samērā blīva, bet vienlaikus arī elastīga. Pēc formas tā ir divpusīgi izliekta, ass garums — apmēram 3,7 mm. Starenes gludajiem muskuļiem saraujoties, piemēram, ja skatās uz tāliem priekšmetiem, fokusējot to attēlus uz tīklenes, lēca saplacinās, tās ass garums sasniedz apmēram 4,4 mm. Šādas lēcas izliekuma izmaiņas, ko izraisa beznosacījuma refleksī, pielāgo aci tuvāku un tālāku priekšmetu saskatīšanai, visos gadījumos fokusējot attēlu uz tīklenes. Šo procesu sauc par *acs akomodāciju*.

Trešais — iekšējais acsābola apvalks ir *tīklene*. Tā izklāj tikai acsābola mugurējo daļu. Tīklene gan uzbūves, gan funkciju ziņā ir vissarežģītākais un nozīmīgākais acsābola apvalks. Tajā atrodas gaismas jutīgas šūnas — fotoreceptori — *nūjiņas* un *vālītes*, kuras veido redzes analizatora pirmo daļu.

Gaismas stari, izgājuši cauri acs optiskajai sistēmai (radzenei, priekšējai kamerai, lēcai, stiklveida ķermenim), sakarā ar acs akomodāciju nonāk uz tīklenes un ierosina nūjiņu un vālīšu fotopigmentu sadalīšanu. Tālāku molekulāru mehānismu rezultātā notiek kairinātāja (gaismas) enerģijas transformācija nervu impulsos, kas pa redzes nervu nonāk redzes centrā pusložu garozā.

Nūjiņas satur saliktu vielu — *rodopsīnu* jeb *redzes purpuru*, kura sastāvā ir A vitamīns. Šī viela sadalās pat vājas intensitātes gaismā un nodrošina melnbalto redzi. Krāsas stundās, kad apgaismojums ir vājš, mēs priekšmetu krāsu neatšķiram, bet kontūras redzam, un viss izskatās pelēki melns.

Vālītes satur fotopigmentus, kuru sadalīšanai nepieciešama spilgtā gaisma. Šie pigmenti diferencēti reaģē uz dažādiem gaismas viļņu garumiem un nodrošina krāsu redzi. Vālīšu sakopojums atrodas tīklenes mugurējā daļā, tieši pretī zilītei. Šo vietu sauc par *dzelteno plankumu*. Tāpēc arī skaidrāk redzam tos priekšmetus, kuri atrodas pretī zilītēm. Acsābola grozītājmuskuļu darbība maina skatienu virzienu, un mēs skaidri saskatām visus priekšmetus.

Uzskata, ka katrā acī tiklenē ir apmēram 6—7 miljoni vālišu un 110—125 miljoni nūjiņu.

Vālitēs un nūjiņās — tātad molekulāru mehānismu rezultātā — notiek gaismas enerģijas transformācija nervu impulsos, kas pa analizatora otru posmu — redzes nervu un galvas smadzeņu vadītājceļiem — nonāk redzes centrā pusložu garozā (analizatora trešais posms).

## REDZES TRAUCĒJUMI UN REDZES HIGIĒNA

Redzes traucējumi ir gan iedzimti, gan iegūti dzīves laikā. Visbiežāk sastopamie redzes traucējumi ir tuvredzība un tālredzība. Cilvēkiem ar iedzimtu tuvredzību acsābols ir iegarens, izstiepts priekšas—muguras virzienā. Tuvredzīgā acī no tāliem priekšmetiem nākošie gaismas stari tiek stipri laužti un attēls veidojas pirms tiklenes, tādēļ priekšmeta kontūras šķiet izplūdušas. Tuvredzību labo, lietojot brilles ar abpusēji ieliektiem stikliem. Cilvēkiem ar iedzimtu tālredzību acs optiskā aparāta gaismas laušanas spēja neatbilst acsābola garumam. Acsābols ir saīsināts priekšas—muguras virzienā, tāpēc acīm tuvu stāvošo priekšmetu attēli veidojas aiz tiklenes, bet tālu esošos priekšmetus šie cilvēki saskata, spēcīgi sasprindzinot acs akomodācijas muskuļus (saplacinot lēcu). Tā rezultātā acis ātri nogurst. Šo redzes defektu labo, lietojot brilles ar abpusēji izliektiem stikliem.

Tālredzība var izveidoties ar vecumu: lēca, zaudējot elastību, iegūst saplacinātāku formu, un rezultātā cilvēks tālus priekšmetus redz labi, bet lasīšanai jālieto brilles ar abpusēji izliektiem stikliem.

Arī tuvredzība var būt iegūta dzīves laikā. Tā attīstās acs akomodācijas muskuļu darbības traucējumu rezultātā. Tam par iemeslu ir acs akomodācijas muskuļu pārpūle un redzes higiēnas noteikumu neievērošana. Sevišķi kaitīgi ir lasīt, braucot satiksmes līdzekļos, jo, drebot rokām ar grāmatu, nepārtraukti mainās attālums starp grāmatu un acīm un nepārtraukti jāmaina acs akomodācija. Tāpat ir kaitīgi lasīt grāmatu un ik pa brīdim skatīties televizoru. Svarīgs ir galda augstums, pie kura lasām, rakstām. Normāli grāmatai jābūt 30—36 cm no acs. Gaismai jākrīt no kreisās puses. Jebkurš pārāk ilgs redzes orgāna sasprindzinājums, darba režīma neievērošana var būt cēlonis tuvredzības attīstībai. Kaitīgs ir ļoti spilgts apgaismojums, piemēram, skatīšanās saulē, metinātāja liesmā, jo tas izraisa stipru tiklenes kairinājumu, redzes purpura sadalīšanos.

Ja uzturā trūkst A vitamīna, acs nespēj nodrošināt redzi krāsas stundās. Šo slimību sauc par *vistas aklumu*. Bez A vitamīna redzes purpura sintēzi ietekmē arī B grupas vitamīni. Tāpēc normālas redzes saglabāšanai ļoti svarīgs ir vitamīniem bagāts



uzturs. Redzes orgāna muskuļu tonusu nosaka arī organisma vispārējā fiziskā attīstība. To pozitīvi ietekmē fiziskas nodarbības, sports, bet pasliktina alkohola lietošana, smēķēšana.

## DZIRDES ANALIZATORS

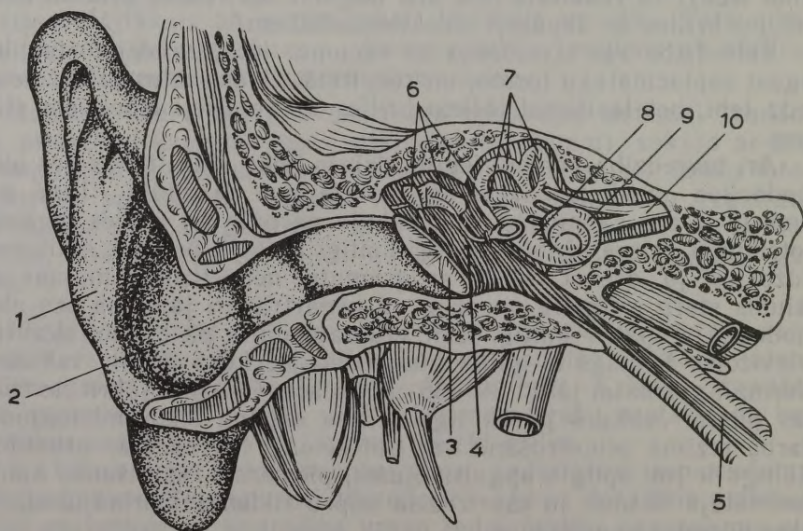
Dzirdes analizatora pirmā ārējā daļa ir *auss*, kurā atrodas dzirdes receptori.

**Auss** ir sarežģīts orgāns, kas sastāv no trim daļām: *ārējās auss*, *vidusauss* un *iekšējās auss* (56. att.).

Ārējā auss sastāv no *ārējās auss gliemežnicas* un *ārējās auss ejas*, kura ieiet deniņu kaulā. Ārējā auss eja noslēdzas ar elastīgu membrānu — *bungplēvīti*.

Aiz bungplēvītes ir *vidusauss dobums*, kas izklāts ar gļotādu, un tajā ir gaiss. Gaiss šajā dobumā iekļūst pa *dzirdes kanālu* (apmēram 3 cm garu), kas savieno vidusauss dobumu ar rīkles augšējo daļu — *aizdeguni*. Dzirdes kanāls nodrošina bungplēvītes abās pusēs vienādu spiedienu arī tad, ja mainās ārējais spiediens, piemēram, paceļoties lidmašīnai. Dažreiz pa šo kanālu infekcija no aizdegunes iekļūst vidusausī un rodas vidusauss gļotādas iekaisums.

Vidusauss dobumā ir trīs mazi dzirdes kauliņi — *āmuriņš*, *laktiņa* un *kāpslītis*, kas savā starpā kustīgi savienoti ar locītavām.



56. att. Auss uzbūve:

- 1 — auss gliemežnica, 2 — ārējā eja, 3 — bungplēvīte, 4 — vidusauss dobums, 5 — dzirdes kanāls, 6 — dzirdes kauliņi, 7 — trīs pusloka kanāli, 8 — priekštelpa, 9 — gliemezis, 10 — dzirdes un līdzsvara nervs.

Āmuriņa kātiņš ir pieaudzis pie bungplēvītes, bet galviņa savienota ar laktiņu. Laktiņa savienota ar kāpslīti, bet kāpslītis atspiežas pret *ovālā lodziņa membrānu*, kas atdala vidusausi no iekšējās auss.

Skaņas vilnis, ko uztver auss gliemežnīca, nonāk līdz bungplēvītei un iesvārsta to. Šis svārstības uztver dzirdes kauliņi. Dzirdes kauliņi, kas savā starpā savienoti kustīgi, veido sviru sistēmu, tāpēc svārstību enerģija tiek vairākus desmitus reižu pastiprināta.

Iekšējās auss dobums arī atrodas deniņu kaulā. Šim kaula dobumam ir sarežģīta labirinta forma, un tam izšķir trīs daļas: *gliemezi*, *tris pusloka kanālus* un *priekštelpu (vestibilu)*, kas atrodas starp gliemezi un pusloka kanāliem. Šo kaulu labirintu izklāj *plēvainais labirints*, kura forma pamatā ir līdzīga kaulu labirintam. Iekšējās auss dobums atšķirībā no vidusauss ir pildīts ar limfai līdzīgu šķidrumu.

Iekšējās auss sastāvā ietilpst divas funkcionāli atšķirīgas daļas — *dzirdes* un *līdzsvara receptori*, kuru kairinājums analizatora darbības rezultātā rada attiecīgās sajūtas.

Priekštelpa un ar to saistītie trīs ar šķidrumu pildīti pusloka kanāli, kas atrodas savstarpēji perpendikulārās plaknēs, kopā veido *vestibulāro aparātu*, kurā ir līdzsvara receptori.

Dzirdes receptori atrodas *gliemezi* jeb *Kortiņa orgānos*. Gliemezis ir divarpus reizes spirāliski savīts kaula kanāls, kuru izklāj tāds pats plēvains veidojums. Plēves starpsieniņa (pamatplātnīte) šo kanālu sadala divās daļās (stāvos) — *priekštelpas* un *bungu dobuma kāpnēs*. Daļa šīs starpsieniņas sastāv no tievām dažāda garuma šķiedrām, kas ir iestieptas kā stīgas. To skaits sasniedz apmēram 24 000, un šķiedru garums ļoti pakāpeniski saīsinās virzienā uz gliemeža pamatni.

Svārstību vilnis no pēdējā dzirdes kauliņa — kāpslīša — tiek pārnests uz ovālā lodziņa membrānu, kas tālāk iesvārsta šķidrumu iekšējā ausī. Attālums, kādu noiet svārstību vilnis, atkarīgs no ierosinātajās skaņas svārstību frekvences. Rezultātā gliemeža šķidrums svārstības pēc rezonanses principa izraisa tikai noteikta rajona (reizē arī noteikta garuma) šķiedriņu («stīgu») vibrāciju gliemeža pamatplātnītē. Virs šīm šķiedriņām atrodas jušanas šūnas — *dzirdes receptori*, kurām ir īpatnēji matiņi. Svārstību rezultātā šie matiņi deformējas, un tas izraisa nervu impulsu veidošanos — svārstības transformējas nervu impulsos. Nervu impulsi pa dzirdes nerva šķiedrām (analizatora otrs posms) un galvas smadzeņu vadītājiem nonāk pusložu dzirdes zonā (analizatora trešais posms). Te pienākušie nervu impulsi izraisa subjektīvas dzirdes sajūtas par toņa augstumu, stiprumu jeb skaļumu, tembru, skaņas avota atrašanās vietu telpā.

Vislabāk cilvēka auss uztver tās skaņas, kuru svārstību frekvence atbilst cilvēka balss svārstību frekvencei — no 100 līdz 4000 herciem.



## DZIRDES HIGIĒNA

Lai saglabātu labu dzirdi, jāievēro vairāki dzirdes higiēnas noteikumi.

Ārējā auss ejā speciāli dziedzeri izdala vielu, ko sauc par *auss sēru*. Pie tā pielip putekļu daļiņas. Šī sēra sakrāšanās pasliktina dzirdi. Tāpēc ausis jātīra, bet to nedrīkst darīt ar asiem priekšmetiem, jo tā var sabojāt bungplēvīti. Tīrīšana jāizdara speciālistam.

Infekcijai no aizdegunes caur dzirdes kanālu nokļūstot vidusausī, veidojas iekaisums. Ja ir iesnas, ieteicams šņaukt degunu pārmaiņus caur vienu un otru nāsi. Nedrīkst stipri šņaukt degunu, jo šajā gadījumā gļotas un kopā ar tām mikroorganismi pa dzirdes kanālu var viegli nonākt vidusausī, izraisot iekaisumu. Ja iekaisums tomēr sācies, savlaicīgi jāgriežas pie ārsta, jo infekcija var pāriet uz iekšējo ausi un bojāt dzirdes receptorus.

Lai saglabātu labu dzirdi, cilvēks nedrīkst ilgstoši atrasties stipru trokšņu ietekmē. Trokšņa līmeni mēri decibelos (dB). Normāli pieļaujamais trokšņa līmenis ir 40—50 dB, kas atbilst vidēja skaļuma sarunai. Spēcīgu skaņas viļņu triecienu rezultātā bungplēvīte visu laiku svārstās ar ļoti lielu amplitūdu. Šī iemesla dēļ tā pakāpeniski zaudē elastību, un cilvēka dzirde notrulinās. Dzirdi notrulina arī regulāra pārāk skaļas mūzikas klausīšanās. Trokšņu novēršana sadzīvē, ražošanā ir viens no būtiskākajiem dzirdes higiēnas uzdevumiem.

## LĪDZSVARA ANALIZATORS

Galvenais orgāns, kas uztver ķermeņa stāvokli un kustības, kā arī automātiski saglabā līdzsvaru, ir *vestibulārais aparāts* iekšējā ausī.

**Vestibulārā aparāta** receptori atrodas iekšējās auss priekštelpā (vestibilā) un pusloka kanālos. Priekštelpā ir divi paplašinājumi — *apaļais* un *iegarenais maisiņš*. Abos priekštelpas maisiņos atrodas *recepcijas šūnas*, kas kairinājumu transformē nervu impulsos. Katrai šūnai ir jutīgs matiņš. Virs šūnām ir galertveidīga masa, kurā atrodas kalcija karbonāta kristāli — otolīti. Ja ķermeņa un galvas stāvoklis attiecībā pret Zemes smaguma centru mainās, otolīti novirzās no parastā stāvokļa un recepcijas šūnu matiņi tiek iestiepti citā virzienā. Tie reaģē arī uz taisnvirziena kustības ātruma maiņu, piemēram, strauji apstājoties liftam. Rezultātā galvas smadzeņu centriem pienāk nervu impulsi, kuri signalizē par izmainītu stāvokli telpā. Šie signāli izraisa noteiktu muskuļu darbību un pozas izmaiņas.

Pusloka kanāli atrodas trijās savstarpēji perpendikulārās plaknēs, un tos pilda limfai līdzīgs šķidrums.

Šūpojoties kuģim, pagriežoties automašīnai, braucējam tiek kairināti tie pusloka kanālu receptori, kuros parasti uzbudinā-

jums nerodas. Cilvēki ikdienas dzīvē vairāk pieraduši pie kustību izmaiņām horizontālajā plaknē, tāpēc kustības, kas norisinās ar straujiem paātrinājumiem vertikālā plaknē, kā iepriekš minētās, bieži izraisa sliktu dūšu, vemšanu («jūras slimību»).

Kosmisko lidojumu apstākļos ārpus Zemes gravitācijas lauka, kad smaguma spēku kompensē citi spēki, pusložu garozai vispār vairs nepienāk signāli no iekšējās auss priekšelpas un pusloku kanālu receptoriem, jo otolītu un šķidrums smaguma spēks uz kosmonautu receptoriem neiedarbojas. Prakse rāda, ka bieži cilvēkam, kas nonāk bezsvara stāvoklī, rodas sajūta, ka viņš strauji krit, dažreiz ir jūras slimībai līdzīgs stāvoklis. Tāpēc, sagatavojot kosmonautus lidojumam, viņiem, izmantojot dažādas tehniskas ierīces, speciāli trenē vestibulāro aparātu. Atrodoties bezsvara stāvoklī, cilvēks telpā orientējas galvenokārt ar redzi.

## ĀDAS ANALIZATORS

Šim orgānam ir ļoti plašs kairinājuma uztveres loks — visa **ādas virsma**. Ādā atrodas jušanas jeb centrīecies nervu gali (receptori), ap kuriem bieži izveidojas dažādi papildveidojumi (kap-sulas).

Ādas analizatora darbības rezultātā rodas trīs atšķirīgas subjektīvas sajūtas: *pieskāriena* jeb *taustes sajūta*, *temperatūras sa-jūta* un *sāpju sajūta*.

Pieskāriena sajūta rodas, kairinot specifiskus *taustes receptorus* ādā. To ir sevišķi daudz ap matu sīpoliņiem. Kairinājumu izraisa niecīga ādas virsmas deformācija un matiņu kustības. Taustes receptoru daudzums nav vienmērīgs visā ādas virsmā. Āda ir visjutīgākā tur, kur taustes receptoru blīvums vislielākais, t. i., pirkstu galos, plaukstā, pēdas apakšpusē, arī lūpās, mēlē. Taustes spēja attīstās dzīves laikā. Ļoti smalki diferencēta tauste veidojas akliem cilvēkiem.

*Temperatūras sajūta*. Ādas receptori uztver arī apkārtējās vides temperatūras izmaiņas. Ir atšķirīgi siltumu un aukstumu uztvērēji receptori, kurus kopā sauc par *termoreceptoriem*. Termoreceptoriem ir liela nozīme organisma siltuma regulācijā. Termoreceptoru kairinājums izraisa reflektoriskas izmaiņas sirds-darbībā, elpošanā, ādas asinsvados, vielmaiņas intensitātē, sviedru sekrēcijā. Tas nodrošina nemainīgu ķermeņa temperatūru neatkarīgi no apkārtējās vides temperatūras.

*Sāpju sajūtas* rašanos saista ar «kailu» nervu galu uzbudinājumu. Tādi centrīecies nervu gali ir gandrīz visos audos un orgānos, arī ādā. Receptorus, kuru kairinājums izraisa sāpes, ierosina katra pārmērīgi stipra kairinātāja (temperatūras, spiediena u. c.) izsaukts audu bojājums, kura rezultātā mainās organisma iekšējā vide.



Sāpes signalizē par to, ka organismam draud briesmas, un ierosina aizsargrefleksus, kuriem jānovērš sāpes izraisošais kairinātājs: tās mobilizē organisma spēkus organismam bīstamās situācijās.

## OŽAS UN GARŠAS ANALIZATORI

**Ožas analizators.** Ožas receptori — *hemoreceptori* — ir pielāgoti gāzveida ķīmiskā kairinājuma uztveršanai. Ožas receptori atrodas deguna gļotādā (ožas epitēlijs aizņem apmēram 5 cm<sup>2</sup>), to skaits — apmēram 10—60 miljonu. Ķīmisko vielu molekulas, kas kopā ar gaisu iekļūst deguna dobumā, kairina ožas receptorus. Smaržas sajūtas intensitāte ir atkarīga no smaržojošās vielas ķīmiskās struktūras, no šīs vielas koncentrācijas gaisā, no ožas receptoru stāvokļa. Uzskata, ka cilvēks spēj atšķirt 2000—4000 dažādu smaržu. Ožas receptoriem piemīt ļoti augsta jutība. Dažu vielu smaržu cilvēks sajūt pat tad, ja uz 30 miljardiem gaisa daļu ir viena daļa šīs vielas.

No ožas receptoriem nervu impulss pa ožas nervu tiek novadīts uz galvas smadzeņu centriem, un kairinātājs tiek uztverts kā smaržas sajūta.

**Garšas analizators** ir cieši saistīts ar ožu. Arī tā receptori uztver ķīmisku kairinājumu no vielām, kuras nokļūst mutes dobumā un izšķīst siekalās. Košļājot barību, barības smarža nonāk deguna dobumā, iedarbojas uz ožas receptoriem un palīdz noteikt barības garšu.

*Garšas receptori* ir *garšas kārpiņās* mēles gļotādā. Garšas kārpiņas ir dažāda veida — sēņveidīgas, lapveidīgas u. c. Eksperimentāli konstatēts, ka dažādās mēles daļās ir atšķirīgi receptori, kuru kairinājums izraisa vienu no četrām garšas pamatsajūtām: saldu garšu vislabāk uztver receptori mēles galā, skābu — mēles malās, sāļu — mēles centrālā daļā, rūgtu — mēles saknē. Par visprecīgāko garšas kairinātāju uzskata rūgtvielas, jo tās paaugstina visu gremošanas kanāla receptoru darbību.

## NERVU SISTĒMA

Nervu sistēma organismā pilda divas galvenās funkcijas:

- 1) regulē visu pārējo orgānu un orgānu sistēmu darbību, savstarpēji saskaņojot un pielāgojot to mainīgiem ārējās vides apstākļiem;
- 2) ar maņu orgānu un nervu sistēmas līdzdalību uztveram kairinājumu no ārējās vides un atspoguļojam ārpus mums eksistējošo savā apziņā (analizatoru darbība).

## NERVU SISTĒMAS REFLEKTORĀ DARBĪBA

Organisma atbildes reakcijas uz kairinātājiem, kuras noris ar centrālās nervu sistēmas līdzdalību, sauc par *refleksiem*. Savukārt nervu ceļus, pa kuriem kairinājuma izraisītais uzbudinājums nervu impulsu veidā tiek vadīts no receptora līdz centrālajai nervu sistēmai un tālāk līdz orgānam, kas dod atbildes reakciju, sauc par *refleksa loku*. Refleksa loks ir nervu sistēmas darbības pamatvienība. Refleksa lokus veido neironi, kurus pēc funkcijas iedala trīs grupās:

- 1) *centrtieces* jeb *jušanas neironi*, kas vada nervu impulsus no receptoriem uz centrālo nervu sistēmu;
- 2) *centrbēdzes* jeb *kustību neironi*, kas vada nervu impulsus no centrālās nervu sistēmas uz perifēriju — uz izpildorgāniem;
- 3) *starpneironi*, kuri saista centrtieces un centrbēdzes neironus, saslēdzot refleksa lokus.

Pilnam refleksa lokam izšķir piecus posmus.

**Pirmais refleksa loka posms** ir *receptors*. Receptors ir specializēts nerva gals, ar kuru bieži saistīti paligveidojumi, piemēram, acī, ausī. Katra receptoru grupa ir specializēta viena noteikta kairinātāja (noteikta enerģijas veida) uztveršanai. Piemēram, acs uztver elektromagnētiskās svārstības — gaismas enerģiju, auss — skaņu svārstības, ādas un iekšējo orgānu receptori — spiedienu un siltumu u. c.

No fizikas un ķīmijas kursa zinām, ka enerģija nerodas un nezūd, bet tikai pāriet no viena veida citā. Receptoros visai sarežģīti notiek kādas noteiktas enerģijas transformēšana nervu impulsā, kas pēc būtības ir vājš elektrisks potenciāls. Šī nervu impulsa raksturs, piemēram, impulsa biežums, nes informāciju par to, kāds bijis kairinātāja stiprums. Piemēram, redzes receptoru nervu impulsa biežums raksturo gaismas intensitāti.

**Otrs refleksa loka posms** ir *centrtieces* jeb *jušanas neirons*, kas saista receptoru ar centrālo nervu sistēmu. Šādu neironu izaugumi veido *jušanas nervus*.

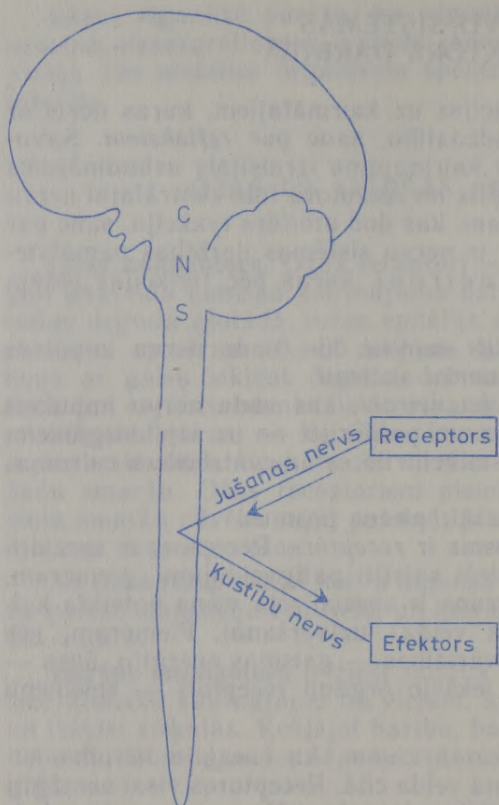
**Trešais refleksa loka posms** ir *refleksa centrs*, kur refleksa loka uztverošā daļa (divi pirmie posmi) saslēdzas ar refleksa loka izpildošo daļu (divi pēdējie posmi).

Daļai refleksu centri ir muguras smadzenēs, daļai — galvas smadzeņu zemākos nodalījumos, daļai — pusložu garozā. Tikai tie refleksi, kuru centri atrodas pusložu garozā, veido mūsu apziņas fizioloģisko bāzi (nonāk mūsu apziņā).

**Ceturtais refleksa loka posms** ir *centrbēdzes* jeb *kustību* (arī sekretorais) *neirons*. Šādu neironu izaugumi veido *kustību nervus*, kas saista centrālo nervu sistēmu ar izpildorgānu jeb efektoru, kurš atbild uz kairinājumu.

**Piektais refleksa loka posms** ir orgāns — *efektors*, kas atbild uz kairinājumu. Pirmajā brīdī šķiet, ka nav iespējams nosaukt tās





57. att. Reflekisa loka shēma (5 posmi).

daudzveidīgās atbildes reakcijas mūsu organismā, kuras rodas kairinājuma rezultātā, vēl jo vairāk tādēļ, ka cilvēkam bez minētajiem tiešajiem kairinātajiem ir arī otrā signālu sistēma — valoda. Dzirdētā vai izlasītā rezultātā mūsu reakcijas ir ļoti daudzveidīgas. Un tomēr visos gadījumos, gan atbildot uz jautājumu, gan nosvītot, gan straujāk darbojoties sirdij, kā atbildētāji darbojas tikai šķērsvitrotie un gludie muskuļi un dziedzeri.

IX krāsainajā shēmā redzam, ka minimālais neironu skaits, kas var veidot refleksa loku, ir divi — viens centralties un viens centrībēdzes neirons. Cilvēkam šādu refleksu ir tikai daži desmiti. Tie visi ir iedzimti, beznosacījumu refleksi, kas saslēdzas muguras smadzenēs. Šāda refleksa piemērs ir visiem pazīstamais ceļgala reflekss.

Parasti refleksa loka saslēgšanā iesaistās vairāki starpneironi, tādējādi neironu skaits refleksa lokā pieaug un loka saslēgšanās notiek augstākos CNS nodaļumos, ieskaitot pusložu garozu.

57. attēlā parādīta refleksa loka vispārīgā shēma, kurā redzam, ka centrālā nervu sistēma it kā reflektē («atstaro») nervu impulsu, un teorētiski šo ceļu varam iedomāties loka veidā. Tāpēc

arī franču zinātnieks Renē Dekarts XVIII gs. ieviesa šo terminu «refleksa loks», kaut gan šī procesa būtību viņš saprata naīvi.

Tālāk šo mācību attīstīja krievu fizioloģijas pamatlicējs M. Sečenovs. 1863. gadā viņš publicēja grāmatu «Galvas smadzeņu refleksi», kurā mācīja, ka cilvēka psihiskajā darbībā bieži atsevišķi darbojas refleksa loka trīs pirmie posmi (receptors, centriecies nervs un CNS, lielo pusložu garozu ieskaitot). Pa šādu ceļu notiek visa informācijas uzņemšana un saglabāšana atmiņā. Atsevišķi var darboties arī refleksa loka trīs pēdējie posmi (CNS, centrālās nervs, efektors). Tas nozīmē, ja informācija ir saglabāta atmiņā, pēc laika tā var izpausties kā teiciens, spriedums vai darbība.

Mācībā par refleksiem I. Pavlova lielākais ieguldījums ir refleksu klasifikācija *beznosacījuma* un *nosacījuma refleksi*, kā arī viņa izstrādātā mācība par I signālsistēmu (tiešs kairinātājs jeb signāls) un II signālsistēmu (vārds ar savu saturu, jēgu kā kairinātājs jeb signāls).

Beznosacījuma refleksi jebkuros apstākļos (pie visiem nosacījumiem) noris vienādi. Beznosacījuma refleksi ir iedzimti, vienādi visiem vienas sugas īpatņiem, kā arī vienādi visiem cilvēkiem. Tās ir organisma atbildes reakcijas uz tiešiem ārējās vai iekšējās vides kairinājumiem, kuras realizējas ar nervu sistēmas (muguras smadzeņu, galvas smadzeņu stumbra daļas) līdzdalību. Piemēram, tiešs garšas receptoru kairinājums ar barību ierosina siekalu atdalīšanos, pieskaršanās pie karsta priekšmeta izraisa rokas atraušānu utt. Beznosacījuma refleksi ir organisma aizsargreakcijas, reakcijas, kas saistās ar barības uzņemšanu (zīšanas, rīšanas refleksi u. c.), kā arī reakcijas, kuras regulē iekšējo orgānu darbību.

Tomēr iedzimto pielāgošanās reakciju (beznosacījuma refleksu) skaits ir nepietiekams, lai nodrošinātu organisma izdzīvotību mainīgā vidē, mainīgos apstākļos. Tā, piemēram, dzīvniekiem jāiemācās pazīt daudzveidīgu barību, jāatrod tā pēc izskata, smaržas un citām pazīmēm, citādi tie neizdzīvos.

Saskaņā ar I. Pavlova mācību individuālās dzīves laikā uz beznosacījuma refleksu bāzes veidojas *nosacījuma refleksi*. I. Pavlovs izstrādājis metodiku nosacījuma refleksu izveidošanai dzīvniekiem, kā arī radījis detalizētu mācību par šo refleksu kavēšanu un kavēšanas lomu augstākajā nervu darbībā.

Lai eksperimenta dzīvniekiem (suņiem) izveidotos jauns nosacījuma refleks, nosacījuma kairinātājam, piemēram, barības smaržai, trauku šķindoņai un citām pazīmēm, kas signalizē par barošanu, kā signālam jeb nosacījumam, ka sekos barošana, laika ziņā jāparādās nedaudz pirms beznosacījuma kairinātāja — barības. Ja tas atkārtojas vairākas reizes, izveidojas nosacījuma refleks uz nosacījuma kairinātāju: sunim sāk atdalīties siekalas, jau tikai sajūtot barības smaržu.



Tātad nosacījuma kairinātājiem ir signālu nozīme. Tie bridina, ka pie konkrētiem nosacījumiem sekos kādi organisma būtiski notikumi, un organisms tiem pielāgojas. Nosacījuma refleksi ir individuālas reakcijas, ar kurām organisms pielāgojas nepārtraukti mainīgiem vides apstākļiem.

I. Pavlovs uzskatīja, ka nosacījuma refleksu veidošanās pamatā ir pagaidu saistības izveidošanās starp diviem uzbudinājuma perēkļiem galvas smadzeņu garozā. Piemēram, redzot barību un sagaršojot to, veidojas pagaidu saistība starp redzes centru un siekalu sekrēcijas centru. Rezultātā siekalas sāk atdalīties, jau tikai redzot barību. I. Pavlova darba turpinātāji pierādīja, ka pagaidu saistības veidojas ne tikai garozā, bet arī augstākajos zemgarozas veidojumos.

Nosacījuma refleksi veidojas ne tikai uz beznosacījuma refleksu bāzes, bet arī uz izveidota un labi nostiprināta nosacījuma refleksa bāzes. Tā veidojas daudzpakāpju nosacījuma refleksi. Sevišķi raksturīgi tie ir cilvēkam. Ja apstākļi (nosacījumi) mainās, vecie refleksi izzūd un to vietā veidojas jauni. Tādējādi pusložu garoza nodrošina ļoti labu, precīzu organisma pielāgošanos konkrētajiem vides apstākļiem.

Cilvēkam pagaidu saistības pusložu garozā veidojas arī tad, ja kā kairinātājs darbojas vārds ar savu jēdzienisko saturu. Tas nodrošina vārdisko signalizāciju cilvēku starpā. *Valoda* izveidojās cilvēku sociālās (ne bioloģiskās!) attīstības rezultātā. Sabiedriskais dzīves veids, darbs radīja nepieciešamību sazināties, nodot savu pieredzi citiem: ilgstošā laika posmā izveidojās valoda. I. Pavlovs nosauca valodu par *otro signālsistēmu*.

Reizē ar otrās signālsistēmas izveidošanos radās arī abstraktā domāšana jeb domāšana jēdzienos, jo līdz tam saistībā ar tiešajiem kairinātājiem jeb pirmo signālsistēmu domāšana norisēja konkrētu tēlu veidā.

Ar valodas starpniecību mēs saņemam ļoti daudz informācijas, un katram cilvēkam ir iespējas izmantot visas cilvēces uzkrāto pieredzi, kas iegūta daudzu paaudžu laikā.

Kā minējām, nosacījuma refleksa veidošanās pamatā ir smadzeņu pusložu garozas neironu uzbudinājuma process. Šī procesa norisē nepieciešama citu traucējošu garozas un zemgarozas centru nomākšana. Nervu sistēmā šo funkciju veic otrs process — *kavēšana*. Atkarībā no kavēšanas rašanās apstākļiem to iedala *ārējā* un *iekšējā kavēšanā*.

Ārējā jeb beznosacījuma kavēšana ir iedzimta. Tā rodas uzbudinātā garozas centrā tad, ja ārpus šī centra rodas cits, spēcīgāks uzbudinājums, piemēram, suns saoz barību, sāk atdalīties siekalas, bet telpā ievad otru suni. Pirmajam dzīvniekam izraisās orientācijas reakcija, siekalas pārtrauc atdalīties. Šādai procesa norisei ir bioloģiska nozīme, jo, piemēram, iespējams, ka otrs dzīvnieks ir agresīvs, tāpēc ēšana atvirzās otrā vietā. Savukārt, ja sunim ar stabili izveidotu siekalu atdalīšanās nosacī-

juma refleksu, piemēram, uz zvana skaņām, pēc tam daudzas reizes zvana skaņas «neapstiprina» ar barību, siekalas uz zvanu pārstāj atdalīties. Reflekss ir izzudis iekšējās jeb nosacījuma kavēšanas rezultātā.

Nosacījumam saglabājoties, notiek šo *refleksu precizēšana*. Galvenais mehānisms saskaņā ar Pavlova mācību šajā ziņā arī ir iekšējā kavēšana. Ar šī procesa līdzdalību, piemēram, ar diferencēšanas iekšējo kavēšanu, atšķiram nosacījuma kairinātājus no tiem līdzīgiem kairinātājiem. Piemēram, starp daudziem trokšņiem mežā lapsa medību laikā labi atšķir (diferencē) peles pīkstus, jo šo skaņu viņas dzīves laikā daudzkārt ir pastiprinājis beznosacījuma kairinātājs — barība (noķertā pele). Iedzimtas spējas un treniņš ir galvenie faktori, kas attīsta šīs diferencēšanas spējas, piemēram, muzikālo dzirdi un citas spējas var izkopt ilgstošā darbā.

## NERVU SISTEMAS KLASIFIKĀCIJA

Nervu sistēma pēc uzbūves un darbības ir vienota, un tās iedalījums ir nosacīts.

Pēc atrašanās vietas organismā nervu sistēmu iedala divās daļās:

- 1) *centrālajā nervu sistēmā* — galvas un muguras smadzenes;
- 2) *perifērajā nervu sistēmā* — visi nervi un ārpus smadzenēm esošie nervu mezgli.

Pēc inervējamā orgāna vai orgānu sistēmas nervu sistēmu arī nosacīti iedala divās daļās:

- 1) nervu sistēmas daļa, kas *inervē skeleta un dažu iekšējo orgānu* (meles, rīkles, balsenes u. c.) *šķērssvītrotu muskulatūru*. Šī nervu sistēma galvenokārt izraisa kustības, pārvietošanos, tāpēc to sauc par *animālo* (lat. *animalis* — dzīvnieks), tā uzsverot, ka kustības raksturīgas dzīvniekiem, jeb *somatisko* (lat. *soma* — ķermenis, šķērssvītrotā muskulatūra, kas apņem skeletu) nervu sistēmu;

- 2) nervu sistēmas daļa, kas *inervē gludo muskulatūru iekšējos orgānos*, tajā skaitā asinsvados, arī *dziedzerus un sirdi*.

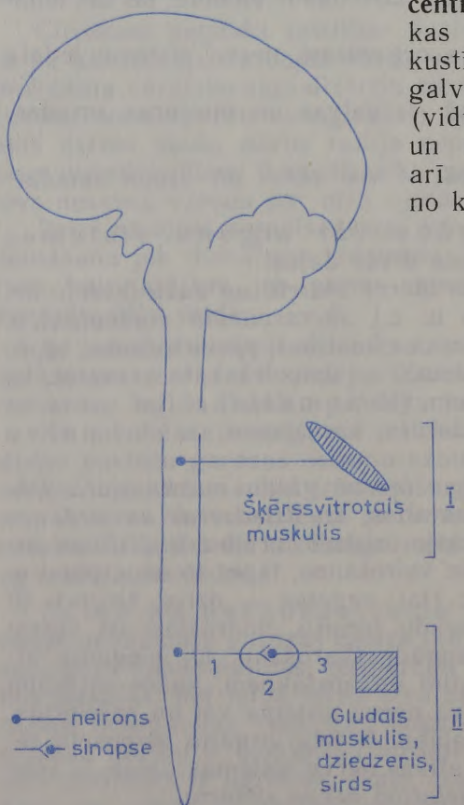
Šī nervu sistēma regulē iekšējo orgānu darbību, nodrošinot organisma vielmaiņu, augšanu un vairošanos, tāpēc to sauc par *vegetatīvo nervu sistēmu* (lat. *vegetus* — dzīvs, žirgts). Šī nervu sistēma, izmainot asinsvadu tonusu, nodrošina arī šķērsvītrotās muskulatūras asinsapgādi (barošanu, O<sub>2</sub> piegādi) atbilstoši funkcionālajam stāvoklim un apstākļiem, kādos attiecīgā brīdī orgāns atrodas. Vegetatīvā nervu sistēma vai nu pastiprina, vai pavājina iekšējo orgānu dabību. Iekšējo orgānu divpusēju regulāciju nodrošina divas vegetatīvās nervu sistēmas daļas — *simpatiskā* un *parasimpatiskā vegetatīvā nervu sistēma*.



Vairumu orgānu inervē kā simpātiskā, tā parasimpātiskā nervu sistēma. Tomēr atsevišķiem orgāniem, piemēram, sviedru dziedzeriem, virsnierēm, liesai, ir tikai simpātiskā inervācija.

Simpātiskās un parasimpātiskās nervu sistēmas iedarbība uz vienu un to pašu orgānu parasti ir pretēja. Piemēram, simpātisko nervu kairinājums izraisa acs zīlītes paplašināšanos, asinsvadu sašaurināšanos, sirdsdarbības paātrināšanos, zarnu peristaltikas palēnināšanos, pastiprina oksidēšanās procesus, paugstina barības vielu patēriņu, bet kavē gremošanas sulu atdalīšanos, turpretī parasimpātisko nervu kairinājums izraisa acs zīlītes sašaurināšanos, asinsvadu paplašināšanos, sirdsdarbības palēnināšanos, zarnu peristaltikas paātrināšanos, gremošanas sulu izdalīšanos, tā veicinot enerģētiso savienojumu atjaunošanu. Tomēr šie procesi nav jāsaprot kā funkciju pretstats. Šīm sistēmām ir savstarpēja mijiedarbība, kas dinamiski mainās. Normālu organisma funkcionēšanu nodrošina abu veģetatīvās nervu sistēmas daļu saskaņota darbība. Šo saskaņošanu veic augstākie centrālās nervu sistēmas nodaļumi, jo veģetatīvā nervu sistēma ir vienotas nervu sistēmas daļa.

**Veģetatīvās nervu sistēmas centri** (nervu šūnas, no kurām sākas centrbēdzes šķiedras, kas ir kustību vai sekretoras) atrodas galvas smadzeņu stumbra daļā (vidussmadzenēs, smadzeņu tiltā un iegarenajās smadzenēs), kā arī muguras smadzenēs (sākot no krūšu segmentiem).



58. att. Somatiskās un veģetatīvās nervu sistēmas perifērās daļas uzbūves shēma:

I — somatiskā nervu sistēma, II — veģetatīvā nervu sistēma; 1 — līdzganglija šķiedra, 2 — ganglijs, 3 — pēcganglija šķiedra.

Atšķirībā no somatiskās nervu sistēmas, kurai centrālo neironu izaugumi bez pārtraukuma perifērijā aiziet līdz inervējamam orgānam — šķērsvitrotajam muskulim, veģetatīvajā nervu sistēmā ceļu no centra līdz inervējamam orgānam veido divi neironi; no tiem pirmā neirona ķermenis atrodas centrālajā nervu sistēmā, bet otrā — ārpus galvas vai muguras smadzenēm — *nervu mezglos jeb ganglijos* (58. att.).

Simpātiskās veģetatīvās nervu sistēmas gangliji atrodas tuvu muguras smadzenēm un izveido simpātisko gangliju robežvirkni abpus mugurkaulam, kā arī ganglijus pie aortas vēdera daļas u. c.

Parasimpātiskās veģetatīvās nervu sistēmas gangliji atrodas tuvu inervējamam orgānam, piemēram, pie siekalu dziedzeriem, vai pašā orgāna sienā — sirdī, gremošanas traktā u. c. Orgāna sienā šie gangliji ir mikroskopiski.

## CENTRĀLĀ NERVU SISTĒMA

### MUGURAS SMADZENES

Muguras smadzenes ir centrālās nervu sistēmas zemākais nodaļums. To garums ir apmēram 45 cm, diametrs — 1—1,5 cm. Muguras smadzenes apņem trīs apvalki un aizsargā mugurkaula kanāls. Muguras smadzenes ir *segmentētas* — tās sastāv no 31 segmenta. No katra segmenta atiet viens muguras smadzeņu nervu pāris. Katrs nervs sākas ar *divām saknītēm* — priekšējo un mugurējo. Uz mugurējām saknītēm atrodas paresnīnājumi — *muguras smadzeņu mezgli jeb gangliji*, kuros ir nervu šunu ķermeņi.

**Muguras smadzeņu šķersgriezumā** redzams, ka to centrā ir neliels kanāls, kuru apņem *pelēkā viela* — neironu ķermeņi (VIII krās. att.). Pelēkās vielas izvietojums atgādina burtu H, t. i., pelēkajai vielai izšķir divus priekšējos un divus mugurējos ragus. Pelēkās vielas ārpusē ir *baltā viela*. Balto vielu veido neironu izaugumi, kas grupēti kūlīšos. Tie ir vadītājceļi, kuru uzdevums — saistīt (augšupvadošā un lejupvadošā virzienā) dažādus centrālās nervu sistēmas nodaļumus.

**Centrtieces jeb jušanas neironu ķermeņi** vienmēr atrodas ārpus centrālās nervu sistēmas. Muguras smadzeņu rajonā vienīgā to atrašanās vieta ir muguras smadzeņu gangliji. Jušanas neironiem ir tikai divi izaugumi: viens *dendrīts* un viens *aksons*. Dendrīts šiem neironiem ir ļoti garš: tas sākas no kāda receptora ādā, muskuļos, cipslās, asinsvados, iekšējos orgānos un muguras smadzeņu nerva sastāvā vada nervu impulsus no minēto orgānu receptoriem. Jušanas neironu otrs izaugums — **aksons** — tajā pašā segmentā ieiet muguras smadzenēs. Muguras smadzeņu ganglijs



un visi no tā izejošie aksoni veido *muguras smadzeņu mugurējās saknītes*, kuras vada nervu impulsus vienīgi centrālās virzienā, t. i., uz muguras smadzenēm.

Centrbēdzes neironu ķermeņi atrodas muguras smadzeņu pelēkās vielas priekšējos ragos. Šo šūnu aksoni iznāk no muguras smadzenēm un katrā segmentā veido muguras smadzeņu priekšējās saknītes, kuras atšķirībā no mugurējām vada nervu impulsus vienīgi centrālās virzienā, uz perifēriju.

Neizejot ārpus smadzeņu apvalkiem, priekšējās un mugurējās saknītes saplūst, izveidojot jauktu nervu, kas sastāv no centrālās un centrālās šķiedrām. Centrbēdzes šķiedras aiziet līdz pildorgānam, kurš var dot reflektorisku atbildes reakciju.

Visvienkāršākajā gadījumā, saslēdzoties centrālās un centrālās neironiem kādā muguras smadzeņu segmentā, izveidojas *refleksa loks tikai no diviem neironiem*. Šādi pēc struktūras ļoti vienkārši refleksi novērojami arī cilvēkam, bet to skaits ir neliels (daži desmiti). Tie ir, piemēram, t. s. cīpslu refleksi, no kuriem vispazīstamākais ir *ceļa reflekss*: sitiens pa četrgalvu muskuļa cīpslu ceļa rajonā izraisa reflektorisku kājas iztaisnošanu ceļa locītavā.

Vairumā refleksu tomēr iesaistās *trešā neironu grupa* — *starpneironi*, kuru galvas un muguras smadzenēs ir visvairāk.

**Starpneironu ķermeņi** atrodas muguras smadzeņu pelēkās vielas mugurējos ragos. Daļai starpneironu ir ļoti gari, citiem — samērā īsi aksoni. Starpneironi ar īsiem aksoniem piedalās refleksa loku veidošanā muguras smadzenēs: tie saslēdz savā starpā centrālās un centrālās neironus. Rezultātā muguras smadzenēs izveidojas *refleksa loks no trim neironiem*. Ar šādu muguras smadzeņu refleksu līdzdalību notiek, piemēram, dažu iekšējo orgānu reflektoriskā darbība, urīnpūšļa iztukšošanās u. c.

Tātad viena no muguras smadzeņu funkcijām ir to reflektoriskā darbība. Muguras smadzeņu refleksu skaits cilvēkam ir samērā mazs. Visi muguras smadzeņu refleksi ir iedzimti beznosacījuma refleksi, to struktūra ir vienkārša.

Vairumam refleksu, arī gadījumā, ja kairinājums tiek uztverts ar receptoriem, kas saistīti ar muguras smadzeņu centrālās neironiem, refleksa saslēgšanās centrs atrodas augstākajos centrālās nervu sistēmas nodaļumos — galvas smadzenēs.

Saistību starp muguras smadzeņu jušanas neironu un augstākajiem centrālās nervu sistēmas nodaļumiem nodrošina muguras smadzeņu baltā viela. Baltās vielas slānis veidojas apkārt muguras smadzeņu pelēkajai vielai, un pēc savas būtības tā ir «kabeļu sistēma» — *vadītājceļi*. Muguras smadzeņu mugurējā daļā un daļēji arī sānos šo balto vielu veido jušanas neironu un starpneironu garie izaugumi (aksoni), kas grupēti kūlīšos, klāti ar izolējošu apvalku un vada nervu impulsus uz galvas smadzenēm. Tie ir muguras smadzeņu *augšupvadītāji ceļi*, kas, vairākkārt pārslēdzoties pie starpneironiem, novada nervu impulsu līdz galvas

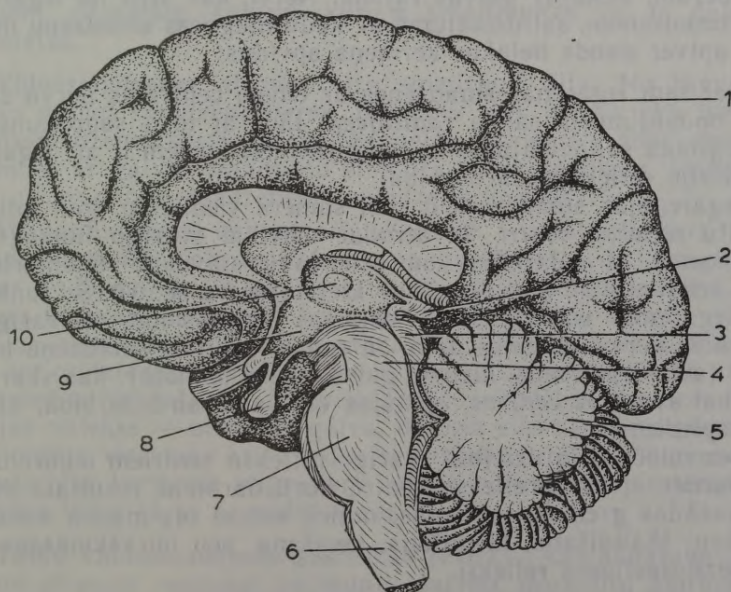
smadzeņu zemākajiem nodaļījumiem (iegarenajām smadzenēm, smadzenītēm u. c.), kā arī līdz pusložu garozai.

Muguras smadzeņu baltās vielas priekšējā un daļēji sānu daļā ir muguras smadzeņu *lejupvadītājceļi*, kas saista smadzeņu pusložu kustības zonu ar muguras smadzeņu centrālās jeb kustību neironiem.

Apvienojoties muguras smadzeņu augšupvadītājiem un lejupvadītājiem ceļiem, refleksam saslēdzoties galvas smadzenēs, arī izveidojas *refleksa loki*, kuros iesaistās centrālās neirons, lielāks skaits starpneironu un centrālās neirons (IX krās. att.). Šie refleksi ir komplicētāki par muguras smadzeņu refleksiem. Muguras smadzenes un ar tām saistītie muguras smadzeņu nervi šinī gadījumā nodrošina ķermeņa perifērijas saistību ar augstākiem galvas smadzeņu nodaļījumiem.

## GALVAS SMADZENES UN AUGSTĀKĀ NEIRĀLĀ DARBĪBA

Cilvēkam galvas smadzenēs izšķir 5 nodaļījumus (59. att.). Tieš muguras smadzeņu turpinājums ir iegarenās smadzenes. Tās savukārt pāriet paplašinātā *smadzeņu tiltā*, no kura uz pakauša pusi atrodas *smadzenītes*. Abi šie veidojumi kopā sastāda



59. att. Galvas smadzeņu sagitāls griezumā:

- 1 — galvas smadzenes (puslodes), 2 — epifīze, 3 — četrkalne, 4 — smadzeņu kājiņas,  
5 — smadzenītes, 6 — iegarenās smadzenes, 7 — smadzeņu tilts, 8 — hipofīze, 9 —  
zempaugurs (hipotalāms), 10 — redzes uzkalns (talāms).



pakaļējās smadzenes. Virs tām attiecīgi atrodas vidus-smadzenes un starpsmadzenes. Visus minētos veidojumus kopā (izņemot smadzenītes) sauc par *smadzeņu stumbru*. Smadzeņu stumbra struktūrām raksturīgi, ka *pelēkā viela ir struktūras iekšpusē*, kodolu veidā. Virs smadzeņu stumbra atrodas vislielākais galvas smadzeņu nodaļums, kura izmēri cilvēkam un zīdītājdzīvniekiem būtiski atšķiras — tās ir *galas smadzenes*.

Cilvēkam no galvas smadzenēm atiet *12 pāri galvas smadzeņu nervu*. Atšķirībā no muguras smadzeņu nerviem, kuri visi pēc uzbūves ir jaukti, galvas smadzeņu nervi ir dažādi: 3 pāri galvas smadzeņu nervu (dzirdes, redzes, ožas) ir jušanas jeb centrīecies nervi, 6 pāri galvas smadzeņu nervu (sejas, trijzaru u. c.) pēc uzbūves ir jaukti un 3 pāri galvas smadzeņu nervu (acs muskuļu nervs u. c.) ir kustību jeb centrībēdzes nervi.

No iegarenajām smadzenēm atiet *4 pāri galvas smadzeņu nervu*, to skaitā arī nervu pāris ar nosaukumu — *klejotājnervs*, kas pēc uzbūves ir jaukts — centrīecies un centrībēdzes virzienā vadošs nervs. Kā rāda nosaukums, šis nervs inervē ļoti plašus ķermeņa apvidus. Klejotājnervs inervē gludos muskuļus un dziedzerus visos krūšu un vēdera dobuma orgānos līdz iegurnim. Tie ir gremošanas kanāla un elpošanas sistēmas orgāni, kā arī asinsrites sistēmas orgāni. Pārējie trīs iegareno smadzeņu nervu pāri sākas no receptoriem, kā arī inervē muskulatūru un dziedzerus (piemēram, siekalu) galvas rajonā. Nervi, kas atiet no iegarenajām smadzenēm, salīdzinājumā ar kādu muguras smadzeņu nervu pāri aptver daudz lielākus ķermeņa apvidus.

Bez tam iegarenās smadzenes ar citiem centrālās nervu sistēmas nodaļumiem saista *vadītājceļi*. Līdz ar to ir saprotams, ka sarežģītāka salīdzinājumā ar muguras smadzenēm ir arī iegareno smadzeņu reflektoriskā darbība.

Iegarenajās smadzenēs ir gan samērā vienkāršu, gan ļoti sarežģītu *refleksu centri*. Te atrodas dzīvībai svarīgu funkciju — nelpošanas, sirdsdarbības un asinsvadu stāvokļa reflektoriskās regulācijas centri, kuri saistīti ar klejotājnerve centru. Šo funkciju dēļ iegarenās smadzenes ir dzīvības uzturēšanai vissvarīgākā centrālās nervu sistēmas daļa. Ja rodas iegareno smadzeņu bojājums (asinsizplūdums, lūzums galvaskausa pamatā), kas skar šos dzīvībai svarīgos centrus, apstājas elpošana, sirdsdarbība, kritas asinsspiediens.

Bez minētajiem dzīvībai svarīgo refleksu centriem iegarenajās smadzenēs atrodas refleksu centri, kuru darbības rezultātā atdalās dažādas gremošanas sulas, notiek virkne organisma aizsarg-refleksu: šķaudišana, klepošana, vemšana, acu mirkšķināšana un citi beznosacījuma refleksi.

No *smadzeņu tilta* arī atiet *4 pāri galvas smadzeņu nervu*, to skaitā līdzsvara un dzirdes nervs, sejas nervs u. c. Smadzeņu tilta kodoliem ir liela nozīme to vadītājceļu saslēgšanā, kuri saista pusložu garozu ar smadzenītēm.



**Smadzenītes** atrodas galvaskausa pakauša daļā. Tās veido divas puslodes, kuras saista t. s. *tārps*. Smadzenīšu puslodes klāj 1—2,5 mm bieza garoza, un katras puslodes baltajā vielā ir četri kodoli.

*Vadītājceļi* pievada smadzenītēm nervu impulsus no receptoriem, kas uztver mūsu stāvokli telpā. Šādi receptori ir muskuļos, kā arī speciālā līdzsvara orgānā — vestibulārā aparātā iekšējā ausī. Savukārt no smadzenītēm atiet vadītājceļi, kas savieno tās ar citiem centrālās nervu sistēmas nodaļījumiem, kodoliem un vadītājceļiem. Tādējādi smadzenītes ietekmē organisma darbību, jo tieši no smadzenītēm neviens galvas smadzeņu nervu pāris neatiet.

Smadzenītes piedalās muskuļu tonusa, kā arī visu kustību, to skaitā automātisko un arī mūsu gribai pakļauto kustību koordinācijā. Ja cilvēkam bojātas smadzenītes, novērojami muskuļu tonusa regulācijas traucējumi, roku un kāju kustības ir nesaskaņotas, nekoordinētas, gaita — lodzīga, atgādina iereibuša cilvēka gaitu, galva un rokas trīc, visas kustības ir neveiklas. Jau vieglā alkohola reibumā, ja alkohola daudzums asinīs ir 0,05%, cilvēkam pavājinās kustību koordinācija, bet, ja alkohola deva ir lielāka, kustības kļūst pilnīgi nekoordinētas, rodas līdzsvara traucējumi. Tā ir viena no alkohola darbības ārējām izpausmēm uz nervu sistēmu.

Smadzenīšu lomu kustību koordinācijā pēta eksperimenta dzīvniekiem, piemēram, suņiem, kuriem smadzenītes vai to daļas ir izoperētas.

**Vidussmadzenes** atrodas virs smadzeņu tilta. No tām atiet *2 pāri galvas smadzeņu nervu*, to skaitā acs muskuļu nervs. Vidussmadzenes sastāv no baltās vielas, kas saista abos virzienos puslodes ar galvas smadzeņu stumbra daļas kodoliem, smadzenītēm un muguras smadzenēm (smadzeņu kājiņas).

Vidussmadzenēs ietilpst arī *četrkalne* — plātnīte, kuru veido smadzeņu baltā viela ar četriem pauguriņiem — lieliem pelēkās vielas kodoliem baltās vielas dziļumā. Caur vidussmadzeņu četrkalnes kodoliem realizējas *beznosacījuma refleksi*, kuriem svarīga nozīme organisma orientācijā apkārtējā vidē. Tādi ir *redzes un dzirdes orientācijas refleksi*. Organisma pirmā automātiskā atbilde uz gaismas kairinājumu, it sevišķi, ja tas ir spēcīgs, ir redzes orientācijas reflekss — acsāboli, galva, dažreiz viss ķermenis pagriežas kairinātāja virzienā. Arī dzirdes orientācijas refleksa izpausme ir galvas vai ķermeņa pagriešana skaņas virzienā, piemēram, ja stundas laikā klasē negaidīti veras durvis.

Tātad vidussmadzenēs saslēdzas refleksi, kas sagatavo organismu straujai reakcijai uz jaunu, dažreiz negaidītu kairinātāju. Cilvēks, kam bojātas vidussmadzenes, nespēj strauji reaģēt uz negaidītu skaņas vai gaismas kairinātāju.

Bez tam vidussmadzenēs atrodas *sarkanais kodols*, kuram svarīga loma skeleta muskuļu tonusa uzturēšanā.



**Starpsmadzeņu** galveno masu veido divi *redzes uzkalni* jeb *talāmi*, kurus gan precīzāk būtu saukt par sajūtu uzkalniem, jo talāma kodolos pārslēdzas augšupvadītāji ceļi, kas nāk no visiem receptoriem un maņu orgāniem, izņemot ožas orgānu. No talāma vadītājceļi nonāk galasmadzenēs, un tur pusložu garozas darbības rezultātā veidojas subjektīvas sajūtas. Senie anatomi zināja, ka cauri talāmam iet redzes trakts, tāpēc šim veidojumam deva nosaukumu «redzes uzkalni», kas vēsturiski arī saglabājies.

Arī paša talāma kodolos notiek saņemtās informācijas pirmatstrāde. Atkarībā no informācijas rakstura veidojas emocionāls noskaņojums, kuru apzīmējam ar vārdiem — bailes, riebums, patika, interese, nedrošība utt.

Starpsmadzenēs atrodas arī apvidus zem redzes uzkalna jeb *hipotalāms*. Tajā ir augstākie veģetatīvās nervu sistēmas centri. Hipotalāma kodoli ir centri, kur veidojas subjektīvas sajūtas par paša organisma stāvokli: bada vai izsalkuma, slāpju sajūta u. c.

Hipotalāmam pieguļ nozīmīgs iekšējās sekrēcijas dziedzeris — *hipofīze*, bet starpsmadzeņu augšējā daļā atrodas *čiekurveida dziedzeris* jeb *epifīze*. Šī dziedzera hormoni bērnībā kavē priekšlaicīgu dzimumsistēmas attīstību.

**Galasmadzenes** cilvēkam veido divas puslodes, kuru masa ir apmēram 5/6 no galvas smadzeņu kopējās masas. Tā pieaugušam cilvēkam galvas smadzenes vidēji sver 1200—1400 g, bet puslodes — 1110—1200 g. Puslodes un smadzenītes pārklāj smadzeņu stumbra daļu no augšas un mugurpuses.

Katras smadzeņu puslodes centrā ir *dobums*, pildīts ar galvasmuguras smadzeņu šķidrumu. Šo dobumu apņem smadzeņu baltā viela — vadītājceļi. Tie saista gan pusložu garozas atsevišķos punktus, gan abu pusložu garozas simetriskos punktus savā starpā, kā arī veido augšupvadītājus un lejupvadītājus ceļus. Augšupvadītāji un lejupvadītāji ceļi saista lielo pusložu garozu abos virzienos ar citiem centrālās nervu sistēmas nodaļumiem.

Baltās vielas dziļumā, galvenokārt pieres apvidū, ir pelēkā viela kodolu veidā. Šos veidojumus sauc par *pamata* jeb *bazālajiem kodoliem*. Tomēr galvenā pelēkās vielas masa puslodēs atrodas to ārpusē, kur veido garozu.

Pusložu garoza pēc uzbūves un funkcijām ir vissarežģītākā centrālās nervu sistēmas daļa, kas zīdītājiem sastāv no 6 atšķirīgiem slāņiem (tos veido dažādas formas neironi). Augstākajiem zīdītājiem garoza ir stipri krokota. Cilvēkam pusložu garozas virsmas laukums ir 1700—2000 cm<sup>2</sup>, turklāt 2/3 no šīs virsmas ir kroku dziļumā. Garozas biezums — 2—3 mm. Aprēķināts, ka cilvēkam pusložu garozu veido līdz 18 miljardiem nervu šūnu.

Trīs galvenās rievās — *centrālā*, *sānu* un *paura-pakauša rievā* — sadala katru puslodi četrās daivās — *pieres*, *paura*, *pakauša* un *deniņu daivā*. Piektā daiva — *salīņa* — guļ sānu rievas dziļumā.

Smadzeņu pusložu garoza ir galvenais materiālais

substrāts, kurā norisinās cilvēka augstākā nervu darbība — psihiskie akti, lai gan jāatzīmē, ka tajos piedalās arī citas galvas smadzeņu daļas (starpusmadzenes, bazālie kodoli u. c.).

Galvas smadzeņu pusložu garoza saņem centrālās nervu impulsus no visiem organisma receptoriem: redzes, dzirdes, ožas, garšas, ādas, muskuļu, iekšējo orgānu. Tos garozas rajonus, kuros pārsvarā pienāk nervu impulsi no noteiktiem receptoriem, I. Pavlovs nosauca par *analizatoru garozas centriem*. Šīs pusložu garozas daļas, kurās atrodas atsevišķi sajūtu centri, sauc arī par *garozas pirmējām* (primārajām) *sensorajām zonām* jeb *laukiem* (lat. *sensus* — sajūta).

Sensorās zonas galvenokārt atrodas garozas rajonos aiz centrālās rievas. Novērojumi slimniekiem, kuriem bojātas atsevišķas garozas vietas, kā arī eksperimenti ar dzīvniekiem, kam šīs vietas izoperētas, ļāva noskaidrot, ka redzes zona atrodas pakauša daivā, dzirdes zona — deniņu daivā, bet virsmā, kur abas puslodes saskaras, atrodas ožas un garšas zona.

Pieskares, spiediena, temperatūras, sāpju u. c. sajūtas tiek atspoguļotas paura rajonā, pusložu krokā, kuru no priekšpuses norobežo centrālā smadzeņu pusložu rievā. Šo pirmējo sensoro zonu bojājuma gadījumā zūd viena vai otra sajūta, piemēram, pieskares, temperatūras u. c., kaut arī perifērais maņu orgāns un nervs ir veseli.

Apkārt minētajām pirmējām zonām atrodas *otrējās* (sekundārās) *sensorās zonas* jeb *asociatīvās zonas* (lat. *associare* — savienot). Šos garozas rajonus vadītājceli (baltā smadzeņu viela) saista ar pirmējām zonām un nodrošina pievadītās informācijas tālāku apstrādi un vispārināšanu. Šo zonu bojājuma gadījumā neizzūd neviens no jušanas veidiem, tikai cilvēks nespēj novērtēt kairinātāja iedarbību, piemēram, cilvēks vārdus dzird, bet nespēj tos sakārtot sakarīgos teikumos domas izteikšanai vai arī — tekstu izlasa, bet tajā izteiktu vienkāršu domu nesaprot.

Ir arī vēl *trešējās sensorās zonas*, kas saistītas ar visām pirmējām un otrējām zonām. Te tiek apstrādāta un apvienota informācija, kas pienākusi caur visiem maņu orgāniem. Apkopojot šo informāciju, notiek augstākie analīzes un sintēzes procesi, izmantojot iepriekš uzkrāto pieredzi (atmiņu). Trešējo sensoro zonu attīstība ir saistīta ar valodas funkciju, jo domāšana ir saistīta ar vārdiskiem jēdzieniem. Šo zonu iedzimtā bojājuma gadījumā cilvēks nespēj iemācīties runāt un apgūt vārdu jēgu.

Tātad no receptoriem un maņu orgāniem nākušie signāli nervu impulsu veidā nokļūst garozā, dažādās tās pirmējās sensorajās zonās. Pēc tam informācija nonāk asociatīvajās un trešējās zonās, kuru darbības rezultātā mēs uztveram pasauli kā vienotu veselu.

Bez sensorajām zonām pusložu garozā ir arī *kustību zonas* jeb *lauki*, no kuriem nāk ierosa muskuļu darbībai, ar to saistītām kustībām, valodu.



Kustību zona galvenokārt atrodas uz priekšpusi no centrālās rievas. Šīs rievas priekšpusē atrodas kustību zona, no kuras ierosinās visas gribai pakļautās galvas, kakla un ķermeņa kustības. Šajā zonā atrodas neironi, kuriem ir ļoti lieli trīsstūra formas ķermeņi. Šo neironu garie izaugumi (aksoni) veido pusložu lejupvadītāju sistēmu — vadītājus, kas saista minēto zonu pusložu garozā ar galvas vai muguras smadzeņu kustību nervu kodoliem. Ja cilvēkam bojāta šī zona, piemēram, tur ir asinsizplūdums, slimniekam iestājas daļēja vai pilnīga kustību paralīze — atkarībā no bojājuma lieluma cilvēks zaudē spēju patvaļīgi kustināt atsevišķas ķermeņa daļas vai visu ķermeni.

Kreisajā puslodē, tās pieres daivā, atrodas *runas centrs*, jo runa un vārda uzrakstīšana arī ir dažādu kustību aktu realizācija. Pusložu garozā pieres rajonā, kā liecina novērojumi, cilvēkam abstraktās domāšanas rezultātā realizējas darbības un rīcības plānošana. Cilvēks atšķiras no dzīvniekiem ar to, ka jebkuru apziņātu darbību vispirms izplāno savā apziņā, tad darbību veic un rezultātā rada visas materiālās un garīgās vērtības.

Pusložu garozas šūnas cilvēkam ilgi spēj saglabāt iepriekšējo kairinātāju radītā uzbudinājuma sekas. Rezultātā smadzeņu pusložu garoza uzkrāj informāciju atmiņas veidā. Šo iegūto informāciju, pieredzi izmanto, plānojot darbību.

## MIEGS

Miegs nepieciešams galvenokārt smadzeņu normālai darbībai. Tā eksperimenta dzīvniekiem — suņiem, kuri bija gājuši bojā miega trūkuma dēļ, atrada bojājumus smadzeņu šūnās. Miega laikā smadzenes vairs neuztver kairinājumus no maņu orgāniem, nenotiek skeleta muskuļu apzināta darbība. Tāpēc arī mūsu gadsimta sākumā uzskatīja, ka miegu nosaka kavēšanas izplatīšanās pa smadzeņu pusložu garozu.

Zināmu pārstiegumu radīja rezultāti, kurus ieguva, pētot aizmiguša cilvēka smadzeņu elektrisko aktivitāti. Šim nolūkam lieto ļoti spēcīgus pastiprinātājus — *elektroencefalogrāfus*, kas spēj reģistrēt nelielas (10—100 mikrovoltu) potenciālu diferences, kas rodas starp dažādām smadzeņu daļām. Tās ir *elektroencefalogrammas* (EEG). Lai tās reģistrētu, cilvēkam uz galvas dažādās vietās novieto daudzus (8—32) elektrodus — metāla plāksnītes. Ja divus šādus elektrodus savieno caur encefalogrāfu un reģistrē likni, var redzēt, ka elektriskais potenciāls dažādās smadzeņu daļās ir atšķirīgs. Tas liecina par nervu šūnu aktivitāti. Turklāt potenciālu difference mainās — elektroencefalogrāfs reģistrē likni, kurā svārstību biežums ir 0,5—35 reizes sekundē.

Bija sagaidāms, ka miegā, nervu šūnām atpūšoties, stipri pavājināsies arī smadzeņu elektriskā aktivitāte. Taču izrādījās, ka ne-

atkarīgi no tā, vai cilvēks ir nomodā vai guļ, strādā fizisku vai garīgu darbu, smadzeņu strāvu stiprums mainās ļoti maz.

Galvenā atšķirība starp smadzeņu strāvu pieraksta līknēm nomodā un miegā ir tā, ka miegā potenciālu svārstības kļūst stipri retākas un tām ir lielāka amplitūda. Taču periodiski (parasti ar apmēram 2 stundu intervālu) aizmiguša cilvēka (arī dzīvnieku) encefalogrammā lēno viļņu (mazāk par 5 reizēm sekundē) vietā elektroencefalogrammā parādās ātras, nelielas svārstības (caurmērā 20 reizes sekundē), kādas raksturīgas nomoda stāvoklim. To nosauca par «*ātro viļņu miegu*», un tas aizņem ap 20—25% no kopējā miega laika, turklāt bērnībā šis laiks ir ilgāks. Šajā ātro viļņu miegā ir vēl citas izmaiņas organismā — visa muskulatūra atslābst, it īpaši kakla un muguras, sirds ritms kļūst ātrāks, arī elpošana kļūst biežāka, bet visraksturīgākās ir acsābolu kustības, kuras var reģistrēt ar speciālu aparāturu. Šīs kustības ir līdzīgas tām, ko novēro cilvēkam, kad viņš atceras kādu lietu vai notikumu.

Bez tam ātro viļņu miega laikā cilvēks redz sapņus. Organisms visvairāk cieš tad, kad tiek iztraucēts un saīsināts tieši šis «*ātrais miegs*». Tad uzmostoties cilvēki ir īgni, darba nespējīgi.

Tātad miega un it sevišķi «*ātro viļņu miega*» fāzē notiek kaut kāda aktīva smadzeņu darbība, un *miegs nav pasīvs process*.

Grūtāk ir atbildēt uz jautājumu, kāpēc ir vajadzīgs miegs, kādi aktīvi procesi notiek smadzenēs miega laikā.

Pastāv uzskats, ka miegs nepieciešams nomoda laikā iegūtās informācijas apstrādei. Dienā cilvēks ar redzi, dzirdi un citiem analizatoriem uztver ļoti daudz informācijas, kuru «*šķiro*» (veidojot ilgstošo atmiņu vai arī dzēšot) miega laikā. Šim uzskatam ir arī pretilieki.

Ir teorija, ka nepieciešamība pēc miega izveidojusies kā pielāgošanās vides apstākļiem — diennakts ritmam.

Jautājumam, kāpēc smadzeņu normālai darbībai nepieciešams miegs, pagaidām pārliecinošas atbildes vēl nav.



## 7. VISPĀRIGĀ BIOLOĢIJA

---

Ar terminu «vispārīgā bioloģija» parasti apzīmē zinātņu grupu, kas pēta dzīvības procesu vispārējās, fundamentālās likumsakarības. Šo fundamentālo likumsakarību zināšana nepieciešama ne tikai pašas bioloģijas attīstībai, bet arī jaunradei medicīnā un lauksaimniecībā: slimību profilakses un ārstēšanas efektīvāku metožu izstrādāšanai, kultūraugu un lauksaimniecības dzīvnieku produktīvāku šķirņu izveidošanai, dzīvās dabas resursu racionālai izmantošanai. Dzīvo būtnu darbības likumsakarības bionikā izmanto oriģinālu aparātu konstruēšanai, organismu adaptācijas principus — tehniskajā kibernetikā. Ekoloģijas attīstība arvien vairāk ietekmē visas zinātnes un cilvēka praktiskās darbības nozares, liek nopietni domāt, kādas sekas šī darbība izraisīs dabā un cilvēku sabiedrībā, kā pastiprināt pozitīvās sekas un mazināt negatīvās. Ražošanas procesu, sabiedrības paātrināta attīstība izvirza vispārīgajai bioloģijai aizvien lielākus uzdevumus.

### EVOLŪCIJAS MĀCĪBA

#### EVOLŪCIJA UN TĀS IZPĒTES NOZĪME

Bioloģiskā evolūcija ir dzīvās dabas neatgriezeniska vēsturiskā attīstība, kas izpaužas populāciju ģenētiskā sastāva izmaiņās, organismu pielāgotībā dzīves apstākļiem, sugu tapšanā un izmiršanā, pakāpeniski izmainoties visai biosfērai. Ar evolūcijas parādību pētīšanu tā vai citādi nodarbojas visas bioloģijas kompleksa zinātnes. Taču šī procesa vispārējās likumsakarības un virzošos faktorus pēta atsevišķa bioloģijas nozare, kuru pirmās īsti zinātniskās evolūcijas teorijas izveidotāja vārdā sauc par *darvinismu*. Kopš Čārlza Darvina (1809—1882) laikiem evolūcijas teorija ir attīstījusies tālāk, bagātinoties ar jauniem zinātnes datiem. Mūsdienu evolūcijas teorija plaši izmanto modernās ģenētikas, ekoloģijas, molekulārās bioloģijas, biokibernetikas un citu zinātņu sasniegumus. Vispārinot bioloģijas zinātņu sasniegumus evolucionārā skatījumā, šī teorija kļuvusi par metodoloģisku pamatu mūsdienu teorētiskajai bioloģijai un tās praktiskajam pielietojumam augkopībā, lopkopībā, medicīnā u. c. Dabas aizsardzībā un dabas resursu racionālā izmantošanā aizvien aktuālāka kļūst

evolūcijas vadīšanas problēma. Lai meži ražotu vairāk koksnes, bet jūrās būtu vairāk zivju un citu cilvēkam vajadzīgo dzīvnieku un augu, lai paglābtu daudzas jau stipri apdraudētas sugas no iznīcības, prasmīgi jākoriģē šo sugu pielāgotības sistēma, mikroevolūcijas gaita.

Darvinismam, kas pēta dzīvās dabas, tajā skaitā arī cilvēka evolūciju, cilvēku darbības izraisītās sekas dzīvības vēsturiskajā attīstībā, ir liela sociālā, filozofiskā nozīme. Kopš evolūcijas teorijas rašanās tā vienmēr izraisījusi asas diskusijas starp atšķirīgu ideoloģiju pārstāvjiem. Č. Darvina evolūcijas teoriju augstu novērtējuši daudzi pasaules zinātnieki.

## EVOLŪCIJAS TEORIJAS TAPŠANAS PRIEKŠNOSACĪJUMI

Č. Darvins veidoja evolūcijas teoriju galvenokārt periodā no 1842. gada līdz 1859. gadam. Viņa teorija tapa kā likumsakarīgs zinātnes un prakses attīstības rezultāts. Vajadzība pēc tās bija nobriedusi. Dažādās bioloģijas nozarēs un kaimiņzinātnēs bija uzkrājies bagāts faktiskais materiāls, ko apmierinoši varēja materiālistiski izskaidrot tikai no dzīvās dabas evolūcijas viedokļa.

Zviedru naturālists Kārlis Linnejs XVIII gs. izveidoja zinātnisko sistemātiku, kas bija pamats informācijas sakārtošanai par dzīvās dabas daudzveidību. Sevišķi jāatzīmē viņa koncepcija par sugu kā dzīvības galveno eksistences formu, reāli eksistējošu organiskās pasaules pamatvienību. Franču biologs Ž. B. Lamarks grāmatā «Zooloģijas filozofija» (1809) izklāstīja vienotu mācību par dzīvās dabas evolūciju, kurā tika izvirzīti evolūcijas teorijas galvenie jautājumi. Taču tā laika zinātnes dati bija nepietiekami, lai rastu objektīvas atbildes uz šiem jautājumiem. Viņš attīstību no vienkāršākām uz sarežģītākām formām izskaidroja ar gradācijas principu — ar visa dzīvā tieksmi pilnveidoties. Šo tieksmi nosakot organisma iekšējie faktori, bet ārējās vides apstākļi novirzot to no gradācijas ceļa, jo organisms spiests tiem pielāgoties. Lamarks, izmantodams teleoloģiskos uzskatus par dzīvo būtnu sākotnējo mērķtiecību, izvirzīja organismu tiešās pielāgošanās principu. Pēc viņa domām, jaunas pazīmes un īpašības dzīvniekiem rodas, izmainoties ieražām un orgānu nodarbinātībai, kas notiekot, pārmaiņoties dzīves veidam un apkārtējās vides apstākļiem. Radušās organisma izmaiņas iedzimstot pēcnācējos. Lamarks centās pamatot ideju par cilvēka sugas dabisko izcelšanos no cilvēkveidīgajiem pērtiķiem. Viņš ieviesa zinātnē terminu «bioloģija».

M. Šleidenā un T. Švana izveidotā šūnu teorija (1839) droši pamatoja dzīvās dabas kopību. Pēterburgas akadēmiķis, Tartu universitātes audzēknis Kārlis Bērs XIX gs. pirmajā pusē ar plašiem embrioloģiskajiem pētījumiem pierādīja dīgļu sākotnējo līdzību dažādiem dzīvnieku tiptiem un to diverģenci (pazīmju attālinā-



šanos) embriogēnēzes (dīgļu attīstības) gaitā. Angļu zinātnieks Čarlzs Laiels iedibināja vēsturisko ģeoloģiju, pierādīdams zemes garozas virskārtas pakāpenisku pārveidošanos parasto dabas faktoru (ūdens, vēja, vulkānisma u. c.) darbības rezultātā. Maskavas universitātes profesors Kārlis Ruljē attīstīja koncepciju par dzīvības rašanos no neorganiskās pasaules, par organismu pakāpenisku vēsturisku attīstību mainīgu apkārtnes vides apstākļu ietekmē, par iedzimtību un mainību kā dzīvo būtnu pamatīpašībām. Dabaszinātnieku aprindās izplatījās I. Kanta un P. Laplasa koncepcija par Saules sistēmas planētu dabisko tapšanu un attīstību. Tādi īsumā ir Darvina evolūcijas teorijas galvenie *dabaszinātniskie priekšnosacījumi*.

Par svarīgāko evolūcijas teorijas *sociālvēsturisko priekšnosacījumu* jāatzīmē kapitālisma strauja attīstība. Anglija kļuva par varenu koloniālu impēriju ar milzīgu kara un tirdzniecības floti. Flotes un armijas uzturēšanai, plašajiem tirgiem vajadzēja aizvien vairāk pārtikas produktu. Bija asi jūtama vajadzība uzlabot selekcijas darbu augkopībā un lopkopībā. Selekcijas metožu tālāku attīstīšanu kavēja modernu teorētisko pamatu trūkums. Filozofijā arvien vairāk iezīmējās materiālisma un dialektikas tendences. Klasiskā angļu politiskā ekonomija (A. Smits, D. Rikardo) attēloja sabiedrības attīstību kā konkurējošo spēku brīvu spēli. Sabiedriskajās zinātnēs jau izpaudās vēsturisma vēsmas.

## Č. DARVINA EVOLŪCIJAS MĀCĪBAS PAMATTEZES UN TĀS NOVERTEJUMS

Č. Darvins 1859. gadā publicēja grāmatu «Sugu izcelšanās dabiskās izlases ceļā jeb pielāgotāko saglabāšanās cīņā par eksistenci», kurā izklāstīja savu evolūcijas teoriju. Teorētiskās atziņas te bagātīgi pamatotas ar faktiem. Liels šī zinātnieka nopelns ir dzīvās dabas evolūcijas procesa objektīva pierādīšana. Taču ievērojami lielāks ieguldījums zinātnē ir tas, ka Č. Darvins materiālistiski izskaidroja sugu rašanās un veidošanās procesu, mērķtiecību dabā, atklāja un pamatoja evolūcijas mehānismu — šī procesa galvenos faktorus, struktūru un likumsakarības. Pateicoties šim zinātniskajam ieguldījumam, evolūcijas mācība pārvērtās par teoriju.

Darvins konstatēja, ka dzīvās būtnes potenciāli spējīgas producēt ļoti daudz pēcnācēju. Bet no šī lielā daudzuma tikai daži saņiedz vairošanās vecumu, jo visiem nepietiek iztikas līdzekļu. Pārējie aiziet bojā cīņā par eksistenci — tāds ir *Darvina pirmais svarīgais secinājums*. Viņš uzsver, ka termins «*cīņa par eksistenci*» jāizprot plašā, metaforiskā nozīmē — arī kā vienas būtnes atkarība no citām, kā viena īpatņa izdzīvošana un arī vairošanās. Atstāt relatīvi vairāk pēcnācēju — tas nozīmē uzvarēt cīņā par eksistenci.



Jau sen bija zināms, ka dzīvniekiem un augiem raksturīga *īpašību un pazīmju mainība*. Taču tieši Darvina lielais nopelns ir tas, ka viņš saskatīja eksistences cīņas un vispārējās mainības kopsakarību un atklāja *dabisko izlasi* — mazāk pielāgotāko bojāju eksistences cīņā un piemērotāko izdzīvošanu. Patniecīga novirze kādā pazīmē dažiem sugas īpatņiem var būtiski palielināt izredzes izdzīvot. Rezultātā rodas visur dabā vērojamā mērķtiecība — dzīvo būtņu apbrīnojamā pielāgotība dzīves apstākļiem. Izlasei ir radošs raksturs — tā pakāpeniski no paaudzes uz paaudzi uzkrāj sīkas, bioloģiski lietderīgas izmaiņas un rezultātā izraisa savstarpēji atšķirīgu jaunu formu tapšanu. Dabiskās izlases likumsakarību noskaidrošanai Darvins izmantoja kultūraugu un mājdzīvnieku selekcijas pieredzi. Pēc tam rūpīgi analizēja šo likumsakarību atbilstību novērojumiem un uzkrātajiem zinātniskajiem datiem par dzīvnieku un augu valsti.

Taču dabiskai izlasei nebūtu evolucionāras nozīmes, ja radušās derīgās izmaiņas nepārmantotu nākamās paaudzes. Bet dabā vērojama kā *iedzimstošā*, tā arī *neiedzimstošā mainība*. Darvins rūpīgi analizēja dažādas mainības formas. Šo problēmu viņš plaši apskatīja grāmatā «Sugu izcelšanās» un veltīja tai atsevišķu apjomīgu darbu «Mājdzīvnieku un kultūraugu mainība». Viņš izdalīja *nenoteikto* jeb *individuālo* un *noteikto* jeb *grupveida mainību*. Iedzimst pēcnācējos galvenokārt nenoteiktās izmaiņas, tās atkarīgas no paša organisma dabas, bet ārējā vide šīs izmaiņas ietekmē netieši. Turpretim noteikto mainību, kad sugas īpatņu lielais vai rums izmainās līdzīgā veidā, nosaka kāda apkārtējās vides faktora darbība. Darvins vēl izdalīja *korelatīvo* (savstarpēji atbilstošo) un *kompensatīvo mainību* (kad, pastiprinoties vienām pazīmēm vai funkcijām, citas pavājinās), kā arī *mainību*, kas rodas *hibridizācijas rezultātā*. Šo mainības formu loma evolūcijas procesā ir dažāda.

Pēc Darvina teorijas, evolūcija noris pamatfaktoru — mainības, cīņas par eksistenci, dabiskās izlases un iedzimtības kopējās darbības rezultātā. Ja kāds no šiem faktoriem izpaliek, evolūcija nenotiek. Evolūcijas process ir neatgriezenisks: kādreiz izmirušas sugas un cita ranga taksoni nerodas no jauna. Darvins uzskatīja, ka evolūcija noris *diverģenti* (organismu grupu pazīmēm attālinoties) un tai ir *monofilētisks raksturs*, t. i., sugas radušās no kopēja senča.

Darvina laikā vēl trūka zinātnisku datu par dabiskās izlases radošo darbību, sugu veidošanās mehānismu. Tāpēc viņš savos pētījumos izmantoja modelmetodi: pievērsās mājdzīvnieku un kultūraugu mainībai, selekcijas praksei. Katras dzīvnieku un augu šķirnes īpatņiem raksturīga līdzīgu īpašību un pazīmju kopa, kam ir praktiska saimnieciska nozīme un kas, šķirnes īpatņus pavairojot, saglabājas. Darvins pārliecinoši pierādīja, ka šķirnes nav radušās pēkšņi, bet veidotas pakāpeniski, krustojot prasmīgi izvēlētos vecākus un dabiskās izlases gaitā uzkrājot cilvēkam vēlamās izmaiņas.



Tādējādi selekcionārs, lietojams *mākslīgo metodisko izlasi*, paaudžu maiņas gaitā mērķtiecīgi pārveido sākotnējo izejformu. Šādu cilvēka darbību var pielīdzināt evolūcijas procesam, kas noris dzīvajā dabā. Tikai jāņem vērā, ka dabiskā izlase veido formas, kas labāk pielāgojušās dzīves apstākļiem, bet cilvēks selekcijā šķirnes ar sev vēlamām īpašībām (augstākā, ar saldiem augļiem, dekoratīvas u. c.). Darvins norādīja apstākļus, kas labvēlīgi mākslīgajai izlasei: intensīva mainība, īpatņu lielais skaits, nevēlamu krustojumu novēršana un vecāku pāru rūpīga izvēle, izlases uzkrājošā darbība. Darvins izdalīja arī tādu izlases formu kā *neapzinātā*, ko var uzskatīt par pārejas posmu no dabiskās uz mākslīgo metodisko izlasi. Ar šo jēdzienu viņš saprot labāko īpatņu saglabāšanu vaislai, ko cilvēks praktizē kopš dzīvnieku pieradināšanas un augu kultivēšanas pirmsākumiem.

### SUGA, TĀS KRITERIJI UN SUGU VEIDOŠANĀS

Jaunas sugas rašanos uzskata par svarīgāko dzīvās dabas evolūcijas posmu. Suga ir arī sistematikas pamatvienība. Priekšstatī par sugu mainās līdz ar zinātnes attīstību. Mūsu dienās valda politipiskā koncepcija. Tas ir priekšstats par sugu kā sarežģītu un relatīvi slēgtu ģenētisku sistēmu. Tā parasti sastāv no pasugām, rasēm, populācijām, kuru īpatņi iedzimtības ziņā atšķiras, taču krustojoties spēj veidot dzīvotspējīgus un fertīlus (auglīgus) pēcnācējus. Populāciju uzskata par sugas un evolūcijas pamatvienību. Tā ir vienas sugas īpatņu kopa ar vienotu ģenotipu, kas ilgstoši (daudzu paaudžu gaitā) apdzīvo noteiktu teritoriju (piemēram, viena purva priedes, viena ezera asari). Dažādu sugu īpatņi dabā parasti nekrustojas, jo starp tiem pastāv dažāda veida (galvenokārt ģenētiskā) izolācija.

Pašreiz ir apmēram 2,5 milj. sugu, tajā skaitā ap 1,2 milj. dzīvnieku (lielākā daļa kukaiņu) un ap 300 tūkst. augu sugu; pārijās — sēnes un pirmšūņi (prokarioti — zilaļģes, baktērijas). Zināmo sugu daudzums nepārtraukti pieaug, jo zinātnieki katru gadu apraksta simtiem un pat tūkstošiem jaunu (galvenokārt bezmugurkaulnieku dzīvnieku un mikroorganismu) sugu. Sugas nav līdzvērtīgas: tās var būt vienā ģintī morfoloģiski vai ekoloģiski ļoti atšķirīgas, bet citā ģintī visai līdzīgas; daļa sugu ir kosmopolīti, izplatītas ļoti plašā teritorijā, bet citas — endēmiskas, sastopamas visai šaurā areālā; ir sugas ar daudzām pasugām un populācijām, kā arī tādas, kas pārstāvētas tikai ar vienu relatīvi mazu populāciju. Acīmredzot tāpēc vēl nav izdevies izstrādāt vispusīgu visām sugām kopīgu definīciju. Sugu noteikšanai, to objektīvai novērtēšanai un savstarpējai salīdzināšanai nepieciešami zinātniski pamatoti kritēriji.

**Sugu noteikšanai un izpētei kā kritērijus** parasti izmanto *morfoloģiskās, ģenētiskās un citoloģiskās, ģeogrāfiskās un ekoloģiskās, fizioloģiskās un bioķīmiskās atšķirības*. Visagrāk sāka lietot morfoloģisko kritēriju, kas ir līdzšinējo augu un dzīvnieku noteicēju pamatā. Vairumā gadījumu sugas diezgan droši var atšķirt pēc ārējām, morfoloģiskajām pazīmēm. Taču nereti sastopamas tā saucamās dvīņu sugas ar atšķirīgu hromosomu skaitu un DNS sastāvu, kuras praktiski nav iespējams atšķirt tikai pēc morfoloģiskajām pazīmēm vien. Piemēram, vēl nesen uzskatīja, ka ir tikai viena malārijas odu suga. Taču vispusīgākos pētījumos noskaidrojās, ka tā ir nevis viena suga, bet kompleks, kas sastāv no sešām dvīņu sugām. Dvīņu sugas aprakstītas ne tikai kukaiņiem, bet arī putniem, abiniekiem, rāpuļiem, pat zīdītājiem (galvenokārt sīkajiem grauzējiem) un augiem. Šādu sugu atšķiršanai izmanto citus kritērijus, biežāk ģenētisko un citoloģisko.

Ģenētisko kritēriju uzskata par galveno. Tas ir sugas kopējais genofonds, kura kopību uztur krustošanās starp sugas īpatņiem. Dabā novērojama likumsakarība: sugu ģenētiskā izolācija pieaug, paaugstinoties dzīvo būtņu organizācijas līmenim. Augu valstī paretam sastopami ne tikai starpsugu, bet arī dažādu ģinšu hibrīdi. Aprakstīti krustošanās gadījumi starp dažādu sugu abiniekiem. Taču atšķirīgu sugu zīdītāji ne tikai parasti nehibridējas savvaļā, bet, pat mākslīgi sakrustoti, rada dzīvotnespējīgus vai arī neauglīgus pēcnācējus (piemēram, mūlis — ķēves un ēzeļa neauglīgs hibrīds).

Mazāk drošs ir citoloģiskais kritērijs, jo daudzas tuvi radnieciskas sugas praktiski neatšķiras ne pēc hromosomu skaita, ne arī to formas. Novēroti pat gadījumi, kad vienas sugas dažādiem īpatņiem ir atšķirīgs hromosomu skaits.

Arī fizioloģiskās un bioķīmiskās atšķirības vairumā gadījumu var uzskatīt tikai par palīgkritēriju sugu noteikšanai. Šādas atšķirības ir pietiekoši būtiskas parasti tikai starp augstāka ranga taksoniem (ģintīm, dzimtām). Sugas robežās šajā ziņā vērojama diezgan liela individuālā mainība. Taču atsevišķās grupās šim kritērijam ir visai būtiska nozīme. Piemēram, daudzas ķērpju sugas nosaka galvenokārt pēc bioķīmiskajiem rādītājiem. Starp sugām pastāv arī fizioloģiskā izolācija, atšķirīgi vairošanās laiki un indivīdiem raksturīga uzvedība.

Jebkuras sugas raksturojumu nevar uzskatīt par pietiekamu bez ģeogrāfiskā kritērija, ja nav norādīts tās areāls — teritorija, kurā tā sastopama. Sugas areāls var būt viengabalains vai pārtraukts, plašs vai šaurs (mazs), tas var paplašināties vai sarukt. Taču ar ģeogrāfisko kritēriju vien nevar raksturot sugu, jo daudzām sugām areāli praktiski sakrīt. Tāpat arī, ja areāls aizņem ļoti lielu teritoriju vai strauji palielinās, šis kritērijs maz ko dod sugas atšķiršanai no citām sugām.

Informatīvāks ir sugas ekoloģiskais kritērijs. Nav divu sugu ar pilnīgi vienādu adaptāciju kompleksu. Pat vienā kopējā



areālā dzīvojošām sugām katrai ir sava ekoloģiskā niša — funkcionālā vieta ekosistēmā, kas atbilst šīs sugas prasībām pēc eksistences apstākļiem. Jēdzienu «ekoloģiskā niša» nedrīkst jaukt ar sugas dzīves vietu (augiem — augtene).

No teiktā izriet, ka sugu iespējams pietiekami vispusīgi raksturot, lietojot visus galvenos tās kritērijus. Šādā skatījumā izriet, ka suga ir tādu ipatņu kopa, kurus apvieno kopējs genotips un savstarpējās krustošanās iespējas; tiem ir līdzīgas morfoloģiskas pazīmes, fizioloģiskas īpašības, biokīmiskā uzbūve un ekoloģiskas prasības, kuras pārmantojas ļoti daudzās paaudzēs, tāpēc ka suga ir genotipiski noslēgta.

**Sugu veidošanās** noris laikā un telpā. Šis process ietver kā sugas transformāciju laikā (jaunu adaptāciju tapšana), tā arī populāciju telpisko sadalīšanos. Šī procesa būtība izpaužas tādejādi, ka pārtopošās populācijas kļūst arvien pastāvīgākas, genotipiski noslēgtākas un konkurētspējīgākas. Jauna suga var rasties no vienas vai vairākām kaimiņu populācijām vecās sugas areāla perifērijā, it kā nošķeloties no tās. Tādu sugu veidošanās ceļu sauc par *alopatrisko* (gr. *allo* — dažāds, *patria* — dzimtene). Ja jaunā suga veidojas vecās sugas areāla iekšienē, tad šādu ceļu sauc par *simpatrisko* (gr. *sim* — kopā). Pārsvarā ir alopatriskā sugu veidošanās, tā arī vairāk izpētīta. Piemēram, alopatriskā ceļā no vienas maijpuķīšu sugas, kas bija izplatīta Eirāzijā pirms ledus laikmeta, radušās trīs sugas (*Convallaria majalis*, *C. transcaucasica*, *C. keiskii*). Tās izveidojušās no populācijām, kas saglabājās apledojuma neskartajās teritorijās Dienvideiropā, Aizkaukāzā un Tālajos Austrumos. Biežāk gan alopatriski jaunas sugas veidojas, paplašinoties kādas sugas areālam un attālinoties perifērijas populācijām. Arī simpatriskā ceļā jaunas sugas rodas dažādi. Tam var būt dažādi cēloņi: poliploidija (daudzās augu ģintīs ir sugu poliploidās rindas), hibridizācija (piemēram, mājas plūme ir ērkšķu plūmes un alicās hibrīds), reprodutīvā izolācija populācijā, kas radusies mutācijas rezultātā, u. c.

Jauna suga rodas mikroevolūcijas procesā, kurš neizbeidzas ar šīs sugas tapšanu, bet gan turpina darboties tālāk jaunās sugas ietvaros. Sugas, neskatoties uz savu genotipisko noslēgtību, veido vienotu dzīvās dabas sistēmu, kurā noris *makroevolūcija* — augstākā ranga taksonu veidošanās.

## DABISKĀ IZLASE — EVOLŪCIJAS VIRZĪTĀJSPEKS

Darvins pamatoja dabiskās izlases principu, balstoties uz diviem galvenajiem priekšnosacījumiem: uz visām dzīvajām būtnēm raksturīgām individuālām iedzimstošajām atšķirībām un tām piemītošo milzīgo vairošanās spēju. Vairošanās progresija savukārt izraisa divas svarīgas sekas: palielinās jaunu iedzimtības izmaiņu



varbūtība un rodas dzīvības ekspansija («dzīvības spiediens») ar tai raksturīgo ciņu par eksistenci. Č. Darvins uzskatīja, ka ciņa par eksistenci ir dabiskās izlases darbības svarīgs priekšnoteikums. Par dabisko izlasi jeb vairāk pielāgoto saglabāšanos viņš nosauca «derīgo individuālo atšķirību vai pārmaiņu saglabāšanos un kaitīgo iznīcināšanu». Mūsdienu evolucionisti, visumā piekrīzdami šai definīcijai, to precizējuši, ņemot vērā populāciju ģenētikas atziņas. Ar jēdzienu «dabiskā izlase» tagad saprot dažādu genotipu selektīvu (diferencētu) reproducēšanos (vairošanos). Šādā definīcijā uzsvars likts ne tik daudz uz atsevišķu īpatņu izdzīvošanu vai iznīcināšanu, bet gan uz to selektīvo vairošanos. Populāciju genofondā lielāku ieguldījumu dos tie īpatņi, kuri atstās vairāk pēcnācēju. Evolūcijas procesā nekādas nozīmes nav pat ļoti dzīvotspējīgam īpatnim, ja tas nerada pēcnācējus.

Izlase var iedarboties kā uz atsevišķu īpatni, tā arī organismu grupām (ģimeni, baru, populāciju, biocenozi). Izšķir *individuālo* un *grupveida izlasi*. Taču jebkura grupveida izlase notiek tā, ka saglabājas vai iet bojā atsevišķi indivīdi. Jāatzīmē arī, ka izlase tieši iedarbojas nevis uz atsevišķiem ģēniem vai genotipu, bet gan uz genotipa nesēju — organismu. Tāpēc indivīdu uzskata par izlases elementāro objektu. Indivīda izredzes izdzīvot atkarīgas no tā, cik atbilstošas konkrētiem dzīves apstākļiem izrādīsies viņa īpašības un pazīmes. Pat viena maz piemērota pazīme var kļūt par organisma bojāejas cēloni. Te jāuzsver, ka izlase nespēj «izgriezt» no indivīda organisma atsevišķu pazīmi, tā kopā ar pazīmi «izgriež» no populācijas pašu indivīdu. Tā kā ģēnus, kas nosaka attiecīgo pazīmi, satur arī daži saglabājušies īpatņi (kam šī pazīme izteikta vājāk), tad populācijas genofonds netiek uzreiz totāli «izoperēts», taču «operējamās» pazīmes ģēnu koncentrācija pakāpeniski samazinās. Darvins sevišķi uzsvēra, ka dabiskā izlase vienmēr darbojas par labu attiecīgai sugai. Nereti izlases gaitā gan izveidojas īpašības un pazīmes, kas neizdevīgas atsevišķam indivīdam, taču tās izdevīgas populācijai un sugai. Piemēram, iedzēlusī bite nespēj izvilkst savu dzeloni un aiziet bojā. Arī no koadaptācijas (savstarpējās pielāgošanās) abas sugas gūst zināmu labumu (kukaiņi un to apputeksnējamie ziedaugi, mikorizas sēnes un attiecīgā koku suga utt.).

**Izlases darbības tempu un efektivitāti** nosaka dažādi faktori, no kuriem svarīgākā ir *selektīvās eliminācijas* (mazāk piemērotāko īpatņu izslēgšanas, iznīcināšanas) *intensitāte*. Lai novērtētu selektīvās eliminācijas intensitātes būtību, lieto tādus rādītājus kā *genotipa adaptīvā vērtība* un *izlases koeficients*. Par genotipa adaptīvo vērtību ( $w$ ) sauc tā relatīvo (salīdzinājumā ar citiem populācijas īpatņu genotipiem) spēju izdzīvot un reproducēties. Šis rādītājs mainās robežās no 0 līdz 1. Ja  $w=1$ , maksimāli īstenojas organisma potenciālās vairošanās spējas, bet  $w=0$  nozīmē, ka indivīds vispār neatstāj pēcnācējus. Pretējs rādītājs ir *izlases koeficients*, kas raksturo tieši eliminācijas intensitāti.



Piemēram, ja no piedzimušiem 100 īpatņiem vairošanās vecumu sasniedz 24 stripaini īpatņi un 8 ar kuplu asti, tad pirmās pazīmes izlases koeficients ir 0,76, bet otrās — 0,92. Lielāka izlases koeficienta kvantitatīvā vērtība liecina par intensīvāku izlases darbību pret attiecīgajiem genotipiem; tā rezultātā izmainās populācijas vai kādas citas izlasei pakļautas organismu kopas genofonds (ģēnu biežuma attiecība). Šāda ģēnu biežuma attiecības izmaiņa laika vienībā izsaka izlases efektivitāti.

**Dabiskās izlases formas** ir dažādas, taču galvenās ir trīs: *virzošā*, *stabilizējošā* un *dizruptīvā*. Dabiskās izlases darbību visbiežāk ilustrē ar virzošās formas piemēriem. Šīs izlases formas darbības rezultāts izpaužas pazīmes vidējā lieluma novirzē. Virzošā izlases forma uzskatāmi izpaužas, piemēram, tādu orgānu redukcijā, kas zaudējuši savu funkcionālo nozīmi. Tā nelidojošiem putniem pakāpeniski reducējas spārni, jūras zīdītājiem — ekstremitātes, alu dzīvniekiem — acis, parazītaugiem — saknes un lapas. Dzīvnieku un augu selekcijā galvenokārt tiek praktizēta izlases virzošā forma. Taču savvaļā bieži vērojama dabiskās izlases stabilizējošā forma. Parasti katras populācijas lielākai īpatņu daļai jebkura pazīme izteikta vidēji, lielākas novirzes no šīs pazīmes vidējā lieluma konstatējamas relatīvi nēcīgām īpatņu skaitam, jo tās eliminē izlase. Zinātnieks Bempess pēc kādas vētras izpētījis bojā gājušos putnus. Izrādījies, ka tie lielā pārsvarā bijuši ar izteikti gariem vai ļoti īsiem spārnēm. Īpatņi ar vidēja lieluma spārnēm izrādījušies ievērojami izturīgāki. Ja entomofilo augu zieds savā uzbūvē novirzās no vidējā «standarta», tas paliek neapaugļots, jo kukaiņi tādu ziedu neapputeksne. Stabilizējošā izlases forma pasargā no izmaiņām daudzās sugas simtiem tūkstošu un miljonu paaudzēs. Pasargādama sugas stereotipu no mutāciju procesa ārdošās ietekmes, stabilizējošā izlase nostiprina arī virzošās izlases darbības rezultātus.

Nereti populācijas areālā ir tik atšķirīgi vides apstākļi, ka neviena no genotipu grupām negūst noteicošu pārākumu eksistences cīņā. Tad izlase darbojas vienlaikus vairākos virzienos, skalda populāciju pēc attiecīgās pazīmes vairākās grupās. Šādu izlases formu, kas darbojas pret pazīmes vidējo lielumu un sekmē polimorfisma (daudzu atšķirīgu grupu) veidošanos populācijā, sauc par dizruptīvo jeb skaldošo izlasi. Piemēram, aprakstītas vairākas parastās dzeguzes formas (bioloģiskās rases), kuras atšķiras pēc olu krāsas, jo tās specializējušās dēt noteiktu sugu putnu ligzdās.

Aprakstītas vēl vairākas citas dabiskās izlases formas. Piemēram, dzimumizlase, kad dabiskā izlase notiek starp viena dzimuma dzīvniekiem (biežāk tēviņiem, retāk mātītēm) par iespējām piedalīties dzimumaktā. Ar šādas izlases darbību izskaidrojams dzimumdimorfisms — daudzu putnu un dažu zīdītāju sugu tēviņu «rotājumi» (spilgta krāsa, krāšņs apspalvojums, vareni ragi u. c.), kā arī skaļa balss, specifiskās smaržas utt. Šādas tē-

viņu īpašības ātrāk atklāj tos ienaidniekiem un līdz ar to mazina viņu izdzīvošanas iespējas. Taču spilgtiem un ar skaļu balsi apveltītiem, spēcīgākiem tēviņiem ir lielākas izredzes piedalīties dzimumvairošanās procesā, nodrošinot dzīvotspējīgākus pēcnācējus.

Noslēgumā atkārtoti jāuzsver, ka dabiskā izlase virza evolūciju, veido jaunas formas, dažāda ranga bioloģiskos taksonus. Taču izlases izcilā loma nemazina citu elementāro pamatfaktoru nozīmi. Tikai visu faktoru kopīga darbība pārveido populāciju, šo evolūcijas elementāro pamatvienību.

## MĀJDZĪVNIĒKU UN KULTŪRAUGU ŠĶIRŅU RADĪŠANA

Par šķirni sauc konkrētos dabas un ekonomiskajos apstākļos ilgstošas cilvēka darbības rezultātā izveidojušos mājdzīvnieku vai kultūraugu kopu, kuras īpatņiem ir līdzīgas vērtīgas saimnieciskās īpašības un pazīmes, kā arī līdzīgs izskats un pielāgotība noteiktiem ārējās vides apstākļiem. Pēc izcelšanās šķirnes iedala vietējās un selekcionētās. *Vietējās šķirnes* veidojušās dabiskas un primitīvas mākslīgas izlases rezultātā. *Selekcionētās šķirnes* top kā apzinātas metodiskas selekcijas produkts. Vietējās šķirnes sāka veidoties ļoti sen, pirms 7—8 tūkst. gadu (pēc dažiem datiem, vēl agrāk), līdz ar lopkopības un zemkopības pirmsākumiem. Tās labi pielāgojušās vietējiem apstākļiem, ir mazprasīgas un izturīgas pret slimībām, taču produktivitātes ziņā atpaliek no selekcionētām šķirnēm.

Ar mērķtiecīgu metodisku selekciju sāka nodarboties pirms kādiem pāris simts gadiem. Taču šķirņu skaits jau ir ļoti liels, sevišķi kultūraugiem. Piemēram, augļu koku un ogulāju šķirņu skaits pārsniedz 17 tūkstošus (tajā skaitā ir ap 6 tūkstošiem ābeļu un 2 tūkstošiem zemeņu šķirņu), izaudzēts ap desmit tūkstošiem rožu šķirņu, vairāk nekā 2,5 tūkstoši laukaugu un dārzeņu šķirņu.

Pasaules ievērojamāko selekcionāru darba teorētiskais pamats ir ģenētika. L. Berbanks (ASV) raksta, ka jaunu šķirņu veidošana ir sekmīga, ja balstās uz Č. Darvina atklātajām evolūcijas likumsakarībām, uz iedzimstošo mainību un izlases uzkrājošo darbību. Selekcijas darbā svarīgāko vietu ieņem mākslīgā metodiskā izlase, taču šķirnes tapšanā neizpaliek arī dabiskās izlases radošā loma. Uz selekcionējamo materiālu iedarbojas meteoroloģiskie apstākļi, augsnes un reljefa īpatnības, slimību ierosinātāji un kaitēkļi. Šķirnei jābūt ne tikai augsti produktīvai, bet arī piemērotai vietējiem dabas apstākļiem.

Latvijā kultūraugu selekcija saistīta ar selekcionāru N. Broša, E. Egliša, J. Lielmaņa, E. Bērziņa, U. Konrāda, J. Berga, P. Dērmaņa un citu zinātnieku darbu. Dārzeņu selekcijā strādājuši P. Dindonis, P. Veisteris, E. Kapiņš, B. Bleiers un citi. Ar augļu koku selekciju nodarbojies LŪ Botāniskā dārza selekcionārs



V. Vārna, kas izaudzējis vairākus persiku un aprikožu hibrīdus, bet V. Šterns ar starpsugu hibrīdizāciju izveidojis ērkšķogu šķirnes. Augļu koku un ogu krūmu selekcijā strādājuši J. Sudrabs, A. Spoličis, P. Sukatnieks, J. Kārklīšs u.c. Nākotnē jāpilnveido selekcijas un šķirņu izkopšanas darbs. Selekcionāriem jāizvērs augkopības industriālo tehnoloģiju prasībām atbilstoša lauksaimniecības kultūru šķirņu un hibrīdu selekcija, īpašu uzmanību pievēršot tāda selekcionētā materiāla ieguvei, kas Latvijas apstākļos būtu izturīgs pret slimībām un kaitēkļiem, piemērots mehanizētai audzēšanai un novākšanai. Jāizveido augstražīgas kartupeļu, dārzeņu, ķirbjaugu un augļu kultūras šķirnes ar labām uzturīpašībām. Jāpilnveido mājdzīvnieku šķirnes un produktīvās īpašības, uzlabojot esošās un radot jaunas augsti produktīvas šķirnes, šķirņu grupas, linijas un hibrīdus.

## EVOLŪCIJAS PIELĀGOTĪBAS RAKSTURS UN TĀS IZVEIDOŠANĀS

Zemes biosfērā, sarežģītajā biotiskajā riņķojumā katra suga ieņem noteiktu vietu un parasti atrodas harmoniskās attiecībās ar dzīves apstākļiem. Vispārējās harmonijas iespaidu vēl vairāk pastiprina dzīvo būtņu orgānu atbilstība pildāmām funkcijām. Cik apbrīnojami piemērota zivs peldēšanai un putns lidojumam! Šī harmonija un mērķtiecība dzīvajā dabā kopš senatnes pārsteidza novērotājus. Tika izteikti dažādi minējumi par harmonijas un mērķtiecības rašanos. Šī tēma iecienīta visās reliģijās kā dieva (vai dievu) esamības «pierādījums». Darvins šo parādību izskaidroja zinātniski: organismu uzbūves mērķtiecība un harmoniskā atbilstība dzīves apstākļiem veidojas pastāvīgā pielāgošanās procesā. *Adaptāciju* jeb *pielāgotību* rašanās ir evolūcijas galvenais rezultāts. Par *adaptācijām* sauc organisma specifiskas īpašības, kuras konkrētos vides apstākļos sekmē tā izdzīvošanu unairošanos. Nereti ar vārdu «adaptācija» apzīmē adaptāciju (pielāgotību) veidošanos.

**Adaptācijas iedala** dažādi. Pēc izcelšanās veida izšķir *preadaptīvās*, *kombinātīvās* un *postadaptīvās adaptācijas*. *Preadaptīvās adaptācijas* apsteidz apstākļus, kuros tās kļūst organismam derīgas — tās vēsturiski rodas pirms attiecīgo apstākļu izveidošanās. Piemēram, kā atzīmē Darvins, zidītāju galvaskausa šuves atvieglo dzemdības, bet tās izveidojušās jau zidītāju senčiem, kuri mazulus nedzemdēja. *Preadaptācijas* iespējamās tāpēc, ka mutāciju un krustošanās rezultātā populācijas genofondā rodas iedzimstošas mainības liela rezerve, kas, apstākļiem izmainoties, var izrādīties adaptīva. *Kombinātīvās adaptācijas* top mutanto gēnu mijiedarbībā ar pārējo genotipu. Rezultātā ne tikai rodas jaunas organisma īpašības, bet arī tiek apslāpētas vecās vai arī attiecīgā īpašība izpaužas ar dažādu intensitāti atkarībā no vides apstākļiem. No šī tipa jāatšķir *postadaptīvās adaptā-*



cijas, kuras saistītas ar agrāk attīstītas pazīmes reducēšanos vai arī ar attiecīgo struktūru funkciju maiņu. Piemēram, dažiem kukaiņiem dējeklis pārtapis par dzeloni; augs zieda vainaglapas vairs nefotosintezē, bet kalpo apputeksnētāju pievilināšanai.

Adaptācijas iedala arī atbilstoši tai biotiskajai videi (dzīvības organizācijas līmenim), kurā tās izpaužas: *ontogēnētiskās* (genotipiskās), *populācijas* un *biocenotiskās adaptācijas*. Ontogēnētiskajā (individa) līmenī izpaužas *koadaptācijas* — orgānu savstarpēja pielāgotība, kā arī fizioloģiska un biokīmiska rakstura adaptācijas. Populācijas un sugas līmenī izpaužas *kongruence* — vienas sugas īpatņu savstarpēja pielāgošanās. Tā ir mātišu un tēviņu kopulēšanās orgānu atbilstība, vecāku gādība par pēcnācējiem, funkciju dalīšana barā, kolonijā, praidā utt. Organismu savstarpēja pielāgošanās vērojama arī biocenotiskajā līmenī kā dažādu sugu īpatņu mijiedarbība. Šī mijiedarbība izpaužas attiecībās plēsoņa—upuris, parazīts—saimniekorganisms, entomofilie ziedaugi—kukaiņi apputeksnētāji, mikorizas sēnes—kokaugs, gumīnbaktērijas—tauriņziedis utt. Viena augu suga ietekmē citas ar izdalījumiem (*alelopātija*). Bieži vien strikti nodalīt šos adaptācijas veidus ir diezgan grūti. Adaptācijas biocenozē būtiski ietekmē ontogēnētisko adaptāciju raksturu, bet dabiskās izlases darbība populācijā maina biocenotisko vidi.

**Pēc adaptāciju izpausmes mēroga** tās iedala *vispārīgās* un *specializētās*. Vispārīgās adaptācijas noderīgas organismiem ļoti dažādos vides apstākļos (piemēram, izmaiņas asinsrites un nervu sistēmā, fotosintēze, vairošanās ar sēklām u. c.). Specializētās adaptācijas noder tikai šauri specializētos, īpatnējos dzīves apstākļos (skudru lāča mēles uzbūve, kurmjā pielāgotība dzīvei augsnē u. c.). Evolūcijas gaitā specializētās adaptācijas var pārtapt vispārējās, sekmējot attiecīgās grupas īpatņu morfoloģiskās organizācijas paaugstināšanos. Šajā aspektā adaptācijas var iedalīt tādās, kas saistītas ar īpatņu morfoloģiskās organizācijas pilnveidošanos, un tādās, kas saistītas ar to degradēšanos (piemēram, parazitisms). Adaptāciju klasificēšanai ir arī citādas pieejas.

Adaptācijas ir *mērķtiecīgas* tādā nozīmē, ka palielina organismu izredzes izdzīvot un atstāt vairāk pēcnācēju. Taču šī mērķtiecība ir relatīva kā sinhronā (uz šo laika momentu), tā arī diahronā (vēsturiskā) skatījumā. Tā bruņurupuča bruņas to droši aizsargā no daudziem ienaidniekiem. Taču plēsīgie putni šo šķērslī viegli pārvar — paceļ bruņurupuci gaisā un met to zemē; pēc tādās «apstrādes» to viegli apēst. Adaptāciju relatīvā mērķtiecība diahronā aspektā izpaužas daudzu dzīvo būtnu grupu izmiršanā Zemes biosfēras vēsturiskās attīstības laikmetu griežos. Šādu mērķtiecības relativitāti redzam arī tagad, kad arvien vairāk sugu iet bojā no gaisa un ūdens piesārņošanas, purvu nosusināšanas, mežu izciršanas un citādas cilvēka darbības. Dzīvās dabas mērķtiecība evolūcijas procesā rodas noteiktos apstākļos, dabiskās izlases



darbības rezultātā. Tāpēc tā vienmēr ir relatīva un pārejoša. Pēc Darvina teorijas, visas evolucionārās izmaiņas, sākot no organismu jaunas pazīmes veidošanās un beidzot ar jaunu sugu un augstāka ranga taksonu (ģinšu, dzimtu utt.) tapšanu, notiek adaptāciju attīstības gaitā. Tāpēc evolūciju var uzskatīt par *adaptaciogēnēzi* — pielāgotību rašanos un attīstību.

## MIKROEVOLŪCIJA. JAUNU SUGU VEIDOŠANĀS

Ar jēdzienu *evolūcija* nereti saprot tikai tādas parādības dzīvās dabas attīstībā, kas noris gadu miljonos un uztveramas, tikai salīdzinot izmirušo dzīvnieku un augu fosilijas vai arī pētot ļoti ilgā laikā veidojušās atšķirības dažādu sistemātisko grupu organismu uzbūvē. Taču evolūcija noris arī mūsu acu priekšā. Šis process veido kaitekļu populācijas, kas izturīgas pret tādām pesticīdu (indīgo ķīmikāliju) devām, no kurām attiecīgā suga vēl nesen masveidīgi gāja bojā. Parādās tādas kodes, kas pārtiek ne tikai no vilnas, bet bojā arī sintētiku. Izveidojušās daudzas patogēnās sīkbūtnu formas, kuras izturīgas pret antibiotikām, bet dažas no tām pat nespēj vairs dzīvot bez antibiotikām. Izdevies eksperimentāli izveidot augļu mušiņas drozofilas populāciju, kura vairs nespēj normāli eksistēt vidē bez attiecīgā pesticīda, no kura parastā drozofila iet bojā. Diezgan ātri spēj mainīties arī dzīvnieku uzvedība. Pilsētām augot plašumā un samazinoties apkārtējo mežu platībām, daži meža putni apmetas uz dzīvi pilsētās. Daži gājputni (pelēkais strazds, meža pile u. c.) pilsētās kļuvuši par nometniekiem. Voroneža un Kišiņevā apmetušās uz dzīvi akmens caunas, Londonā — lapsas, Kopenhāgenā — āpši. Visi šie dzīvnieki mikroevolūcijas procesā ieguvuši tādas īpašības, kas palīdz tiem iedzīvoties urbanizētā vidē.

Par mikroevolūciju sauc tās evolucionārās izmaiņas, kas noris sugas ietvaros, bagātina tās struktūru, izraisa varietāšu un pasugu veidošanos un noslēdzas ar jaunu sugu tapšanu. Tieši mikroevolūcijas līmenī vistiešāk izpaužas dzīvās dabas evolūcijas mehānisms, tā būtība. Tāpēc mācība par mikroevolūciju pašreiz ieņem centrālo vietu evolūcijas teorijā un strauji attīstās.

Mikroevolūcijas būtības un darbības mehānisma korekta izpēte kļuvusi iespējama tāpēc, ka izdevies izdalīt un aprakstīt šī procesa elementārās struktūrvienības un ar tām saistītās parādības. Mikroevolūcijas mācības svarīgākās nodaļas veido priekšstati par evolūcijas elementāro materiālu, elementāro vienību, elementāro parādību un elementārajiem faktoriem.

Par materiālu evolūcijai var kalpot jebkuri genotipiski (iedzimtības ziņā) atšķirīgi īpatņi vai īpatņu grupas. Kā zināms, dabā vērojama vispārējā mainība: nav divu pilnīgi vienādu īpatņu pat starp viena pāra pēcnācējiem. Darvina laikos dzīvo būtnu mai-

nību iedalīja *iedzimstošajā* un *neiedzimstošajā*. Šādu iedalījumu no mūsdienu zinātnes viedokļa var uzskatīt par pareizu tikai pamatvilcienos. Ģenētikā noskaidrots, ka iedzimtība zināmā mērā nosaka visas organisma īpašības un pazīmes. Taču iedzimst nevis pazīmes, bet spēja tās veidot noteiktās robežās — organisma reakcijas norma uz ārējās vides faktoru iedarbību, viņa attīstības individuālā iedzimtības programma. Katras sugas organismi mainās savas reakcijas normas robežās. Piemēram, dažī vienāda vecuma parastās priedes koki ir garāki, citi — īsāki. Visas kādas pazīmes redzamās izmaiņas sauc par fenotipisko mainību, kuru cēloniskā skatījumā var iedalīt *genotipiskajā* un *paratipiskajā*. Ja kādas sugas augus iesēsim veģetācijas traukos un visus audzēsim absolūti vienādos apstākļos, tad tomēr tie savstarpēji atšķirsies: te izpaudīsies genotipiskā mainība. Iedomāsimies citu eksperimentu. Vienu augu savairošim ar spraudņiem un tā veģetatīvos pēcnācējus audzēsim dārzā. Neskatoties uz to, ka visi augi būs genotipiski vienādi, tie atšķirsies pēc augšanas gaitas, lieluma, ziedēšanas laika un citām pazīmēm. Tas tāpēc, ka to augšanas apstākļi nav pilnīgi izlīdzināti. Atšķirības starp augiem radušās paratipiskās jeb ekoloģiskās mainības rezultātā. Savvaļas augu un dzīvnieku populācijās fenotipiskās (redzamas) izmaiņas nosaka īpatņu dažāda iedzimtība (genotipiskā mainība) un mikroatšķirības dzīves apstākļos (paratipiskā mainība). Jo lielāka populācijas īpatņu genotipiskā mainība, jo efektīvāk darbojas izlase.

Uzskata, ka galvenais genotipisko izmaiņu cēlonis ir mutācijas, iedzimtības elementārās izmaiņas. Izšķir *ģēnu*, *hromosomālās*, *genomu* un *citoplazmatiskās mutācijas*. Ģēna mutācija rodas DNS molekulas struktūras izmaiņu rezultātā un var skart tā vai cita organisma fizioloģisku vai morfoloģisku pazīmi. Par hromosomālajām mutācijām sauc hromosomu struktūras izmaiņas, kas rodas, atsevišķiem to iecirkņiem izkritot vai pārvietojoties. Šādu mutāciju rezultātā hromosoma zaudē kādus ģēnus vai arī tie nonāk citādā genotipiskajā vidē (citādu ģēnu «sabiedrībā»), līdz ar to mainās arī tās organisma pazīmes, kuras šie ģēni nosaka. Genoma mutācijas gadījumā izmainās hromosomu skaits. Par genomu sauc hromosomu haploīdu (dzimumšūnai atbilstošo) komplektu. Diploīdā somatiskā (ķermeņa) šūna satur divus genomus. Piemēram, cilvēka somatiskās šūnas normāli satur 46 hromosomas, bet dzimumšūnas — 23. Tātad cilvēka ģenoms sastāv no 23 hromosomām. Bet dažkārt (biežāk augu valstī) genomu skaits šūnā palielinās — trīskāršojas (*triploīdi*), četrkāršojas (*tetraploīdi*) utt. Tādu genomu mutāciju veidu sauc par *poliploīdiju*. Ja ģenoms palielinās vai samazinās par vienu vai dažām hromosomām, tad tādu mutāciju veidu dēvē par *heteroploīdiju*. Augkopībā poliploīdus iegūst mākslīgi. Tādiem augiem parasti ir pazemināta fertilitāte (sēklu ražošanas spēja), taču tie dod raženu veģetatīvu masu, krāšņākus ziedus, lielākus augļus. Citoplaz-



matiskās mutācijas rodas šūnā ārpus kodola — plastidās, mitohondrijos un citur, kur ir DNS. Šāda tipa mutācijas izraisa augu vīrišķo sterilitāti, raiblapainību un citas iedzimstošas izmaiņas. Taču citoplazmatisko mutāciju loma evolūcijā vēl maz pētīta.

Mutācijas, kas rodas dabiski, sauc par *spontānām*, bet mākslīgi iegūtās — par *inducētām*. Kā spontānās, tā arī mākslīgi inducētās mutācijas izraisa mutagēnie faktori, par kuriem sīkāk pastāstīts nodaļā «Ģenētikas un selekcijas pamati». Viena tipa spontāno mutāciju biežumu izsaka ar mutanto gametu (dzimumšūnu) attiecību pret kopējo gametu skaitu. Dažāda tipa mutāciju biežums svārstās no  $10^{-4}$  līdz  $10^{-8}$ . Tas nozīmē, ka viena no 10 000 vai 100 000 000 gametu satur attiecīgā tipa mutāciju. Tas ir ļoti maz. Bet, tā kā dažādu mutāciju tipu ļoti daudz, tad mutanto gametu skaits sasniedz vairākus procentus.

Novērojumi dabā rāda, ka jebkuras sugas īpatņi tās areālā nav izplatīti vienmērīgi. Areāla teritorijā relatīvi bieži apdzīvotas vietas nomaina retaines, dažu sugu īpatņi veido pat izolētas «salas». Šādu vienas sugas īpatņu kopu, kas koncentrējas zināmā teritorijā un ilgstoši apdzīvo to, sauc par populāciju. Vienas populācijas īpatņi spēj brīvi krustoties, tie zināmā mērā izolēti no tās pašas sugas kaimiņu populācijām. Šādā vairāk vai mazāk izolētā populācijā noris mikroevolūcija. Populāciju uzskata par evolūcijas elementāro vienību, jo sīkākas īpatņu grupas (ģimenes, pagaidu bars u. c.) nespēj nodrošināt šo procesu. Populācija (atšķirībā no šīm sīkajām grupām) ir ģenētiski un ekoloģiski ievērojami patstāvīgāka. Tā sastāv no iedzimtības ziņā atšķirīgiem īpatņiem un spēj nodrošināt ilgstošu izlases uzkrājošo darbību. Izlases uzkrājošās darbības rezultātā populācijas ģenofondā rodas vektorizētas (virzītas) neatgriezeniskas izmaiņas. Šādu populācijas ģenofonda izmaiņu uzskata par evolūcijas elementāro parādību. Lielākas taksonomiskās vienības (pasuga, suga u. c.), kas sastāv no vairākām populācijām, ir saliktas (nav elementāras). Tāpēc tās nevar uzskatīt par evolūcijas elementārajām vienībām.

Aizņemamā platība (areāls) var ļoti atšķirties ne tikai dažādu sugu, bet arī vienas sugas populācijām. Piemēram, parastās priedes purva populācijas areāls svārstās no dažiem simtiem kvadrātmetru līdz desmitiem un pat simtiem tūkstošu hektāru atkarībā no attiecīgā purva platības. Tāpat arī populācijas īpatņu skaits ir dažāds. Lielo zīdītāju populācijās ir daži simti īpatņu. Bet kukaiņu un stepes lakstaugu populācijas īpatņu skaits var sasniegt simts tūkstošus un pat miljonus. Katras sugas populācijai raksturīgs savs skaitliskais minimums. Ja īpatņu skaits ir mazāks par šo minimumu, populācija dažu paaudžu laikā iznīkst.

Evolūcijas faktoru, kas ietekmē populāciju ģenotipisko sastāvu, var būt ļoti daudz. Taču zinātnieki nākuši pie slēdziena, ka tos var reducēt uz nedaudziem elementāriem faktoriem. Šie evolūcijas elementārie faktori ir *mutācija*, *populāciju viļņi*, *izolācija* un *da-*



*biskā izlase*. Mutācijas, par kurām jau runājām, noris populācijā nepārtraukti. Genotipisko mainību daudzkārt pastiprina populācijas īpatņu krustošanās, kuras rezultātā jau radušās mutācijas iekļūst citos genomos, citā genotipiskajā vidē. Šīs intensīvas mainības rezultātā praktiski katrs īpatnis izrādās ģenētiski unikāls. Taču bezgalīga mainība būtu populācijai un sugai kaitīga, jo traucētu vērtīgu pazīmju saglabāšanos. Tāpēc evolūcijā izveidojušies arī tādi bioloģiski mehānismi, kas ierobežo mainību: gēnu grupas saistītas hromosomās, populācijas īpatņu savstarpējas krustošanās iespējas ir vairāk vai mazāk ierobežotas utt. Mainību ierobežo jau dzimumprocess. Krustošanās rezultātā vairums mutāciju nonāk heterozigotā stāvoklī un parasti neizpaužas fenotipiski. Taču radušās gēnu izmaiņas saglabājas slēptā veidā un sastāda potenciālu mainības fondu. Pazīme, kas vienos apstākļos kaitīga, citos var izrādīties derīga. Atcerēsimies Darvina minēto piemēru par bezspārnaino kukaiņu priekšrocībām vējainās okeāna salās. Tur spārnainos īpatņus vējš aiznes okeānā, bet bezspārnainie paliek.

Nozīmīgs evolūcijas faktors ir populāciju vilņi jeb īpatņu skaita svārstības laika gaitā. Šīm svārstībām var būt periodisks raksturs, kas izpaužas daudzās kukaiņu, viengadīgo augu, sēņu un mikroorganismu populācijās. Taču biežāk novērojamas īpatņu skaita neperiodiskas svārstības. Piemēram, līdz ar varžu daudzuma pieaugumu kādā teritorijā palielinās arī stārķu skaits. Parasti gan šādas īpatņu daudzuma svārstības skar reizē daudzus augu un dzīvnieku sugas un var izraisīt attiecīgās biogeocenozes pārveidošanos. Dažkārt īpatņu skaita izmaiņai var būt uzliesmojuma raksturs. Tas parasti notiek tad, ja šīs populācijas īpatņi atbrīvojas no saviem dabiskajiem ienaidniekiem. Tā Austrālijā strauji savairojās ievestie truši, Ziemeļamerikā — Eiropas zvirbuļi. Krasas neperiodiskas populāciju skaitliskās izmaiņas notiek arī dažādu katastrofu rezultātā. Teritorijā, kur augāju iznīcinājuši dubļu plūdi vai lavīnas, masveidīgi savairojas tā saucamās pioniersugas. Degumos ieviešas milzīgs daudzums ugunspuķu (*Chamaenerion angustifolium*).

Populāciju vilņu amplitūda var būt ļoti dažāda. Maijvaboļu populācijām konstatēts to skaita pieaugums (vai samazināšanās) pat miljoniem reizu. Šādu skaitlisku svārstību rezultātā būtiski pārkārtojas taksona genotipiskais sastāvs. Piemēram, populācijai samazinoties tūkstoškārtīgi, kāds līdz tam ļoti rets gēns var kļūt samērā biežs. Jaunās gēnu biežuma attiecības populācijā saglabājas, tās īpatņu skaitam strauji pieaugot. Sevišķi būtiska genotipiska pārkārtošanās vērojama relatīvi mazās populācijās. Tā populāciju vilņi sistemātiski gatavo izejmateriālu evolūcijas procesam.

Populāciju vilņu, tāpat kā mutāciju radītās izmaiņas ir relatīvi īslaicīgas. Lai dabiskā izlase paspētu uztvert un nostiprināt izmaiņas populācijā, nepieciešami evolūcijas faktori, kuri ilgstoši



darbojas noteiktā virzienā. Viens no tādiem elementāriem faktoriem ir izolācija — kaut kādu šķēršļu sistēma, kas ierobežo sugas *panmiksiju* (īpatņu brīvu krustošanos). Novērojami dažādi izolācijas veidi, kurus apvieno divās grupās (telpiskā un bioloģiskā izolācija). *Telpisko izolāciju* sauszemes sugu populācijām nodrošina ūdens šķēršļi, bet hidrobiontiem (ūdensaugiem un dzīvniekiem) — sauszemes joslas, ieleju populācijas šķir kalni, savukārt kalnu populācijas — ielejas. Lai taptu jauna suga, nepieciešama kādas populācijas izolācija dažu desmittūkstošu paaudžu laikā. Kā izolācija var darboties arī attālums starp organismu grupām, kuras rezultātā veidojas tā saucamā *klinālā mainība* — pazīmju kompleksa izmaiņas noteiktā ģeogrāfiskā secībā. Piemēram, parastās lakstīgalas areālā Austrumeiropas daļā, pārejot no viena apvidus citā, vērojama pakāpeniska dziesmas rakstura izmaiņa. Šādas iedzimtības ziņā samērā konservatīvas pazīmes klinālā mainība izskaidrojama ar to, ka jaunie putni vij ligzdas praktiski tajā pašā vietā, kur tie izperēti. Ar kaimiņu apvidu lakstīgalām tie nekrustojas. Attālums, kas nodrošina izolāciju, dažādām sugām ir atšķirīgs. Tas atkarīgs galvenokārt no sugas īpatņu individuālās aktivitātes rādīša.

*Bioloģisko izolāciju* nodrošina dažādi faktori, kurus var apvienot divās grupās atkarībā no tā, vai šie faktori nepieļauj pašu krustošanās iespēju vai padara to neefektīvu (izslēdz fertilu pēcnācēju rašanos). Bieži novērojams fenoloģiskais polimorfisms, kad vienas sugas dažādiem organismiem dzimumsūnas nogatavojas vai dzimumaktivitāte iestājas atšķirīgā laikā. Daudzām augu sugām aprakstītas agri un vēlu ziedošas formas. Arī dzīvniekiem (nēgiem, lašiem u. c.) konstatētas formas, kurām būtiski atšķiras nārstošanas laiks. Nereti novērojama tā saucamā *biotopiskā izolācija*, kad dažādas formas šķir biotopa (dzīves vietas) izvēle. Tāpat jāatzīmē *etoloģiskā izolācija*, kad atšķirīgu formu dzīvnieku savstarpēju pārošanos novērš uzvedības īpatnības, kas piemīt šīm formām. Pat šķietami necīgas atšķirības ķermeņa kustībās, skaņu un smaržu signālos var pārtraukt partneru tuvināšanos. Ne mazāk nozīmīga ir *morfoloģiskā izolācija* — atšķirības ziedu uzbūvē un fizioloģiskajos procesos, dzīvnieku kopulācijas orgānos. Piemēram, augiem samērā bieži vērojama *dihogāmija* — putekšņi un driksna nogatavojas dažādā laikā. Nereti starp vienas sugas šķirnēm izpaužas fizioloģiskā nesavienojamība: puteksnis, nokļuvis uz citas šķirnes zieda driksnas, nedigst vai arī tā digstobrs nesaņiedz olšūnu.

Bioloģiskā izolācija var izpausties arī pēc apaugļošanās. Te darbojas dažādi ģenētiski noteikti šķēršļi: digļu bojāeja, hibridu pilnīga vai daļēja sterilitāte, mazražība vai vāja dzīvotspēja. Radniecīgu sugu areālu pārsegšanās vietās nereti veidojas tā saucamās *hibridjoslas*. Šājas joslās izplatīti starpsugu hibridi, kuri nespēj tālāk vairoties.

Jebkurš izolācijas veids pats par sevi nerada jaunus genotipus

vai formas. Taču izolācija kā evolūcijas faktors nostiprina un pastiprina genotipiskās diferencēšanās (nodalīšanās) sākotnējās stadijas. Šī faktora darbība pastiprina ģenētiskās atšķirības starp izolētajām grupām. Izolētās populācijās vai to daļās izlase darbojas citādi nekā neizolētās, jo te ilgstoši saglabājas diverģējošo formu genofonda specifika. Nelielās izolētās populācijās inbrīdīngā (tuvradniecīgas krustošanās) rezultātā retās mutācijas var nonākt homozigotā (ģenētiski vienvēidīgā) stāvoklī un izpausties fenotipiski (redzami). Visumā izolācijas kā evolūcijas faktora efekts intensitātes ziņā pielīdzināms populācijas viļņu izraisītajam rezultātam, taču šī faktora darbība ir vienmērīgāka un ilgstošāka.

Mutācijas un populāciju viļņi rada elementāro materiālu evolūcijas procesam, bet izolācija ir faktors, kas pastiprina ģenētiskās atšķirības starp dzīvo būtnu grupām. Katrs no šiem faktoriem darbojas savādāk, taču visiem trim piemīt būtiska kopīga iezīme. Tas ir šo faktoru darbības varbūtējais raksturs — tā nav vektorizēta (nav noteiktas virzības). Tāpēc arī pat kopīga šo triju faktoru darbība nespēj nodrošināt virzītu evolūcijas procesu. Evolūciju virza dabiskā izlase.

## EVOLŪCIJAS REZULTĀTI

Evolūcijas rezultātā ir radusies būtnu daudzveidība, organismu adaptācija (pielāgotība) dzīves apstākļiem, noris organismiskās pasaules progresīva attīstība. Evolūcijas teorijas pamatuzdevums ir izskaidrot, kādu faktoru, virzītājspēku, likumsakarību darbība rada šādus rezultātus. Darvins visu evolūcijas gaitu apskatīja kā organismu adaptīvu (pielāgotu) īpašību un pazīmju rašanos dabiskās izlases ceļā, kā adaptāciogēzi.

Dzīvās dabas daudzveidība nodrošina biocenožu un visas biosfēras stabilitāti. Novērojumi pārliecinoši rāda, ka, samazinoties biocenozes sugu daudzveidībai, samazinās tās bioloģiskā produktivitāte un noturība, biocenoze sāk degradēties, līdz šī augu un dzīvnieku sabiedrība iet bojā. Taču noturīga ir tikai tāda sugu daudzveidība, kas ilgstošajā evolūcijas procesā savstarpēji «pieslīpējusies». Dzīvās dabas daudzveidība ir gan evolūcijas procesa rezultāts, gan biosfēras normālas funkcionēšanas pamatfaktors un tālākā evolucionārā progressa nosacījums.

Dzīvā daba savā evolūcijā visumā gājusi pa progressa ceļu — no pirmšūņiem un viensūņiem uz koloniālām formām un daudzšūņiem. Č. Darvins uzskatīja progressu par neizbēgamu parādību dabas evolūcijā, taču uzsvēra, ka uzbūves ziņā vienkāršākas būtnes nebūt nav mazāk piemērotas dzīves apstākļiem salīdzinājumā ar uzbūves ziņā sarežģītākiem organismiem. Tāpēc šo zemāk organizēto būtnu pastāvēšanas fakts nav pretrunā ar dabiskās izlases teoriju. Organiskās pasaules progress savās izpausmēs ir ļoti daudzveidīgs, to nevar raksturot viennozīmīgi. Piemēram,



zinātnieks A. Severcovs ieteica izšķirt vismaz divus tā veidus: *morfofizioloģisko progresu* (dzīvo būtnu organizēšanas līmeņa paaugstināšanās) un *bioloģisko progresu* (sugas uzplaukums, tās iekšējās daudzveidības un īpatņu skaita palielināšanās, areāla paplašināšanās). Tā daudzas parazitārās sugas pārdzīvo bioloģisko progresu, kaut arī tām notiek morfofizioloģiskās organizēšanas regress (vienkāršošanās). Citiem vārdiem, katrs progress ir relatīvs, jo attīstībai dabā, kā rakstīja F. Engelss, piemīt pretrunīgs un relatīvs raksturs.

## ORGANISKĀS PASAULES ATTĪSTĪBA

### EVOLŪCIJAS ESAMĪBAS PIERĀDIJUMI UN EVOLŪCIJAS PĒTĪŠANAS METODES

Lai pierādītu, ka dzīvajā pasaulē notiek evolūcija, Č. Darvins plaši izmantoja paleontoloģijas, morfoloģijas, embrioloģijas, biogeogrāfijas, sistematikas un selekcijas, kā arī lopkopības un augkopības prakses datus. Savos darbos viņš atsaucās arī uz dzīvnieku un augu ekoloģiju. Šai zinātnei attīstoties, ekoloģiskā rakstura argumenti evolucionistu darbos parādījās arvien biežāk. Modernā evolūcijas teorija plaši operē arī ar ģenētikas, biokīmijas, fizioloģijas un molekulārās bioloģijas datiem. Pierādījumi evolūcijas esamībai cieši saistīti ar šī procesa pētīšanas metodēm.

Paleontoloģijas datus uzskata par pārliecinošu dokumentējumu evolūcijas esamībai. Jo dziļākā iežu slānī atrodas fosilijas (kaulu un koksnes pārakmeņojumi, lapu nospiedumi u. c.), jo senāki dzīvnieki un augi tās atstājuši. Kā galvenos paleontoloģisko pierādījumu veidus izmanto fosilās starpformas, filoģenētiskās rindas, sevišķi fosiliju vertikālo secību izrakumos. Par pārejas formām uzskata tādas, kas apvieno filoģenētiski vecāku un jaunāku grupu pazīmes. Tāda pārejas forma no rāpuļiem uz putniem ir jūras perioda (pirms 137—195 milj. gadu) pirmputni *Archaeopteryx*. Šī pirmputna ķermenī klāja spalvas, un priekšējās ekstremitātes bija jau pārvērtušās par īstiem spārniem. Taču no attālajiem senčiem vēl bija saglabājušies rāpuļu tipa zobu un aste, nesaauguši skriemeli un vēderribas. Arī izmirušās sēklpapardes uzskatāmas par pārejas formu no paparžaugiem uz sēklaugiem. Pārejas formu pētīšana ir visai nozīmīga metode evolūcijas izziņāšanai.

Taču, neskatoties uz paleontoloģiskās metodes lielajām priekšrocībām, tās iespējas ir diezgan ierobežotas. Pēc paleontologu datiem, līdz šim zinātnes rīcībā nav nekādu ziņu par 99% izmirušo formu. Arī par 1% izmirušo formu ziņas ir visai trūcīgas: atrasti tikai skeleta, pārakmeņojušos lapu vai augļu nelieli fragmenti, pārstāvēti tikai daži izmirušās formas indivīdi utt. Fosilijas nesniedz gandrīz nekādu informāciju par izmirušo formu fizioloģiju,



bioķīmiju, ģenētiku. Tāpēc paleontoloģiskie dati vien nespēj dot pietiekoši skaidru evolūcijas ainu. Līdztekus izmirušajām formām salīdzinoši jāpēta arī tagad dzīvojošie organismi. Šādiem salīdzinošiem pētījumiem izmanto *bioģeogrāfijas, morfoloģijas, embrioloģijas* un citu zinātņu datus.

Č. Darvins savas teorijas pamatošanai plaši izmantoja arī datus par reģionālās faunas un floras īpatnībām. Jo ilgāk kāds reģions atradies izolācijā, jo vairāk turienes dzīvnieku un augu valsts atšķiras no kaimiņu teritorijām. Uzskatāms piemērs ir Austrālijas primitīvie zīdītāji (pīlknābis, ehidna, kā arī ķenguri un citi somaiņi) un īpatnējie augi (eikalipti, kazuarinas, filoidu akācijas), kas veido savdabīgu faunu un floru. Kā liecina vēsturiskās ģeoloģijas dati, šī kontinenta sauszemes saistība ar tuvējo Āziju pārtrūkusi jau pirms divsimt miljoniem gadu. Savas īpatnības piemīt Ziemeļamerikas, Dienvidamerikas, Japānas, Dienvidāfrikas, Vidusjūras piekrastes un citu teritoriju florai un faunai. Sevišķi vērtīgu informāciju sniedz reliktu izpēte. *Reliktas* ir sugas vai nelielas sugu grupas ar tādām pazīmēm, kas raksturīgas sen izmirušām formām. Tāds relikts ir *Jaunzēlandes haterija* (*Sphenodon punctatum*) — veselas rūpuļu apakšklases vienīgais saglabājis pārstāvis. Otrs «dzīvais izraktenis» — *latimērija* (*Latimeria chalumnae*) — saglabājusies kopš devona perioda (vismaz 350 milj. gadu) Indijas okeāna rietumos pie Dienvidāfrikas krastiem. Latimērija ir vienīgais zināmais šīs kādreiz ļoti plašās virskārtas dzīvais pārstāvis. Augu valsti viens no ievērojamākajiem reliktiem ir *ginks* (*Ginkgo biloba*). Šis kokaugs saglabājis kopš paleozoja ēras nogales (ap 250 milj. gadu) un ir vienīgais kādreiz plašās ginkaugu klases dzīvais pārstāvis. Ginka lapas un kustīgie spermatozoidi ir tādi paši kā viņa sen izmirušajiem senčiem — visprimitīvākajiem sēklaugiem. Rīgā viens simtgadīgs ginks aug pretī LU galvenajai ēkai. Ginks izrādījies ļoti izturīgs pret gaisa piesārņojumu. Acīmredzot šīs sugas veidošanās laikā Zemes atmosfērā bijis daudz vulkānisko izvirdumu materiāla. Tādējādi reliktu formu pētišana sniedz vērtīgu informāciju par sen izmirušu dzīvnieku un augu grupu izskatu un bioloģiskajām īpašībām, kā arī par ekoloģiskajiem apstākļiem uz Zemes pirms daudziem miljoniem gadu.

**Morfoloģija** ir organismu ārējās un arī iekšējās uzbūves (orgānu un audu) pazīmes. Morfoloģisko pierādījumu un metožu izmantošanas pamatā ir princips par filoģenētiskās radniecības atspoguļošanas organismu līdzīgā uzbūvē. Izmanto ne tikai dažādu grupu organismu uzbūves tiešu salīdzināšanu, bet arī vairākas specifiskas metodiskas pieejas. Vienas pieejas pamatā ir *homologo orgānu pētišana*. Homologiem orgāniem ir filoģenētiski radniecīga izcelšanās, taču tie nereti pilda atšķirīgas funkcijas. Tā zirga kāja, suņa ķepa, cilvēka roka un vaļa peldplezna ir homologi orgāni. Homologi ir arī bārbeles ērkšķi, zirņu vites, zirgkastaņu pumpurzivņas, ziedu putekšņlapas, jo visi šie orgāni ir lapas pārveidnes. Dažādās taksonomiskajās grupās konstatējot homologus orgānus,



var secināt, ka šīs grupas ir filoģenētiski radniecīgas, kā arī gūt priekšstatu par dabiskās izlases darbības virzienu.

Pēc homologo un rudimentāru orgānu noskaidrošanas organismu grupas salīdzināšanai kārto anatomiskajās rindās. Piemēram, anatomiskā rinda tapīrs—degunradzis—zirgs rāda, kā evolūcijas gaitā pakāpeniski samazinājies kāju pirkstu skaits. Salīdzinot kloākaiņus, somaiņus un placentāros zīdītājus, redzam evolūcijas ceļu no olu dēšanas (ehidna, pīlknābis) līdz nepilnīgi attīstītu mazulu dzīvdzemdēšanai un, beidzot, digļa attīstībai mātes organismā. Morfoloģisko pierādījumu un metožu pamatā ir princips: jo tuvāka radniecība, jo lielāka līdzība. Taču drošākus rezultātus iegūst, ja morfoloģisko informāciju papildina ar citu bioloģijas nozaru datiem.

**Embrioloģijas** datus arī bieži izmanto evolūcijas pētījumos, sevišķi divas metodes: digļu līdzības konstatēšanu un rekapitulāciju salīdzināšanu. Digļu līdzības principu formulējis Krievijas zinātnieks K. Bērs: jo agrinākās attīstības stadijās pētām dažādu grupu organismu dīgļus, jo lielāku līdzību starp tiem konstatējam. Piemēram, tikai sākot ar zināmu attīstības stadiju, parādās atšķirības starp zivju, abinieku un pārejo mugurkaulnieku dīgļiem; vēlākās stadijās atšķirības saskatāmas arī starp rāpuļu, putnu un zivju dīgļiem. Digļu līdzības principu izmantoja savos darbos Č. Darvins un viņa skolnieki. Balstoties uz šo principu, darvinists E. Hekels konstatēja, ka organismu ontogēnēzes (individuālās attīstības) gaitā tā uzbūvē atkārtojas (rekapitulējas) daudzas senču pazīmes: agrinās stadijās atkārtojas filoģenētiski attālāku, bet vēlākās stadijās — tuvāk radniecīgu senču pazīmes. Uz šīs sakarības pamatojas E. Hekeļa un F. Millera biogēnētiskais likums: ontogēnēze ir filoģenēzes īss atkārtojums.

**Sistemātikas** dati arī noder evolūcijas izpētei. Sistemātiķi diezgan vienprātīgi izdala dažāda ranga taksonus un nosaka to hierarhiju: sugas apvieno ģintī, ģintis — dzimtā, dzimtas — kārtā (dzīvniekus) vai rindā (augus), kārtas un rindas grupē klasēs, bet tās — tipos (dzīvniekus) vai nodalījumos (augus). Tas objektīvi liecina par noteiktu filoģenētiskās radniecības pakāpi starp dažādiem organismiem. Evolūcijas gaitā vairums starpformu izmirušas, tāpēc starp lielām taksonomiskām grupām radušies dziļi pārrāvumi. Taču retumis starpformas izdodas konstatēt. Piemēram, kā noskaidrojis A. Kovaļevskis, tunikātu apakštipa pārstāve ascīdija, kad tā ir pieaugusi, pēc uzbūves tuva moluskiem, bet kāpura stadijā tai ir tipiskas hordaino dzīvnieku pazīmes. Tāpēc ascīdijas var uzskatīt par pārejas formu no bezmugurkaulniekiem uz mugurkaulniekiem. Ūdens iemitniece viensūnas zaļā eīglēna aktīvi kustas kā dzīvnieks un fotosintezē kā augs. Šādas pārejas formas starp augsta ranga taksonomiskajām grupām liecina par šo grupu filoģenētisko radniecību un dzīvās dabas viotu izcelšanos.

**Ekoloģijas** dati par dzīvo būtnu eksistences apstākļiem un savstarpējām attiecībām evolūcijas pētījumos iegūst arvien lielāku nozīmi. Piemēram, ekologi noskaidrojuši, ka jaunas teritorijas (jaunas salas, izdeguma, apdzisuša vulkāna u. c.) apgūšanas sākumā vairāk priekšrocību ir sugām, kas spēj straujāk vairoties. Pēc tam kad šī teritorija jau apdzīvota, pārākumu sāk gūt sugas ar lielāku konkurences spēju. Arī dati par ekoloģisko sistēmu dinamiku palīdz izsekot evolucionārajām izmaiņām augu un dzīvnieku valstī, koadaptācijas (savstarpējās pielāgošanās) procesiem starp sugām. Visai nozīmīgi mikroevolūcijas izziņai ir ekoloģiskie eksperimenti ar modelpopulācijām, kuros pētīta krāsas, ķermeņa formas un uzvedības maiņa dažādu faktoru ietekmē. Arī organismu uzvedības pētījumi dod vērtīgu filoģenētisko informāciju. Relatīvi nesen diverģējušas dzīvnieku grupas saglabā (vai rekapitulē savā ontogenezē) daudzas kopīgas uzvedības pazīmes.

**Selekcijas** pieredzi plaši izmanto evolūcijas, it sevišķi izlases radošās darbības pierādīšanai. Jau Č. Darvins pārliecinoši pierādīja, ka visas daudzveidīgās baložu šķirnes izselekcionētas no kopīga senča — savvaļas klinšu baloža (*Columba livia*), bet vistu šķirnes — galvenokārt no savvaļas sugas *Gallus bankiva*. Kopīgi savvaļas senči bijuši arī zirgu, govslodu, aitu, kā arī vairākumam citu mājdzīvnieku un kultūraugu šķirņu. Selekcionāri mērķtiecīgi izveido šķirnes ar iepriekš plānotām pazīmēm un īpašībām. Attālas hibridizācijas ceļā iegūtas jaunas augu formas ar sugas un pat ģints pazīmēm (piemēram, I. Mičurina ķirša un ievas hibrīds — *Cerapadus*).

**Ģenētikas** metodes dod iespēju veikt mikroevolūcijas pētījumus, precīzāku mainības un izlases darbības analīzi. Iedzimtības, šī viena no galvenajiem evolūcijas faktoriem, izpēti vispār nav domājama bez ģenētiskajām metodēm. Risinot evolūcijas jautājumus, radušās jaunas šīs zinātnes nozares — *evolucionārā ģenētika* un *populāciju ģenētika*. Attīstās arī tādi virzieni kā *genoģeogrāfija* (ģēnu ģeogrāfiskas izplatības izpēti), *mikrosistemātika* (iekšsugas taksonu sistematizēšana), *kariosistemātika* (datu par hromosomu skaitu un formu izmantošana), kas sekmē ģenētikas lomas palielināšanos evolūcijas pētījumos.

**Bioķīmijas un fizioloģijas** dati arī ir nozīmīgi. Tie pierāda visa dzīvā vienotu izcelšanos un parāda evolūcijas virzību. Dzīvības pamatā ir olbaltumvielas un nukleīnskābes. Visām dzīvajām būtnēm līdzīgi noris galvenie bioķīmiskie procesi: oksidēšanās un reducēšanās, glikolīze, specifisko vielu transports caur membrānām u. c. Šos procesus filoģenētiski atšķirīgās organismu grupās nodrošina uzbūves ziņā ļoti līdzīgi fermenti. Šīs dzīvības bioķīmiskais universalisms, pēc V. Vernadska izteiciena, pārliecinoši parāda tās vienotu izcelšanos.

Bioloģijas dažādu nozaru dati pārliecinoši apstiprina, ka evolūcija uz Zemes patiešām noris. Evolūcijai ir daudzpusīgs un hierarhisks (daudzpakāpju) raksturs, tāpēc tās izpētei kompleksi



jāizmanto dažādu zinātņu metodes, visu dabaszinātņu bagātīgais datu krājums, jāizstrādā jaunas un jāpilnveido klasiskās metodiskās pieejas.

## EVOLŪCIJAS GALVENIE VIRZIENI

Izšķir trīs galvenos evolūcijas virzienus: *arogēnēzi*, *alogēnēzi* (idiodaptācija) un *kataģenēzi* (deģenerācija). Arogēnēzes ceļā rodas *aromorfozes* — pielāgošanās rakstura būtiskas izmaiņas ar universālu nozīmi, kuras paceļ organismu uz augstākas organizēšanas pakāpes (piemēram, dzimumprocesa, fotosintēzes, daudzšūņu, sēklatņu rašanās). Arogēnēzes rezultātā notiek pāreja jaunā adaptīvajā zonā. Turpretim alogēnēzes gadījumos dzīvo būtņu grupu evolucionārā attīstība notiek vienā un tajā pašā adaptīvajā zonā, pielāgotībā specializējoties, kad būtiski neizmainās šo būtņu morfoloģiskās organizācijas pakāpe. Tāda ir zieda pielāgotība apputei ar kukaiņu vai vēja starpniecību, organismu aizsargkrāsa, kukaiņu mīmikrija u. tml. Trešajam evolūcijas virzienam — *kataģenēzei* — raksturīga dzīvo būtņu organizācijas vienkāršošanās (deģenerācija). Tā saistīta ar krāsām izmaiņām attiecībā ar vidi, kad daļa organisma funkciju un orgānu kļūst nevajadzīga. Kā piemēru var minēt parazitiskos tārpus, arī dzīvniekus, kas tad, kad ir pieauguši, piestiprinās substrātam (ascīdija), parazītaugus, kas zaudējuši saknes un fotosintēzes funkciju.

## DZĪVĪBAS RAŠANĀS UN ATTĪSTĪBAS ĪSA VĒSTURE

Jautājumā par dzīvības rašanos uz Zemes zinātnē nav vienas teorijas. Pastāv dažādas hipotēzes, vairākas no kurām (tajā skaitā arī zinātnieka A. Oparīna plaši pazīstamā koncepcija) pamato dzīvības tapšanu kā likumsakarīgu ķīmiskās evolūcijas pāreju biotiskajā evolūcijā, kad jau bija izveidojusies pirmatnējā hidrosfēra un atmosfēra. Tad — evolūcijas pirmsbioloģiskajā posmā — Pasaules Okeānā sarežģītu ķīmisku reakciju rezultātā sintezējās un uzkrājās dažādas organiskās vielas («pirmatnējais buljons»), tajā skaitā olbaltumvielas un nukleīnskābes, kuru molekulas kopā ar lipīdiem ūdenī spēja saistīties plēvētēs, veidojot pilienvēda struktūras — koocervātus. Dabiskajā izlasē varēja ilgāk pastāvēt koocervāti ar veiksmīgāku telpisku sakārtotību, ārejo membrānu un efektīvāku vielmaiņu (labāk spēja uzņemt organiskās vielas no «pirmatnējā buljona»). Tādas varēja būt pirmatnējās heterotrofās dzīvās būtnes, kuru primitīvā ārejo membrāna turpmākās evolūcijas gaitā pārtapa par šūnas apvalku. Evolucionēja arī vairošanās funkcija, veidojās reprodutīvās struktū-

ras, kas nodrošināja populācijas saglabāšanos, īpašību un pazīmju pārmantošanu. Kvalitatīvi jauns posms dzīvās dabas vēsturiskajā attīstībā sākās ar autotrofo zaļo augu (viensūnas aļģes) parādīšanos. Fotosintēzē arvien vairāk iesaistījās atmosfēras oglekļa un Saules enerģija, radās brīvs gaisa skābeklis, kura izmantošana elpošanai kļuva par dzīvnieku valsts paātrinātas evolūcijas svarīgu faktoru. Strauji sāka palielināties biosfēras organiskā masa un biotiskā (taksonu) daudzveidība.

Turpretim, pēc citām hipotēzēm (piemēram, S. Areniusa, A. Krika un citu panspermijas koncepcijām), dzīvība ir radusies nevis uz Zemes, bet gan iekļuvusi no citiem debesu ķermeņiem sporu vai citu dzīvības digļu veidā. Daļa no šādām hipotēzēm pamatojas uz abiogēnēzes koncepciju (par dzīvības rašanos no nedzīvās dabas). Bet biogēnēzes koncepcijas ietvaros dzīvības rašanās problēma vispār nepastāv. Šīs koncepcijas piekritēji uzskata, ka dzīvais principā nevar rasties no nedzīvā un ka dzīvība eksistē mūžīgi (vai arī tikpat ilgi kā nedzīvais).

Vissenākie ieži ar baktēriju paliekām, kuru vecums sniedzas līdz 3,5 miljardiem gadu, atrasti pie Figtrī ciemata Dienvidāfrikā.

Dzīvības evolūcijai raksturīgs paātrinājums. Ja pieņem, ka dzīvība uz Zemes radusies pirms 4 miljardiem gadu, tad no šī svarīgā notikuma līdz pirmo daudzšūnu organismu tapšanai pagājuši 3 miljardi gadu; pēc nākamajiem 0,5 miljardiem gadu augi un dzīvnieki iznāca uz sauszemes. No pirmajiem sauszemes mugurkaulniekiem līdz zīdītāju un putnu attīstībai pagāja 100 milj. gadu, bet cilvēks izveidojās apmēram 5 milj. gadu laikā.

Zemes garozas attīstības vēsturi iedala ērās, periodos, epohās, laikmetos. Šīs ģeohronoloģiskās vienības saistītas ar tektoniskajiem notikumiem (kontinentu apveidu izmaiņas, jaunu jūru un kalnu veidošanās), klimata, floras un faunas pārmaiņām. Senāko Zemes slāņu absolūto vecumu nosaka pēc urāna un svina elementu attiecībām iežos. Metode balstās uz zināšanām par urāna radioaktīvās pussabrukšanas perioda ilgumu (ap 5,5 miljardiem gadu), tās precizitāte ir daži miljoni gadu. Jaunāku slāņu noteikšanai izmanto arī citu elementu izotopus. Visjaunāko organisko fosiliju vecumu nosaka pēc radioaktīvā oglekļa  $^{14}\text{C}$  saturā; metodes precizitāte ir daži gadsimti.

Uzskata, ka dzīvās dabas attīstība gājusi no primārajiem heterotrofiem (protobiontiem), kas pārtikuši no organiskajām vielām jūrā, uz anaerobiem hemoautotrofiem pirmšūņiem, kas veido organiskās vielas no oglekļa dioksīda, šim nolūkam izmantojami enerģiju, ko iegūst, oksidējot dažādus reducētus savienojumus. Līdz mūsu dienām vēl saglabājušies tādi hemoautotrofi kā nitrificējošās baktērijas, sērbaktērijas, dzelzsbaktērijas un ūdeņražbaktērijas. Tālākas evolūcijas gaitā apmēram pirms 3 miljardiem gadu radušies fotosintezējošie augi viensūņņi. Fotosintēzē oglekļa dioksīds un ūdens Saules enerģijas ietekmē pārvēršas ogļhidrātos, un gaisā izdalās molekulārais skābeklis. Līdz ar brīva skābekļa



daudzuma palielināšanos atmosfērā un augu saražotās organiskās masas pieaugumu kļuva iespējama dzīvnieku, šo sekundāro heterotrofu, rašanās un attīstība. Īsumā augu un dzīvnieku evolūcijas galvenos posmus aromorfožu tapšanas aspektā var raksturot šādi.

#### A. Augu valsts evolūcijas galvenie posmi

1. Fotosintezējošo viensūņu rašanās (arhaja ērā, pirms apmēram 3 miljardiem gadu). Dzimumprocesa izveidošanās un ar to saistītā pāreja no haploīdām uz diploīdām formām (proterozoja ērā, pirms apmēram 1,5 miljardiem gadu). Augstāk attīstītajām aļģēm ir kā haploīdi, tā arī diploīdi īpatņi. Sūnām haploīdā paaudze pārsvarā pār diploīdo, kura paparžaugiem dominē. Sēkļaugiem, kas radās paleozoja ēras akmeņogļu periodā (pirms apmēram 350 miljoniem gadu), parasti ir tikai diploīdā paaudze.

2. Sakarā ar pāreju uz sauszemi (paleozoja ēras silūra periodā, pirms apmēram 450 miljoniem gadu) laponis diferenciācijas stumbrā, lapās, saknēs; attīstās vadaudi un balstaudi.

3. Sēkļaugu veidošanās un pāreja no ārējās apaugļošanās uz iekšējo. Kailsēkļu dzimumprocesam vairs nav nepieciešami ūdens pilieni un vīrišķo gametu (dzimumšūnu) kustīgums (paleozoja ēras akmeņogļu un perma periodu mijā, pirms apmēram 280 miljoniem gadu).

4. Sakarā ar ziedaugu rašanos notiek apputeksnēšanās, augļu un sēkļu izplatīšanās specializācija (mezozoja ēras juras un krīta periodu mijā, pirms apmēram 140 miljoniem gadu). Pastiprinās dīgļa attīstība un tā aizsardzība pret vides nelabvēlīgo faktoru ietekmi.

5. Segsēkļu uzplaukums un tagadējās floras veidošanās (kainozoja ēras neogēna periods, pirms apmēram 25—30 miljoniem gadu).

#### B. Dzīvnieku valsts evolūcijas galvenie posmi

1. Daudzšūnu dzīvnieku (*Metozoa*) rašanās (proterozoja ērā, pirms apmēram 1 miljarda gadu) un strauja visu orgānu sistēmu diferenciēšanās.

2. Cietā skeleta rašanās: ārējais skelets posmkājiem (proterozoja ēras beigās, pirms apmēram 600 milj. gadu) un iekšējais skelets mugurkaulniekiem (paleozoja ēras kembrija un ordovika periodu mijā, pirms apmēram 500 milj. gadu). Zivju taksonomiskās daudzveidības palielināšanās, kukaiņu un amfibiju rašanās (devona periodā, pirms 350—400 milj. gadu).

3. Centrālās nervu sistēmas attīstība. Divi efektīvi, bet principiāli atšķirīgi «risinājumi»: kukaiņiem nervu sistēma attīstījusies reakciju nostiprināšanai pēc instinktu tipa; mugurkaulniekiem galvas smadzeņu attīstība balstās uz individuālās pieredzes un nosacījumu refleksiem. Rāpuļu uzplaukums, zidītāju un putnu raša-

nās (mezozoja ēras triasa un juras periodā, pirms 150—250 milj. gadu).

4. Rāpuļu daudzveidības krasa samazināšanās, daudziem taksoniem izmirstot (mezozoja ēras beigās, pirms 70—130 milj. gadu). Zīdītāju un putnu uzplaukums (kainozoja ēras paleogēna periodā, pirms 30—70 milj. gadu).

5. Dažāda limeņa filoģenēzes zaros (filos) veidojas sabiedriskas formas, kuras no dažādām pusēm tuvojas robežai, kas atdala bioloģisko kustības formu no sociālās. Šo robežu izdevās pāriet tikai primātu kārtas hominīdu dzimtas pārstāvjiem — senajiem cilvēkiem (kainozoja ēras neogēna un antropogēna periodu mijā, pirms apmēram 3 milj. gadu).

## ANTROPOGĒNĀ IETEKME UZ DZĪVĀS DABAS EVOLŪCIJU

Sabiedrības un dabas attiecību problēma kļūst aizvien aktuālāka. Līdz ar cilvēces tehniskās varenības palielināšanos strauji pieaug antropogēno faktoru ietekme uz biosfēru. Piemēram, pēc ASV zinātnieka N. Majersa datiem, astoņdesmito gadu sākumā jau gāja bojā viena suga diennakti. Daudzas sugas iet bojā ne jau tiešas iznīcināšanas rezultātā, bet gan tāpēc, ka pārveidotā dabas vide (nosusināts purvs, nocirsts mežs, piesārņota upe vai ezers) kļūst to dzīvei nepiemērota. Cilvēka darbība pārveidojusi veselu kontinentu faunu un floru.

Lauksaimniecības kultūru kaitēkļu un slimību ierosinātāju ne-daudzo sugu apkarošanai masveidīgi lieto indīgas ķīmikālijas (pesticīdus). Šādiem pasākumiem seko dabas evolūcijas atbilde — rodas pret pesticīdiem izturīgas kaitēkļu rases, bet daudzas citas cilvēkam nekaitīgas un pat lietderīgas sugas (kaitēkļu ienaidnieki un konkurenti, ziedu apputeksnētāji u. c.) aiziet bojā. Izturīgas kaitēkļu rases, kuras atbrīvotas no ienaidniekiem un citu sugu konkurences, strauji savairojas, un to apkarošanai jāmeklē citas indīgas vielas. Līdzīga aina vērojama arī medicīnas cīņā ar cilvēka slimību ierosinātājiem, kuri arī reaģē uz ārstniecības preparātu lietošanu, izveidojot izturīgas un nereti cilvēkam vēl bīstamākas rases.

Dzīvo dabu būtiski ietekmē vides piesārņošana. Rūpnieciskā piesārņojuma tiešā ietekmē iet bojā skuju koku meži Eiropā, Āzijā un Ziemeļamerikā. Sēra un slāpekļa oksīdi atmosfērā, savienojoties ar ūdens tvaikiem, veido skābes. Skābie lieti būtiski izmaina ūdenstilpju un augsnes reakciju, tāpēc daudzas sugas nespēj normāli vairoties un iznīkst. Atbrīvojušos dzīves telpu ieņem skābumizturīgas sugas. Sintētiskie mazgāšanas līdzekļi, ja tie lielā koncentrācijā nonāk notekūdeņos, iznīcina augstākos organismus (dzīvniekus, ūdensaugus, aļģes) un izraisa cianēju un dažu mikroorganismu nepieredzēti strauju savairošanos. Šādās ekosistēmās



evolūcija tiek it kā atmesta pāris miljardus gadu atpakaļ primitīvi organizētu būtnu valstībā. Ekosistēmu organizācija degradējas, tajās izmainās vielas, enerģijas un bioinformācijas plūsmas. Zinātnieki, kas pēti šos procesus, brīdina, ka mēs jau tuvojamies robežai, aiz kuras sāksies dzīvās dabas neatgriezeniskas katastrofālas izmaiņas.

Taču cilvēks, kas arvien būtiskāk iejaucas dabas procesos un pārveido tās kompleksus, vēl nemāk pietiekami droši paredzēt savas darbības globālās sekas. Ekosistēmu evolūcijas zinātniskā prognozēšana pagaidām sper pirmos vēl nedrošos soļus. Tāpēc tik aktuāla ir dabas aizsardzības problēma. Jāaizsargā ne tikai katra suga kā tāda, bet arī tās biotops — dzīves vieta.

## CILVĒKA IZCELŠANĀS UN EVOLŪCIJA

### CILVĒKA IZCELŠANĀS PROBLĒMAS

Cilvēci kopš sirmas senatnes nodarbinājis jautājums par cilvēka izcelšanos. «Cilvēcei tas ir visu jautājumu jautājums» — rakstīja ievērojamais dabaszinātnieks T. Hekslis. Jau senenos laikos radušās reliģiskas leģendas par cilvēka rašanos, kā arī izteiktas naīvi materiālistiskas idejas par cilvēka līdzību ar dzīvniekiem un izcelšanos no tiem. Daži antikās pasaules domātāji un dzejnieki (Lukrēcijs Kars, Horācijs, Strabons, Diodors u. c.) ir izteikuši minējumus, apbrīnojami tuvus patiesībai, par seno cilvēku dzīves apstākļiem, viņu materiālo kultūru. Progresīvas idejas par kopīga darba nozīmi pērtiķu pārtapšanā cilvēkos atrodam senindiešu Vēdās. Jau pirms mūsu ēras cilvēka radošais prāts sāka meklēt atbildi uz antropoģenēzes (cilvēka izcelšanās un evolūcijas) galvenajiem jautājumiem.

Attīstoties zinātnei, paplašinoties priekšstatiem par jaunatklāto zemju augu un dzīvnieku valsti, radās jaunas atziņas par dzīvās dabas daudzveidību, par cilvēka un cilvēkveidīgo pērtiķu līdzību. No Č. Darvina evolūcijas teorijas viennozīmīgi izrietēja atziņa par cilvēka un cilvēkveidīgo pērtiķu izcelšanos no kopīgiem senčiem. Arheologi un paleoantropologi sniedza datus, kas liecināja par darba lomu un citu sociālo faktoru ietekmi uz cilvēka tapšanas procesu. Antropoģenēzes gaitā šo faktoru loma arvien pieauga. Dažādu zinātnes disciplīnu attīstība ietekmēja antropoģenēzes turpmāko izpēti un datu interpretāciju. Jaunu impulsu pētījumiem šajā virzienā deva V. Vernadska mācība par biosfēru un jaunāko posmu tās attīstībā — noosfēru (saprāta sfēru). Noosfēra ir cilvēka saprātīgas darbības telpa, kas pakāpeniski paplašina savas robežas uz Zemes un mūsu gadsimta otrajā pusē sāk ietvert arī kosmosu. Taču Zemes biosfēra savā daudzveidībā ir bijusi un paliek ne tikai cilvēka dzīvības avots, bet arī pamats radošās darbības attīstībai un sociālo mērķu īstenošanai.

Mūsdienu zināšanu līmenī antropoģenēzes galvenos jautājumus un atbildes uz tiem varam izteikt šādi.

1. Kāds ir cilvēka stāvoklis, viņa vieta dzīvnieku valsts sistēmā?

Jau XVIII gs. K. Linnejs cilvēku iedalīja vienā primātu kārtā kopā ar zemākajiem pērtiķveidīgajiem un pērtiķiem. Č. Darvins grāmatā «Cilvēka izcelšanās un dzimumizlase» (1871) pārliecināti pierādīja cilvēku sugas filoģenētisko radniecību ar pērtiķiem. Taču viņš arī uzsvēra, ka tagadējos cilvēkveidīgos pērtiķus nevar uzskatīt par cilvēka tiešajiem senčiem — tie ir it kā mūsu filoģenētiskie «brāļeni». Šodien cilvēku sugas sistematiskais stāvoklis vairs strīdus neizraisa. *Homo sapiens* (saprātīgais cilvēks) pieder pie cilvēku dzimtas, primātu kārtas, zīdītāju klases, *Chordata* tipa.

2. Kur atradusies cilvēces pirmdzimtene?

Tas arvien vēl ir strīdīgs jautājums. Daļa antropologu (R. Darts, L. Likijs, K. Oukli u. c.), balstīdamies uz izrakumu datiem Āfrikā, par cilvēces šūpuli uzskata šo kontinentu. Citi zinātnieki (G. Kenigsvalds, M. Nesturhs, G. Debecs), pamatojoties uz ne mazāk svarīgiem argumentiem, par cilvēces dzimteni uzskata Dienvidāziju. Zinātnē arvien plašāk izplatās uzskats, ka cilvēka veidošanās notikusi plašā teritorijā — Āfrikā, Dienvidāzijā un Centrālajā Āzijā, Vidusjūrai piegulošajos apgabalos.

3. Kad radies cilvēks uz Zemes?

Pirmie primātu kārtas pārstāvji — kokos dzīvojošie kukaiņēdāji tupaiji un lemūri — radās mezozoja ēras beigās, krīta periodā pirms 100—70 miljoniem gadu. Kainozoja ēras paleoģēna periodā turpinājās primātu evolūcija, kuras rezultātā izveidojās cilvēkveidīgie pērtiķi. Šā perioda beigu posmā, oligocēnā (pirms apmēram 25—40 milj. gadu) klimats Dienvidāzijā un Ziemeļāfrikā kļuva sausāks, mežus nomainīja savannas. Būtiskas priekšrocības pērtiķiem deva pārvietošanās uz pakalējām ekstremitātēm, kā arī priekšmetu (koku zaru, akmeņu) izmantošana ēdamu sakņu izrakšanai, medībām un aizstāvēšanās nolūkos. Oligocēna beigās, paplašinoties jūru baseiniem, lielie kontinenti sadalījās sīkākos masīvos. Šo teritoriju izolācija bija nozīmīgs cēlonis dažādu pasaules daļu pērtiķu patstāvīgai attīstībai. Jau neoģēna sākumā, miocēnā (pirms 15—20 milj. gadu) izdalās vairākas Vecās pasaules cilvēkveidīgo pērtiķu grupas. Tās ir *gibonu* un *pongīdu dzimtas*. Pirmās dzimtas pārstāvis *gibons* līdz mūsu dienām saglabāties tikai Dienvidaustrumāzijā. Otru dzimtu pārstāv *orangutans*, *šimpanze* un *gorilla*. Kaut arī orangutans un gorilla dzīvo Āfrikā, tomēr par pongīdu pirmdzimteni uzskata Dienvidāziju. Pongīdu dzimtai tuva bijusi kāda izmirušu cilvēkveidīgo pērtiķu grupa, kas miocēna beigās un pliocēna sākumā (pirms 10—14 milj. gadu) dzīvojuši samērā plašā savannu teritorijā Dienvidēiropā, Dienvidaustrum-



āfrikā un Dienvidrietumāfrikā. Tie bija jau salīdzinoši augsti attīstīti cilvēkveidīgie pērtiķi *ramapiteki*, no kuriem pirms 8—15 milj. gadu izveidojās *australopiteki* — cilvēka tiešie senči.

Antropogēnēzē izšķir 3 posmus: arhantropi — vissenākie cilvēki, paleoantropi — senie cilvēki un neoantropi — mūsdienīga tipa cilvēki. Šiem posmiem mainoties, iepriekšējais tips pilnīgi neizzuda, bet zināmu laiku pastāvēja līdzās nākamajam tipam. Par pārejas tipu starp australopitekiem un arhantropiem uzskata t. s. prasmīgo cilvēku (*Homo habilis*), kura skeleta fragmentus L. Likijs atrada Oldovas aizā Austrumāfrikā 1959. gadā un turpmākajās divās desmitgadēs. Netālu no prasmīgā cilvēka kauliem atrasti primitīvi akmens rīki — apskaldīti un nosmailoti oļi. Šo atradumu vecums ir 2—3 milj. gadu. Par *H. habilis* zinātnieki vēl strīdas, vai uzskatīt to jau par īstu cilvēku vai tikai par augsti attīstītu australopiteku nozarojumu. Taču nākamā antropogēnēzes pakāpe — taisnstāvošais cilvēks (*Homo erectus*) šaubas vairs neizraisa. Visi antropologi šīs būtnes, kas sāka izplatīties pirms apmēram 1 milj. gadu, uzskata par vissenākajiem cilvēkiem (*arhantropiem*). Šo cilvēku fosilijas atrastas dažādās vietās, tie savstarpēji atšķiras un aprakstīti ar dažādiem nosaukumiem: *pitekantrops* (Javā), *sinantrops* (Ķīnā), *Haidelbergas cilvēks* (Viduseiropā), *atlantrops* (Alžīrā), *telantrops* (Dienvidāfrikā), *Oldovas pitekantrops* (Centrālāfrikā) u. c. Arhantropi savās apmetnēs prata ilgstoši saglabāt uguni. Darba rīki — rupji aptēsti akmeņi (Šellas jeb Abevilas kultūra — senais paleolīts).

Paleoantropu pārstāvis ir *neandertālietis* (nosaukts pēc atrašanas vietas — Neanderas ielejā, tagadējās VFR teritorijā). Zinātnieku domas dalās jautājumā par neandertālieša vietu sistēmā: vai uzskatīt to par patstāvīgu sugu (*Homo neandertalensis*) vai par pasugu (*H. sapiens neandertalensis*). Neandertāliešu skeletu fragmenti atrasti vairāk nekā 400 vietās Eiropā, Āfrikā, Priekšāzijā, Vidusāzijā, Centrālajā Āzijā un Austrumāzijā, Indonēzijā, kur tie dzīvojuši pirms 250—40 (iespējams pat 25) tūkst. gadu. Antropologus pārsteidza fakts, ka agrinie neandertālieši pēc savas uzbūves bijuši tuvāki cilvēkam nekā vēlinās formas. Šo mīklu izskaidro tādejādi, ka viena no agrīno neandertāliešu grupām izrādījusies fiziski vājāka, taču ar labāk attīstītām smadzenēm, kas palīdzēja tai eksistences ciņā. Acimredzot no šī sānzara izveidojās kromanjonieši un apmēram pirms 40 tūkst. gadu — mūsdienu saprātīgais cilvēks. Neandertālieši plaši izmantoja akmens darba rīkus un ieročus, kurus izgatavoja, izmantojot citus rīkus (akmens, kaula, raga, koka; Ašelas kultūra, vidējais paleolīts). Augšējā paleolītā akmens rīku apstrādei lietoja speciālus kaltus, izgatavoja smilšakmens «traukus» tauku gaismekļiem (Mustjē kultūra). Acimredzot vismaz daļa no neandertāliešu ciltīm prata ne tikai ilgstoši saglabāt, bet arī iegūt uguni.

#### 4. Kā radies cilvēks, kādi faktori noteikuši antropogēni?

Uz šo jautājumu nespēja atbildēt ne antikās pasaules, ne vi-



duslaiku zinātnieki. Ž. Lamarks pirmais izteica pareizu domu, ka pērtiķu pārtapšanai par cilvēkiem cēlonis bija nepieciešamība pielāgoties atklātām un pusatklātām ainavām, kas zināmā Zemes vēstures posmā nomainīja mežus. Č. Darvins šo ideju attīstīja tālāk savā grāmatā «Cilvēka izcelšanās un dzimumizlase». Viņš atzīmēja arī sociālo faktoru nozīmi antropoģenēzē, tomēr pārmērīgu nozīmi ierādīja cīņai par eksistenci. Viņam neizdevās atrisināt cilvēka evolūcijas problēmu visā pilnībā — no sākuma posma līdz pašreizējam stāvoklim. R. Likijs norāda, ka cilvēka sencis ārkārtīgu spēju pielāgoties videi ieguva, kad viņa rokas atbrīvojās no pārvietošanās funkcijas. Kļuva iespējams izgatavot rīkus. Tas bija viens no faktoriem, kas attīstīja visas cilvēka pamatīpašības. Augsti attīstīta nervu sistēma un veiktas rokas, artikulēta valoda un abstraktā domāšana radusies kā darba rezultāts. Nevis vienkārša dažādu priekšmetu izmantošana, bet gan darba rīku izgatavošana — lūk, robeža, kas atdala cilvēku no dzīvniekiem. Visa tālākā antropoģenēze saistīta ar darba rīku un ražošanas procesa pilnveidošanu. Kopīgā darbā veidojās un attīstījās cilvēku sabiedrības īpatnības, sociālas likumsakarības. Tādējādi cilvēces evolūcijā bioloģiskos faktorus arvien vairāk aizstāja sociālie. Tas savukārt ievērojami paātrināja antropoģenēzes tempus.

**Saprātīgā cilvēka kā sugas vēsturē izdala vēlīno paleolītu** (pirms 40—12 tūkst. gadu, progresē akmens darba rīku un ieroču izgatavošanas tehnika, veidojas mākslas, maģijas un reliģijas pirmsākumi), mezolītu (māla trauku izgatavošana, suņa pieradināšana, mītņu celšana) un neolītu (lopkopības un augkopības izveidošana, pilsetu tapšana, mākslas, zinātnes un amatniecības uzplaukums, metālu izmantošana), kas sākās pirms apmēram 10—7 tūkst. gadu.

Daudzus gadus noritēja diskusija starp *policentrismu* un *monocentrismu* hipotēzes piekritējiem. Pirmie uzskatīja, ka saprātīgais cilvēks veidojies vairākās vietās no dažādām senču formām — kā no paleontropiem, tā arī no arhantropiem. Turpretim monocentristi uzskatīja, ka cilvēce radusies kādā vienotā apgabalā no kopīgas senču formas. Arvien vairāk pārsvaru gūst plaša monocentrismu hipotēze, kas apvieno abu hipotēžu būtiskākos argumentus. Pēc zinātnieka J. Roginska formulētās plaša monocentrismu hipotēzes, mūsdienu tipa cilvēks radies Priekšāzijā un Vidusjūras austrumu apgabalā. Šo hipotēzi pamato arī cilvēces rasu bioloģiskā vienotība: divu dažādu rasu pārstāvju laulībā dzimst normāli, fertili pēcnācēji.

#### CILVĒKU RASES, TO IZCELSNĀS UN VIENOTĪBA

Antropologi (J. Roginskis u. c.) atzīmējuši paradoksālu situāciju: kopš vēlīnā paleolīta līdz mūsdienām vērojams cilvēces ražošanas spēku varens pieaugums un kultūras fantastiska



attīstība, taču šajā 40 tūkstošu gadu periodā nav konstatējamas nekādas būtiskas izmaiņas cilvēka bioloģiskajā uzbūvē, *Homo sapiens* sugas pazīmēs. Šāds paradokss izskaidrojams ar saprātīgā cilvēka kā sugas milzīgo daudzveidību morfofizioloģiskajā un psihiskajā organizācijā, kas dod iespēju pielāgoties visdažādākajai sociālajai un dabas videi, ļoti atšķirīgiem dzīves apstākļiem. Individu kopas apvienojas cilvēkpopulācijās, no kurām veidojas antropoloģiskie kompleksi jeb «mazās rases». Aprakstīts jau vairāk nekā simts lokālo antropoloģisko kompleksu, kuri veido vairāk nekā 30 rasu grupējumus. Šos grupējumus savukārt apvieno trīs «lielajās» rasēs: *australonegroidā*, *eiropēidā* un *mongoloidā*. Atšķirība starp rasēm izpaužas bioloģiski nebūtiskās pazīmēs. Visas galvenās «cilvēciskās» pazīmes mūsu tālie senči iemantojuši vēl pirms rasu izveidošanās. Spriežot pēc asins bioķīmiskajām un citām pazīmēm, arī pēc paleontoloģijas datiem, negroidajai un eiropēidajai rasēm bijuši kopīgi senči, līdzīgi tagadējiem Austrālijas aborīģēniem. Ievērojami agrāk par šīs grupas sadalīšanos divās rasēs no tās (pirms kādiem 30—40 tūkstošiem gadu) atdalījusies mongoloidās rases senču grupa.

Rase nav vienādu indivīdu summa, bet gan plaša cilvēku kopa ar savu iekšējo struktūru un daudzveidību, kurai raksturīgas populāciju ģenētikas likumsakarības. Tāpēc rases pētījumiem nepieciešami plaši statistiski dati par ļoti daudziem tās pārstāvjiem, jo atsevišķs indivīds tikai nelielā mērā reprezentē rases īpašības. Rases bioloģisko pazīmju komplekss veidojies ģeogrāfisko apstākļu un sociālās izolācijas ietekmē. Te darbojas *bioloģisko populāciju ģeogrāfiskās mainības likumsakarības*, kas aprakstītas kā K. Bergmana princips (aukstā klimatā ķermenis ir lielāks nekā tropu zonā), D. Allena princips (aukstā klimatā ekstremitātes ir relatīvi īsākas nekā siltā apvidū) un K. Glogera princips (tuvojoties ekvatoram, ķermeņa krāsa kļūst tumšāka), kā arī A. Tomsona un L. Bakstona princips, kas attiecas tikai uz cilvēkpopulāciju: deguna platuma atkarība no gada vidējās gaisa temperatūras un Saules radiācijas (deguna platums relatīvi palielinās, tuvojoties tropiem). Protams, šīs likumsakarības izsaka tikai vidējās statistiskās sakarības.

Kopīga valoda un nodarbošanās, sadzīves kārtība un ieražas saliedēja pirmatnējās etniskās grupas (ciltis) un tādējādi sekmēja seno cilvēku izdzīvošanu smagajā cīņā par eksistenci. Veidojās skaidri izteikta kolektīva apziņa «mēs» un «viņi» — citu cilšu pārstāvji. Šīs etniskās piederības apziņa saglabājās un tālāk attīstījās turpmākajā etnogenēzē, veidojoties tautām. Sevišķi krasi «nesavējo» apjausme izpaudās saskarē ar citas rases pārstāvjiem. Šāda arhaiska apziņa ideoloģisku un «zinātnisku» ietērpu guvusi *rasismā*, dažādās *rasu «teorijās»*. Rasisma piekritēji apgalvo, ka pastāvot «augstākās» un «zemākās», bioloģiskajā un psihiskajā ziņā pilnvērtīgas un nepilnvērtīgas rases. Tikai «augstākās» rases spējot veidot kultūru un nest progresu, bet «zemākajām» un

«nepilnvērtīgajām» neesot šādu dabas dotību. Rasismam ir izteikts ideoloģisks un politisks raksturs, kas kalpo koloniālismam un fašismam kā pamatojums tautu paverdzināšanai un rasu diskriminācijai. Rasisma koncepcijas pārspilē morfoloģiskās atšķirības starp rasēm, pasludina tās par dziļi bioloģiskām, toties nonivelē būtiskas atšķirības starp dabas un sabiedrības attīstības likumsakarībām. Šajā ziņā sevišķi izceļas *sociāldarvinisms* — viens no socioloģijas virzieniem, kas sabiedrības vēsturiskās attīstības cēloņus izskaidro ar bioloģiskajām likumsakarībām — ar cīņu par eksistenci un dabisko izlasi. Pēc sociāldarvinisma cīņa par eksistenci atšķirībā no Darvina mācības tiek izprasta daudz šaurākā nozīmē — tikai kā «zobu un nagu dabiskās tiesības». Nav nekāda pamata sociāldarvinismu, šo socioloģijas virzienu, uzskatīt par bioloģiskās evolūcijas koncepciju.

Zinātnes dati liecina, ka, pastiprinoties sociālo faktoru lomai, cilvēkpopulācijā krasi samazinājās dabiskās izlases un izolācijas efekts. Tāpēc, neskatoties uz jaunu mutāciju rašanos un citiem ģenētiskajiem procesiem, cilvēka bioloģiskais tips praktiski neevolūcionē. Toties paātrinās cilvēces sociālā evolūcija, kura noris pēc citādām likumsakarībām nekā bioloģiskā evolūcija.



## 8. ĢENĒTIKAS UN SELEKCIJAS PAMATI

---

### ĢENĒTIKAS PAMATI

Dzīvība kopš savas rašanās brīža uz mūsu planētas pastāv nepārtraukti. Šo dzīvības nepārtrauktību uztur dzīvie organismi, kuru dzīves ilgums ir ierobežots, bet kuri visi ir saistīti ar tās vai citas pakāpes radniecības saitēm un kuru paaudzes nomaina cita citu. Šo dzīvības nepārtrauktību nodrošina iedzimtība.

**Iedzimtība** ir organismu spēja nodot savas pazīmes un attīstības īpatnības pēcnācējiem. Jēdzienu «pazīme» ģenētikā lieto kā nosacītu apzīmējumu kādas organisma īpašības (morfoloģiskas, fizioloģiskas, bioķīmiskas u. c.) raksturošanai. Iedzimtās pazīmes var saglabāties ļoti daudzās paaudzēs un evolūcijas gaitā var tikt nodotas citām sugām. Piemēram, ferments lizozīms, kas šķīdina baktēriju apvalkus, atrasts bakteriofāgiem, daudziem dzīvniekiem un arī cilvēkam. Tas, ka minētā fermenta uzbūve visos gadījumos ir ļoti līdzīga, liecina, ka šī pazīme saglabājusies gandrīz neizmaiņā miljoniem gadu. Pateicoties iedzimtībai, katra dzīvnieku, augu un mikroorganismu suga saglabā tikai tai raksturīgās īpašības paaudžu maiņā. Bet līdzība starp vecākiem un pēcnācējiem neaprobežojas vienīgi ar šīm visiem vienas sugas pārstāvjiem raksturīgajām iezīmēm. Pēcnācēji var pārmantot arī vecāku individuālās pazīmes, t. i., tās pazīmes, kuras nav novērojamas visiem šīs sugas indivīdiem, bet piemīt tikai atsevišķiem pārstāvjiem. Ar iedzimtību izskaidrojama bērnu dažreiz tik pārsteidzošā līdzība kādam no saviem vecākiem vai pat tālākiem senčiem.

Kā izskaidrot iedzimtību? Šis jautājums, kam ir ne tikai teorētiska, bet arī liela praktiska nozīme (piemēram, mājdzīvnieku un kultūraugu selekcijā), nodarbināja cilvēku prātus daudzus gadsimtus. To atrisināt izdevās tikai 1865. gadā čehu zinātniekam Gregoram Mendelim, kas atklāja, ka pazīmju iedzimšanas materiālais pamats ir t. s. *iedzimtības faktori*, kurus tagad sauc par *ģēniem*. Organismiem vairojoties, vecāku ģēni tiek nodoti pēcnācējiem.

Tomēr, ja pēcnācēji vienmēr būtu identiski saviem vecākiem, tad organiskās pasaules attīstības nebūtu. Evolūcija ir iespējama tikai tāpēc, ka visām dzīvajām būtnēm bez iedzimtības piemīt arī mainība.

**Mainība** ir organismiem piemītoša spēja atšķirties no citiem

savas sugas pārstāvjiem. Ja šo atšķirību iemesls ir izmaiņas organisma ģenētiskajā materiālā (gēnos), tad ar iedzimtību tās var tikt nodotas pēcnācējiem.

Tātad iedzimtība ir process, kas, mainoties paaudzēm, nodrošina ne tikai organismu līdzību, bet arī atšķirības. Savukārt šīs pārmantojamās atšķirības rodas kā ģenētiskajā materiālā notikušo izmaiņu sekas — kā mainības rezultāts. Tāpēc arī šie abi procesi — iedzimtība un mainība — ir nesaraujami saistīti.

**Ģenētika** ir bioloģijas nozare, kas pēta iedzimtības un mainības likumsakarības un to materiālos pamatus. Iedzimtība un mainība tiek pētītas dažādos dzīvās pasaules organizācijas līmeņos — molekulārajā, šūnu, organismu un populāciju — ar visdažādākajām metodēm. Visbiežāk (sevišķi klasiskajos ģenētikas pētījumos) lietotā metode ir *hibridoloģiskā metode* (aprakstīta turpmākajā vielas izklāstā). Plaši izmantotas ir arī *citoģenētiskā* (hromosomu mikroskopiskie izmeklējumi) un *modelēšanas* (bioloģiskā un matemātiskā) *metodes*. Pēdējos gados, strauji attīstoties molekulārajai bioloģijai, iedzimtības un mainības problēmu pētījumos aizvien plašāk lieto dažādas *molekulāri ģenētiskās* (t. sk. ģenētiskās inženierijas) *metodes*. Bez tam virkni metožu izmanto šaurāku ģenētisku jautājumu risināšanā (piemēram, *populāciju statistiskā metode*, ko lieto populāciju ģenētiskajos pētījumos) vai arī atsevišķu sugu izpētē (piemēram, cilvēka ģenētikā lietotā *dviņu metode*). Ģenētikas pētīšanas objektu skaits ir milzīgs — tie ir gan dažādi vīrusi, mikroorganismi, augi, dzīvnieki, gan arī cilvēks. Tāpēc arī liels ir ģenētikas nozaru skaits: molekulārā ģenētika, citoģenētika, populāciju ģenētika, medicīniskā ģenētika un daudzas citas. Ģenētika pieder pie tām zinātnes nozarēm, kas mūsdienās ļoti strauji attīstās. Ļoti liela ir ģenētikas praktiskā nozīme mikroorganismu, augu un dzīvnieku selekcijā, kā arī veterinārijā un medicīnā.

## IEDZIMTĪBAS PĒTĪŠANAS HIBRIDOLOĢISKĀ METODE

Hibridoloģiskā metode jeb hibridoloģiskā analīze ir ģenētikas pamatmetode. Lietojot šo metodi, krusto organismus, kuriem ir atšķirīgas pazīmes, un atsevišķu pazīmju iedzimšanu matemātiski analizē vairākās pēcnācēju paaudzēs. Ja krusto ģenētiski atšķirīgus individuus, iegūtos pēcnācējus sauc par *hibriidiem*, tāpēc arī šīs metodes nosaukums ir hibridoloģiskā metode.

Lai gan augus un dzīvniekus krustoja jau sirmā senatnē, tomēr hibridoloģiskā metode kā zinātniska metode radās tikai pagājušā gadsimta otrajā pusē. Tās autors ir Gregors Mendelis, kuram, lietojot tieši šo metodi, izdevās atklāt pazīmju iedzimšanas likumsakarības. Atšķirībā no saviem priekštečiem, kas arī centās izzināt iedzimšanas likumsakarības, krustojot organismus, G. Mendelis



skaitliski analizēja atsevišķu pazīmju iedzimšanu vairākās paaudzēs, rūpīgi uzskaitot visus kāda indivīda pēcnācējus. Ja arī G. Mendelis krustoja organismus, kas atšķirās ar vairākām pazīmēm, viņš katras pazīmes iedzimšanu pēcnācējiem vienmēr analizēja atsevišķi.

Tomēr G. Mendela darba sekmes ir izskaidrojamas ne tikai ar ļoti precīzi izstrādāto pētījumu metodiku, bet arī ar veiksmīgo darba objekta izvēli. G. Mendelis par savu pētījumu objektu izvēlējās zirņus, kas ir pašapputes augi (tāpēc var analizēt atsevišķi katra indivīda pēcnācējus), bet kam ir iespējama arī mākslīgā apputekšņošana. Zirņu hibrīdi ir auglīgi un zieda uzbūve tāda, ka tas ir aizsargāts no svešu putekšņu iekļūšanas. Bez tam zirņiem ir sastopamas dažādas šķirnes, kuras atšķiras savā starpā ar atsevišķām alternatīvām (kontrastainām, savstarpēji izslēdzošām) pazīmēm: ir, piemēram, šķirnes ar gludām vai grumbuļainām sēklām, dzeltenām vai zaļām sēklām, baltiem vai sarkaniem ziediem utt.

### MONOHIBRĪDISKĀ KRUSTOŠANA. MENDELA PIRMAIS UN OTRAIS LIKUMS. GAMETU TĪRĪBAS LIKUMS

G. Mendelis savus novērojumus sāka ar *monohibridisko krustotšanu*, t. i., krustoja organismus, kuri atšķiras tikai ar vienu alternatīvo pazīmju pāri, piemēram, zirņus ar baltiem un sarkaniem ziediem. Tā kā zirņi ir pašapputes augi, tad, tos krustojot, G. Mendelis viena auga — tēvauga putekšņus pārnese uz otra auga — mātesauga driksnu, iepriekš mātesauga ziedam izkniebjot putekšņīcas. No iegūtajām mātesauga sēklām izaugušie augi bija hibrīdi — hibrīdu pirmā paaudze. G. Mendelis pētīja 7 pazīmju pāru iedzimšanu un vienmēr monohibridiskās krustotšanas gadījumā ieguva vienādus rezultātus — *pirmās paaudzes hibrīdiem vienmēr izpaudās tikai viena vecāka pazīme*. Piemēram, ja bija krustoti zirņi ar dzeltenām un zaļām sēklām, tad visiem pirmās paaudzes hibrīdiem sēklas bija dzeltenas; ja sakrustoja augus ar gludām un grumbuļainām sēklām, tad visiem pēcnācējiem bija gludas sēklas utt. (X krās. att.). To pazīmi, kura izpaudās pirmās paaudzes hibrīdiem, Mendelis nosauca par *dominanto pazīmi*, bet to pazīmi, kura neizpaudās, — par *recesīvo pazīmi*. Tā, piemēram, dominantās pazīmes bija zirņu sēklu dzeltenā krāsa un gludā virsma, recesīvās — zaļā krāsa un grumbuļainā virsma.

G. Mendela novērojumi par hibrīdu pirmo paaudzi tagad ir zināmi kā **hibrīdu pirmās paaudzes vienveidības likums jeb Mendela pirmais likums**.

Turpinot savus eksperimentus, G. Mendelis gribēja noskaidrot, kas ir noticis ar recesīvo pazīmi — vai tā izzudusi pilnīgi vai arī hibrīdos tomēr saglabājusies slēptā veidā. Lai atbildētu uz šo jau-

tājumu, G. Mendelis hibrīdu pirmās paaudzes augiem ļāva pašapputeksnēties, ieguva sēklas, no kurām izauga hibrīdu otrā paaudze. Šajā hibrīdu otrajā paaudzē daļai augu atkal parādījās recesīvā pazīme, kas liecināja par to, ka šī pazīme hibrīdu pirmajā paaudzē nebija izzudusi, bet tikai nomākta (dominantā pazīme nomāca šīs recesīvās pazīmes izpausmi).

Šie G. Mendela novērojumi par hibrīdu otro paaudzi tagad ir zināmi kā **hibrīdu otrās paaudzes pazīmju skaldišanās likums** (daļai organismu — dominantā, daļai — recesīvā pazīme) **jeb Mendela otrais likums**.

Interesanti atzīmēt, ka gan hibrīdu pirmās paaudzes vienveidība, gan arī pazīmju skaldišanās hibrīdu otrajā paaudzē bija zināmas jau pirms G. Mendela darbiem. Bet G. Mendelis gāja tālāk par saviem priekštečiem: viņš rūpīgi saskaitīja, cik hibrīdiem otrajā paaudzē ir dominantā pazīme un cik hibrīdiem — recesīvā pazīme. Vairākās eksperimentu sērijās viņš ieguva rezultātus, kas parādīti 12. tabulā.

12. tabula

Pazīmju skaldišanās skaitliskās attiecības  
G. Mendela darbos

| Mēģinājuma Nr. | Otrās paaudzes hibrīdi |                    | Skaitliskā attiecība starp augiem ar dominantu un augiem ar recesīvo pazīmi |
|----------------|------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                | ar dominantu pazīmi    | ar recesīvo pazīmi |                                                                             |
| 1.             | 5474                   | 1850               | 2,96:1                                                                      |
| 2.             | 6022                   | 2001               | 3,01:1                                                                      |
| 3.             | 705                    | 224                | 3,15:1                                                                      |
| 4.             | 882                    | 299                | 2,95:1                                                                      |
| 5.             | 428                    | 152                | 2,82:1                                                                      |
| 6.             | 651                    | 207                | 3,14:1                                                                      |
| 7.             | 757                    | 277                | 2,84:1                                                                      |

G. Mendelis redzēja, ka vienmēr vidēji  $\frac{3}{4}$  otrās paaudzes hibrīdu ir dominantā pazīme,  $\frac{1}{4}$  — recesīvā pazīme un tādā **pazīmju skaldišanās notiek attiecībā 3:1**.

Lai izskaidrotu iegūtos rezultātus, G. Mendelis turpināja savus eksperimentus un analizēja vēl nākamo — hibrīdu trešo paaudzi, kuru ieguva pēc pašapputeksnēšanās no otrās paaudzes hibrīdu sēklām (X krās. att.). Izrādījās, ka hibrīdu otrās paaudzes augi ar recesīvo pazīmi arī trešajā paaudzē deva pēcnācējus tikai ar recesīvo pazīmi. No tiem augiem, kam hibrīdu otrajā paaudzē bija dominantā pazīme,  $\frac{1}{3}$  deva pēcnācējus ar dominantu pazīmi, bet  $\frac{2}{3}$  — pēcnācējus, kuriem atkal bija novērojama pazīmju skaldišanās attiecībā 3:1, t. i., 3 daļas organismu — ar dominantu pazīmi, 1 daļa — ar recesīvo.

Tāds bija fakts materiāls, uz kuru balstoties G. Mendelis konstatēja galvenās iedzimšanas likumības.



G. Mendelis saprata, ka viņa iegūtos rezultātus var izskaidrot tikai vienā veidā — pieļaujot iespēju, ka iedzimst nevis pašas pazīmes, bet gan īpaši iedzimtības faktori, kas nosaka šo pazīmju attīstību un kas nemainīgā veidā ar dzimumšūnām tiek nodoti no paaudzes uz paaudzi. Tāpat vajadzēja pieņemt, ka jebkuras pazīmes attīstību nosaka divi iedzimtības faktori — viens, kas saņemts no mātes organisma, otrs — no tēva; tikai tā bija iespējams izskaidrot tos gadījumus, kad augam ar dominantu pazīmi pēcnācējos atkal parādījās recesīvā pazīme: vecāka organismam vajadzēja saturēt abus iedzimtības faktoros — atbildīgos par dominantās un recesīvās pazīmes attīstību. Dzimumšūnās (gamētās) no katra faktoru pāra iekļūst tikai viens. Šos iedzimtības faktoros, no kuriem atkarīga noteiktu pazīmju attīstība, vēlāk — 1909. gadā — dāņu zinātnieks Johansens nosauca par gēniem.

Ērtības labad G. Mendelis iedzimtības faktoru (gēnu) apzīmēšanai sāka lietot burtus. Gēnus, kas noteica dominantās pazīmes attīstību, viņš apzīmēja ar lielajiem burtiem, piemēram, *A*, bet gēnus, kuri noteica recesīvās pazīmes attīstību, — ar mazajiem burtiem, piemēram, *a*. G. Mendeļa ieteikto krustošanas pierakstu lieto vēl šodien.

Shematiski attēlojot krustošanu, kā pirmo vienmēr raksta sievišķā dzimuma pārstāvi (mātes organismu) ar simbolu ♀ (Venēras spogulis), bet kā otro — vīrišķā dzimuma pārstāvi (tēva organismu) ar simbolu ♂ (Marsa vairogs un šķēps). Krustošanu apzīmē ar reizināšanas zīmi  $\times$ . Vecāku paaudzi pieņemts apzīmēt ar burtu *P* (lat. *parentes* — vecāki). Hibrīdu paaudzes apzīmē ar burtu *F* (lat. *fili* — bērni), klāt liekot indeksu, kas atbilst hibrīdu paaudzes kārtas skaitlim. Piemēram, *F*<sub>1</sub> — hibrīdu pirmā paaudze, *F*<sub>2</sub> — otrā paaudze, *F*<sub>3</sub> — trešā paaudze utt.

Tātad vienu no G. Mendeļa analizētajiem monohibridiskās krustošanas gadījumiem, kad tika krustoti zirņi ar dzeltenām un zaļām sēklām, varētu attēlot šādi:

|                       |                  |   |              |                                                                                                    |
|-----------------------|------------------|---|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>P</i>              | ♀ <i>AA</i>      | × | ♂ <i>aa</i>  |                                                                                                    |
|                       | Dzeltenas sēklas |   | Zaļas sēklas |                                                                                                    |
| Gametas               | <i>A</i>         |   | <i>a</i>     | No katra vecāku gēnu pāra gamētās iekļūst viens gēns                                               |
| <i>F</i> <sub>1</sub> | <i>Aa</i>        |   |              | Tā kā dzeltenā sēklu krāsa dominē pār zaļo, tad <i>F</i> <sub>1</sub> augu sēklu krāsa ir dzeltena |
|                       | Dzeltenas sēklas |   |              |                                                                                                    |

*F*<sub>1</sub> augiem *Aa* vienādos daudzumos veidojas 2 gametu tipi: gametas ar gēnu *A* un gametas ar gēnu *a*. Sakrustojot šādus *F*<sub>1</sub> organismus savā starpā (vai ļaujot šādiem augiem pašapputeksnēties), ir vienādi iespējamās 4 gametu saplūšanas iespējas (4 gametu kombinācijas). Kā sievišķai gametai ar gēnu *A*, tā arī gametai ar gēnu *a* ir vienādas iespējas tikt apaugļotām kā ar vīrišķo gametu, kas satur gēnu *A*, tā ar gametu, kas nes gēnu *a*. Visērtāk dažādās iespējamās gametu kombinācijas ir attēlot ar Penneta režģa pa-

līdzību (Pennets — angļu ģenētiķis, kurš ieteica šo pierakstu):  
 pa kreisi no režģa (vertikāli) raksta sievišķās gametas, virs režģa  
 (horizontāli) — vīrišķās gametas, režģa rūtīs — gametu kombinā-  
 cijas. Dotajā gadījumā

|        |   |    |    |
|--------|---|----|----|
| ♀<br>+ | ♂ | A  | a  |
|        | A | AA | Aa |
| a      | a | Aa | aa |

Tā kā, saplūstot  $F_1$  organismu gametām, izveidojas  $F_2$  paaudze, tad režģa rūtīs attēlotās gametu kombinācijas atbilst  $F_2$  orga-  
 nismu genotipiem.

Līdz ar to visu monohibrīdiskās krustošanas gaitu no vecāku  
 paaudzes līdz hibrīdu otrajai paaudzei iepriekš aprakstītajā pie-  
 mērā varētu attēlot šādi:

|         |                  |   |                                  |
|---------|------------------|---|----------------------------------|
| P       | ♀ AA             | × | ♂ aa                             |
|         | Dzeltenas sēklas |   | Zaļas sēklas                     |
| Gametas | A                |   | a                                |
| $F_1$   | Aa               | × | Aa                               |
|         | Dzeltenas sēklas |   | Dzeltenas sēklas                 |
| Gametas | A, a             |   | A, a                             |
| $F_2$   | 1 AA             | : | 2 Aa:1 aa                        |
|         | Dzeltenas sēklas |   | Dzeltenas sēklas    Zaļas sēklas |

Tātad monohibrīdiskās krustošanas gadījumā  $F_2$  paaudzē no-  
 vērojama pazīmju skaldīšanās attiecībā 3:1.

Organisma gēnu kopumu, tā ģenētisko konstitūciju sauc par  
 organisma genotipu. Organisma pazīmju un īpašību kopumu,  
 kas veidojas genotipa un apkārtējās vides mijiedarbībā, sauc par  
 tā fenotipu. Parasti gan šos terminus lieto šaurākā nozīmē, apzī-  
 mējot tikai tās pazīmes un tos gēnu pārus, kas dotajā konkrētajā  
 gadījumā tiek pētīti (tāpēc, piemēram, var runāt par genotipiem  
 Aa un aa). Visas sarežģītās organisma ģenētiskās sistēmas ap-  
 zīmēšanai (visu gēnu kopumam, kas ietilpst organisma haploidā-  
 lajā hromosomu komplektā) bieži lieto citu terminu — *genoms*.

Monohibrīdiskās krustošanas gadījumā visu  $F_1$  organismu fe-  
 notipi, kā arī genotipi ir vienādi. Piemēram, iepriekš apskatītajā  
 piemērā visu  $F_1$  augu sēklas ir dzeltenas, visu augu genotipi —  
 Aa.  $F_2$  paaudzē skaldīšanās pēc fenotipa notiek attiecībā 3:1, bet  
 pēc genotipa — 1:2:1 (1 AA:2Aa:1aa). Ne vienmēr vienādiem  
 fenotipiem atbilst vienādi genotipi, dažreiz fenotipiski vienādi or-  
 ganismi pēc saviem genotipiem ir dažādi. Piemēram, genotipiski  
 dažādās formas AA un Aa fenotipiski var būt vienādas.



Organismu, kuram kādā gēnu pāri abi gēni ir vienādi (piemēram,  $AA$ ,  $aa$ ), sauc par *homozigotisku organismu* (attiecībā uz šo gēnu pāri) jeb *homozigotu*. Organismu, kuram kādā gēnu pāri ietilpst atšķirīgi gēni, sauc par *heterozigotisku organismu* jeb *heterozigotu*, piemēram,  $Aa$ .

Homozigotiskie organismi veido tikai vienu gametu tipu. Piemēram, indivīds ar genotipu  $AA$  veido tikai gametas ar gēnu  $A$ . Heterozigotiskie organismi attiecībā uz vienu gēnu pāri, piemēram,  $Aa$ , veido divus gametu tipus —  $A$  un  $a$  vienādos daudzumos. Tātad heterozigotiskā organismā iedzimtības faktori nesaplūst, nesajaucas; saplūstot gametām, nesaplūst tajās esošie gēni. Gametas, ko veido šādi heterozigotiskie organismi, ir «tīras» — gameta ar gēnu  $A$  nesatur nekā no recesīvā gēna  $a$ , bet gameta ar gēnu  $a$  ir «tīra» no dominantā gēna  $A$ . Šī G. Mendela atklātā viena pazīmju pāra gēnu nesajaukšanās gametās ir nosaukta par **gametu tīrības likumu**.

## IEDZIMŠANAS LIKUMĪBU STATISTISKAIS RAKSTURS

Svarīgi atzīmēt, ka jau monohibrīdiskās krustošanas gadījumā ir novērojams iedzimšanas likumību statistiskais raksturs. Lai, hibrīdu paaudzei skaldoties, parādītos visi iespējamie fenotipiskie veidi, nepieciešama vienāda dažādo gametu tipu izveidošanās varbūtība un šo gametu visu iespējamo kombināciju vienlīdzīga rašanās apaugļošanās procesā. Tā, piemēram, hibrīdiskajam vīrišķajam augam  $Aa$  attīstās vienāds skaits putekšņu ar gēniem  $A$  un  $a$ , bet sievišķajam augam  $Aa$  — vienāds skaits olšūnu ar gēniem  $A$  un  $a$ . Taču apputeksnēšanās laikā, ja dzimumšūnu maz, nav garantijas, ka abu tipu gametas būs vienādā skaitliskā attiecībā, jo reizēm vienu putekšņu vai olšūnu var būt vairāk, bet citu — mazāk. Tāpēc iedzimtības likumības pilnā mērā var izpausties tikai tad, ja ir pietiekami liels novērojumu skaits. Un tāpēc arī monohibrīdiskās krustošanas piemērā  $F_2$  paaudzē skaldišanās pēc fenotipa reti kad precīzi atbilst teorētiski sagaidāmajai attiecībai 3:1.

## DIHIBRĪDISKĀ KRUSTOŠANA. MENDELA TREŠAIS LIKUMS

Pabeidzis monohibrīdiskās krustošanas eksperimentus, G. Mendelis vēlējās noskaidrot, kas notiks, ja sakrustos organismus, kuriem atšķiras divi pazīmju pāri. Šādu hibrīdizāciju sauc par dihibrīdisko krustošanu.

Vienā no savu eksperimentu sērijām G. Mendelis krustoja zirņus, kam dzeltenas gludas sēklas (abas pazīmes dominantas), ar zirņiem, kuru sēklas bija zaļas un grumbuļainas (abas pazīmes





9:3:3:1, tomēr pēc katra atsevišķa pazīmju pāra skaldišanās, tāpat kā monohibrīdiskās krustošanas gadījumā, notiek attiecībās 3:1 (piemēram, 12/16 augu ar dzeltenām sēklām, 4/16 ar zaļām — 3:1). Tātad abi pazīmju pāri iedzimst neatkarīgi viens no otra; sēkļu forma, piemēram, iedzimst neatkarīgi no krāsas.

Šie G. Mendeļa novērojumi par dihibrīdisko krustošanu tagad ir zināmi kā **gēnu (pazīmju) neatkarīgās iedzimšanas jeb brīvās kombinēšanās likums, jeb Mendeļa trešais likums.**

## POLIHIBRĪDISKĀ KRUSTOŠANA

Atsevišķu pazīmju iedzimšanas izpēte deva G. Mendelim iespēju analizēt arī rezultātus, kas iegūti polihibrīdiskajā krustošanā, kad vecāku organismi atšķiras ar daudzām alternatīvajām pazīmēm. Šo pētījumu rezultāti ļāva secināt to pašu, kas bija novērots jau dihibrīdiskās krustošanas gadījumā: katrs pazīmju pāris iedzimst neatkarīgi no citiem.

$F_2$  paaudzē novērojamais dažādo fenotipu klašu (veidu) skaits ir  $2^n$ , genotipu klašu skaits —  $3^n$ , gametu tipu skaits, ko veido kāds heterozigotisks organisms, —  $2^n$  ( $n$  — alternatīvo pazīmju pāru skaits, ar kurām atšķiras krustojamie organismi). Piemēram, fenotipu klašu skaits  $F_2$  paaudzē monohibrīdiskajā krustošanā ir  $2^1=2$ , dihibrīdiskajā krustošanā —  $2^2=4$ , trihibrīdiskajā krustošanā —  $2^3=8$  utt. Tātad, jo lielāks ir analizējamo indivīdu atšķirīgo pazīmju pāru skaits, jo sarežģītāka skaldišanās novērojama hibrīdiem.

## IEDZIMŠANAS LIKUMĪBU UNIVERSĀLAIS RAKSTURS

G. Mendeļa atklātās iedzimtības likumsakarības konstatējamas praktiski visiem dzīvajiem organismiem, kas vairojas dzimumiski. Pazīmes, kuras iedzimst saskaņā ar Mendeļa likumiem, sauc par *mendelējošām*. Šādas pazīmes ir arī cilvēkam. 13. tabulā uzskaitītas dažas cilvēka mendelējošās pazīmes.

13. tabula

Dažas cilvēka mendelējošās pazīmes

| Dominantā pazīme | Recesīvā pazīme |
|------------------|-----------------|
| 1                | 2               |
| Garas skropstas  | Īsas skropstas  |
| Brūnas acis      | Zilas acis      |
| Taisns deguns    | Uzrauts deguns  |
| Platas nāsis     | Sauras nāsis    |

| 1                 | 2                         |
|-------------------|---------------------------|
| Brīva auss līpiņa | Pieaugusi auss līpiņa     |
| Biezas lūpas      | Plānas lūpas              |
| Bedrīte vaigos    | Bedrītes trūkums          |
| Bedrīte zodā      | Bedrītes trūkums          |
| Vasaras raibumi   | Normāla ādas pigmentācija |
| Tumši mati        | Gaiši mati                |
| Sprogaini mati    | Taisni mati               |

### IEDZIMTĪBAS LIKUMU CITOĻĪSKIE PAMATI

G. Mendela darbs «Pētījumi par augu hibrīdiem», kurā viņš apraksta iedzimtības likumsakarības un secina, ka pazīmju iedzimšanas atkarīga no iedzimtības faktoriem (gēniem), publicēts 1866. gadā. Citoloģijas attīstība šajā laikā vēl bija tādā limenī, ka G. Mendelis nespēja saistīt savus postulētos iedzimtības faktoros ar kādām noteiktām šūnas struktūrām. Iespējams, ka tas arī bija viens no iemesliem, kāpēc laikabiedri neizprata G. Mendela darba nozīmi. Viņš bija apsteidzis savu laiku. G. Mendela darba un iedzimšanas likumu atklāšana notika 1900. gadā (tāpēc arī šo gadu parasti uzskata par ģenētikas rašanās gadu), kad jau bija sakrāts samērā daudz ziņu par gametu attīstību, mitozī, mejozi, hromosomām. Un jau 1902.—1904. gadā vairāki zinātnieki norādīja uz paralēlismu starp iedzimtības faktoru pārmantojamības un mejozes likumbām. Tāpat kā gēni, arī hromosomas veido pārus: katrā pāri ir viena hromosoma no mātes, otra — no tēva; dzimumšūnās no katra hromosomu pāra iekļūst tikai viena hromosoma, turklāt notiek nehomoloģisko hromosomu neatkarīga kombinēšanās. No šiem faktiem varēja secināt, ka gēni atrodas hromosomās un ka iedzimšanas likumu citoloģiskais pamats ir hromosomu izturēšanās mejozē.

Jau monohibrīdiskajā krustošanā novērotās *pazīmju skaldīšanās citoloģiskais pamats ir viena hromosomu pāra (homoloģisko hromosomu) izturēšanās mejozē* (XII krās. att.).

Organismu somatiskajās šūnās (visās šūnās, izņemot dzimumšūnas) ir dubults (diploīdāls —  $2n$ ) hromosomu skaits, turklāt hromosomas veido pārus. Katrs pāris sastāv no divām homoloģiskām (strukturāli un funkcionāli līdzīgām) hromosomām. Veidojoties gametām, mejozes rezultātā dzimumšūnās no katra homoloģisko hromosomu pāra iekļūst viena hromosoma (dzimumšūnās ir haploīdāls hromosomu skaits —  $n$ ). Pēc apaugļošanās zigotā  $F_1$  atkal atjaunojas diploīdālais hromosomu skaits — katrā homoloģisko hromosomu pāri viena hromosoma ir no mātes organisma, otra — no tēva.



Kas notiks, ja šos  $F_1$  organismus krustos savā starpā? Mežozes rezultātā katram no šiem  $F_1$  indivīdiem ir vienādi iespējami 2 gametu tipi (attiecībā uz šo hromosomu pāri). Aupaugļošanās laikā iespējamās 4 gametu kombinācijas.  $F_2$  novērojamās vecāku hromosomu dažādo kombināciju skaitliskās attiecības būs 1:2:1.

Kā redzams, šīs attiecības pilnīgi sakrīt ar genotipiskās skaldīšanās skaitliskajām attiecībām monohibridiskās krustojšanas gadījumā, kas apstiprina to, ka pazīmju skaldīšanās citoloģiskais pamats ir homologisko hromosomu izturēšanās mejozē. Savukārt gametu tirības likuma citoloģiskais pamats ir tas apstāklis, ka mejozē gametās no katra hromosomu pāra iekļūst tikai viena hromosoma.

Pazīmju (arī gēnu) neatkarīgās kombinēšanās citoloģiskais pamats ir nehomologisko hromosomu neatkarīgā kombinēšanās mejozē.

Lai izprastu Mendela trešā likuma citoloģisko pamatu, apskatīsim, kas notiek mejozē ar diviem hromosomu pāriem (XIII krās. att.). Jāatceras, ka pirmās meiotiskās dalīšanās (dalīšanās, kuras laikā notiek hromosomu skaita redukcija) metafāzē vārpstas ekvatoriālajā plaknē novietojas bivalenti (homologisko hromosomu pāri). Bivalentu orientācijai attiecībā pret vārpstas poliemi ir gadījuma raksturs. Līdz ar to homologisko hromosomu nonākšana vienā vai otrā šūnas polā anafāzes laikā ir pakļauta varbūtības likumībām, un šajā procesā notiek abu vecāku hromosomu dažādu kombināciju veidošanās. Gadījumā, ja vecāku organismi atšķiras ar diviem hromosomu pāriem ( $n=2$ ),  $F_1$  organismiem ir vienādi iespējami 4 gametu tipi. Sakrustojot  $F_1$  individus, vienādi ir iespējamās 16 gametu kombinācijas: 9 vecāku hromosomu kombināciju veidi attiecībās 1:2:2:4:1:2:1:2:1. Šīs attiecības sakrīt ar genotipiskās skaldīšanās skaitliskajām attiecībām dihibridiskās krustojšanas gadījumā, apstiprinot to, ka Mendela trešā likuma citoloģiskais pamats ir nehomologisko hromosomu neatkarīgā kombinēšanās mejozē.

Nehomologisko hromosomu neatkarīgās kombinēšanās rezultātā indivīdam veidojas  $2^n$  dažādu gametu tipi ( $n$  — indivīda hromosomu pāru skaits). Cilvēkam, kam ir 23 hromosomu pāri, mežozes gaitā var rasties  $2^{23}=8\,388\,608$  dažādi gametu tipi (mātes un tēva hromosomu kombināciju skaits cilvēka dzimumšūnās). Tā kā no katra vecāku gēnu pāra bērns saņem tikai vienu gēnu, tad pusi no vecāku gēniem bērns zaudē. Līdz ar to hromosomu izturēšanās mejozē ļauj izprast to, kādēļ bērniem ir gan tēva, gan mātes pazīmes dažādās kombinācijās, gan arī atšķirības no vecākiem. Tā kā mejozē tiek dažādi pārkombinētas hromosomas (līdz ar to arī gēni), ko indivīds mantojis no tēva un mātes, tad mejozi bieži salīdzina ar kāršu jaukšanu. Šī gēnu dažādā kombinēšanās mejozē izskaidro arī to, kāpēc vienas ģimenes bērni var būt ļoti atšķirīgi.

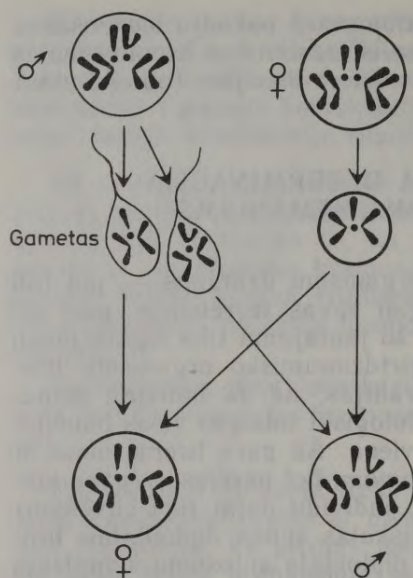
Pēc tam kad tika parādīta saistība starp pazīmju iedzimšanas un mezozes likumībām, nākamais solis iedzimtības hromosomālās teorijas formēšanā bija dzimuma determinācijas (noteikšanas) hromosomu mehānisma atklāšana.

## DZIMUMA ĢENĒTISKĀ DETERMINĀCIJA UN TĀS HROMOSOMU MEHĀNISMS

Jautājums — no kā atkarīgs organismu dzimums — jau ļoti sen nodarbinājis cilvēku prātus gan savas teorētiskās, gan arī praktiskās nozīmes dēļ. Atbilde uz šo jautājumu tika iegūta mūsu gadsimta sākumā, kad atklāja šķirtdzimumisko organismu hromosomu komplektu atšķirības. Izrādījās, ka šo indivīdu somatiskajās šūnās hromosomas ir morfoloģiski līdzīgas visos homologisko hromosomu pāros, izņemot vienu. Šā pāra hromosomas ir pieņemts saukt par *dzimumhromosomām*, bet pārējās — par *autosomām*. Lielākajai šķirtdzimumisko indivīdu daļai (arī cilvēkam) sievišķā dzimuma pārstāvju somatiskajās šūnās diploidālais hromosomu komplekts ( $2n$ ) sastāv no diploidāla autosomu komplekta ( $2A$ ) un divām morfoloģiski vienādām dzimumhromosomām, kuras parasti apzīmē par X hromosomām. Virišķā dzimuma pārstāvju somatiskajās šūnās ir tāds pats diploidāls autosomu komplekts ( $2A$ ), viena X hromosoma un no tās morfoloģiski atšķirīga otra dzimumhromosoma — Y hromosoma. Abu šo dzimumhromosomu morfoloģisko atšķirību pamats ir to dažāda gēnu sastāvs. Minētā atšķirība abu dzimumu hromosomās ir novērojama arī cilvēkam: sievietei somatiskajās šūnās ir 44 autosomas un 2 X hromosomas, vīrietim — 44 autosomas, viena X un viena Y hromosoma. Veidojoties gametām, sievišķā dzimuma pārstāvjiem visas olšūnas bez haploidāla autosomu komplekta (A) satur arī vienu X hromosomu. Šajā gadījumā sievišķais dzimums ir homogametisks, jo tā pārstāvju dzimumšūnas satur morfoloģiski vienādas dzimumhromosomas. Virišķā dzimuma indivīdiem mezozes rezultātā vienādā daudzumā veidojas divu veidu dzimumšūnas: puse spermatozoīdu satur haploidālo autosomu komplektu (A) un X hromosomu, bet otra puse — haploidālo autosomu komplektu un Y hromosomu. Šajā gadījumā vīrišķais dzimums ir heterogametisks (dzimumšūnas dažādas).

Ja olšūnu, kas vienmēr satur X hromosomu, apaugļo spermatozoīds, kas arī nes X hromosomu, tad zigotas (apaugļotās olšūnas) hromosomu komplekts būs  $=2A+XX$ . No šādas zigotas attīstīsies sievišķā dzimuma embrijs (60. att.). Ja olšūnu apaugļo spermatozoīds, kas satur Y hromosomu, tad zigotas hromosomu komplekts būs  $=2A+XY$ . No šādas zigotas attīstīsies vīrišķā dzimuma indivīds. Tā kā mezozes rezultātā vīrišķā dzimuma indivīdiem rodas vienāds daudzums spermatozoīdu ar X un Y hromosomām, tad arī abu dzimumu indivīdu skaitliskās attiecības parasti ir 1:1.





60. att. Drozofilas dzimuma determinācijas shēma:

$2n = 8$ , heterogametiskais dzimums — vīrišķais.

Daļai dzīvo organismu ir novērojami arī citi dzimuma determinācijas hromosomu mehānismi. Tā atsevišķām kukaiņu, veltņtārpu sugām vīrišķā dzimuma indivīdiem ir tikai viena dzimumhromosoma — X, t. i., ♀ —  $2A + XX$ ; ♂ —  $2A + X$ . Dažām sugām (daļai kukaiņu, putniem) heterogametiskais dzimums ir sievišķais. Šajā gadījumā hromosomu apzīmēšanai lieto citus burtus, piemēram, ♂ —  $2A + ZZ$ ; ♀ —  $2A + ZW$ . Ir aprakstītas arī sugas (piemēram, bites), kuru sievišķā dzimuma pārstāvju somatiskajās šūnās ir diploīdāls hromosomu skaits ( $2n$ ), bet vīrišķā — haploīdāls ( $n$ ).

Visos iepriekš apskatītajos gadījumos organisma dzimums tiek noteikts apaugļošanās brīdī, un tas ir atkarīgs no zigotas hromosomu sastāva. Nelielam

šķirtdzimumisko dzīvnieku skaitam dzimums tiek determinēts pirms vai pēc apaugļošanās, piemēram, jūras tārpa *bonnelijai* tēviņi izveidojas no tiem kāpuriem, kuri nokļūst uz mātišu ķermeņa priekšējā gala.

Praktiski ļoti nozīmīga ir dzimuma mākslīgās regulācijas problēma (piemēram, lopkopībā, lopkopībā, kažokzvēru audzēšanā). Sistemātiski iegūt noteikta dzimuma indivīdus pašlaik ir iespējams tikai atsevišķām kukaiņu sugām. Tā zīdtauriņiem (A. Tihomirova un B. Astaurova darbi) no neapaugļotām olšūnām pēc to īslai-cīgas termiskas apstrādes var iegūt tikai sievišķā dzimuma īpatņus.

Izšķirošus pierādījumus tam, ka gēni atrodas hromosomās, ieguva amerikāņu zinātnieks Tomass Morgans ar līdzstrādniekiem mūsu gadsimta divdesmitajos gados. Viņi arī bija pirmie, kas izskaidroja ar dzimumu saistīto pazīmju iedzimšanu.

## AR DZIMUMU SAISTĪTO PAZĪMJU IEDZIMŠANA

Drīz pēc G. Mendeļa izpētīto iedzimšanas likumību otrreizējas atklāšanas izrādījās, ka ne visas pazīmes iedzimst saskaņā ar iedzimtības likumiem. Viena no šādām novirzēm ir ar dzimumu saistītā iedzimšana — tie gadījumi, kad mainās krustojšanas re-

zultāti atkarībā no tā, kurai no vecāku formām (♀ vai ♂) ir bijusi noteikta pazīme. Piemēram, T. Morgana un viņa līdzstrādnieku eksperimentos, krustojot drozofilas ar sarkanām acīm (dominantais gēns —  $\omega^+$ ) un baltām acīm (recesīvais gēns —  $\omega$ ), ieguva šādus rezultātus (XIV krās. att.): krustojot homozigotisku sarkanacainu mātīti ar baltacainu tēviņu,  $F_1$  paaudzē visām mušām acis sarkanas,  $F_2$  paaudzē pazīmju skaldišanās novērojama tikai tēviņiem (pusei acis sarkanas, pusei — baltas):

|                       |   |                     |
|-----------------------|---|---------------------|
| $P$ ♀ sarkanas acis   | × | ♂ baltas acis       |
| $F_1$ ♀ sarkanas acis |   | ♂ sarkanas acis     |
| $F_2$ ♀ sarkanas acis |   | 50% ♂ sarkanas acis |
|                       |   | 50% ♂ baltas acis   |

Krustojot baltacainu mātīti ar sarkanacainu tēviņu, ar dzimumu saistītā pazīmju skaldišanās novērojama jau  $F_1$  paaudzē (mātītes ar sarkanām acīm, tēviņi — ar baltām).  $F_2$  paaudzē skaldišanās attiecībās 1:1 vērojama gan starp tēviņiem, gan arī starp mātītēm:

|                           |   |                     |
|---------------------------|---|---------------------|
| $P$ ♀ baltas acis         | × | ♂ sarkanas acis     |
| $F_1$ ♀ sarkanas acis     |   | ♂ baltas acis       |
| $F_2$ 50% ♀ sarkanas acis |   | 50% ♂ sarkanas acis |
| 50% ♀ baltas acis         |   | 50% ♂ baltas acis   |

No šo eksperimentu rezultātiem T. Morgans secināja, ka gēni, kas nosaka drozofilas acu krāsu, atrodas X hromosomās, bet Y hromosomā vispār nav gēnu, kas ietekmē šīs pazīmes attīstību. Pazīmes, kuru attīstību noteicošie gēni atrodas dzimumhromosomās (X vai Y), sauc par *pazīmēm, kas saistītas ar dzimumu*.

Līdzīgā veidā kā drozofilas acu krāsa iedzimst X hromosomās lokalizēto gēnu determinētās pazīmes arī citiem organismiem, kuriem heterogametiskais dzimums ir vīrišķais.

Arī cilvēkam zināmas daudzas pazīmes, kas iedzimst saistīti ar X hromosomu, kā, piemēram, daltonisms (recesīva pazīme — nespēja atšķirt sarkano un zaļo krāsu), hemofilija (recesīva slimība, kurai raksturīga pazemināta asins sarecēšanas spēja) u. c.

Tā kā sievietei ir divas X hromosomas, tad tajās lokalizētie dominantie gēni izpaušies gan homozigotiskā, gan arī heterozigotiskā stāvoklī, bet recesīvie — tikai homozigotiskā stāvoklī. Tā kā vīrietim ir tikai viena X hromosoma, tam fenotipiski izpaušies visi X hromosomā esošie gēni (gan dominantie, gan arī recesīvie). No tā kļūst skaidrs, kāpēc sievietes daltoniķes vai hemofiliķes sastopamas daudz retāk nekā vīrieši daltoniķi vai hemofiliķi (sievietēm šīs slimības ir tikai tad, ja attiecīgie gēni ir abās X hromosomās, jo pretējā gadījumā dominantais gēns nomāc recesīvā gēna izpausmi). Tāpēc slimo vīriešu bērniem šī slimība parasti nav novērojama (vīrieši savu vienīgo X hromosomu nodod mātām, kuras no mātes manto otru X hromosomu ar dominanto gēnu), bet var slimot to fenotipiski veselo sieviešu dēli, kuras nes attiecīgo recesīvo gēnu heterozigotiskā stāvoklī. Meita hemofiliķe



var piedzimt, ja tēvs ir hemofiliķis un māte — heterozigotiska hemofilijas gēnu nesēja.

Teorētiski var pieļaut, ka cilvēkam var iedzimt arī tādas pazīmes, ko nosaka Y hromosomā lokalizētie gēni. Tā kā Y hromosoma ir tikai vīriešiem, tad šādas pazīmes būtu novērojamas tikai šī dzimuma pārstāvjiem un tās izpaustos visiem šo pazīmju nesēju dēliem. Visi līdz šim aprakstītie šīs iedzimšanas gadījumi ir apšaubāmi.

## GĒNU SAISTĪBA. KRUSTMIJA

Kā zināms, Mendela trešā likuma (pazīmju neatkarīgās kombinēšanās likuma) citoloģiskais pamats ir nehomoloģisko hromosomu neatkarīga kombinēšanās mejozē. Tā kā gēni ir hromosomās, jāsecina, ka neatkarīgi kombinēties var tikai tie gēni, kas atrodas dažādos hromosomu pāros. Tātad maksimālais gēnu pāru daudzums, kas var neatkarīgi kombinēties, ir vienāds ar hromosomu pāru skaitu. Piemēram, ja drozofilai ir 4 hromosomu pāri, neatkarīgi kombinēties var 4 pazīmju pāri. Bet, tā kā organismu pazīmju (un līdz ar to arī gēnu) skaits ir daudz lielāks par hromosomu pāru skaitu, tad jāsecina, ka vienā hromosomā jāatrodas nevis vienam, bet daudziem gēniem. Tātad Mendela trešā likuma darbība ir ierobežota, tā attiecas tikai uz to gēnu kombinēšanos, kas atrodas dažādos hromosomu pāros.

Gēnus, kas atrodas vienā hromosomā, sauc par *saistītajiem gēniem*. Pazīmes, kuras iedzimst kopā, sauc par *saistītajām pazīmēm*.

**Gēnu saistība** ir gēnu kopēja iedzimšana no paaudzes uz paaudzi. Gēnu saistības materiālais pamats ir hromosoma. Vienas hromosomas gēni veido *saistības grupu*. Saistību grupu skaits atbilst haploidālajam hromosomu skaitam (piemēram, drozofilai — 4).

Apskatīsim, kādas atšķirības novērojamas gametogēnēzē (dzimumšūnu veidošanās procesā) diheterozigotiskam organismam *AaBb* atkarībā no tā, vai šie divi gēnu pāri atrodas vienā vai dažādos hromosomu pāros.

*Ja divi gēnu pāri atrodas dažādos hromosomu pāros*, tad mejozes rezultātā, pārkombinējoties nehomoloģiskajām hromosomām, diheterozigotiskajam organismam *AaBb* veidosies 4 gametu tipi vienādos daudzumos:

$$\begin{array}{l} P \quad \frac{A}{\bar{A}} \frac{B}{\bar{B}} \quad \times \quad \frac{a}{\bar{a}} \frac{b}{\bar{b}} \\ F_1 \quad \frac{A}{\bar{a}} \frac{B}{\bar{b}} \end{array}$$

$$\text{Gametas: } \frac{A}{\bar{A}} \frac{B}{\bar{B}} \quad \times \quad \frac{a}{\bar{a}} \frac{b}{\bar{b}}$$

$$\text{Gametas: } \frac{A}{\bar{A}} \frac{B}{\bar{B}}, \frac{A}{\bar{A}} \frac{b}{\bar{b}}, \frac{a}{\bar{a}} \frac{B}{\bar{B}}, \frac{a}{\bar{a}} \frac{b}{\bar{b}}$$

Ja šie divi gēnu pāri atrodas vienā hromosomu pāri, tad diheterozigotiskais organisms  $AaBb$  radīs tikai divus gametu tipus:

$$\begin{array}{l} P \quad \frac{A B}{A B} \times \frac{a b}{a b} \\ F_1 \quad \frac{A B}{a b} \end{array}$$

$$\text{Gametas: } \underline{A B} \times \underline{a b}$$

$$\text{Gametas: } \underline{A B}, \underline{a b}$$

Tomēr T. Morgans ar līdzstrādniekiem pierādīja, ka šāda pilnīga gēnu saistība novērojama reti. Vairumam organismu pirmās meiotiskās dalīšanās profāzē var notikt apmaiņa starp šajā mejozes stadijā konjugēto homologisko hromosomu identiskajiem rajoniem (precīzāk — apmaiņa starp hromatīdām). Šādu apmaiņu ar homologisko hromosomu identiskiem rajoniem sauc par *krustmiju* jeb *krosingoveru*.

**Krustmija.** XV krāsainajā attēlā attēlota krustmija vienā homologisko hromosomu pāri, kurā lokalizēti 3 gēnu pāri:  $M - m$ ,  $N - n$ ,  $O - o$ . Krustmijas rezultātā gametās bez vecāku gēnu kombinācijām  $MNO$  un  $mno$  novērojamas divas jaunas gēnu kombinācijas  $Mno$  un  $mNO$ .

Tātad krustmijas rezultātā diheterozigota  $\frac{AB}{ab}$  arī veidos 4 gametu tipus:  $\underline{AB}$ ,  $\underline{ab}$ ,  $\underline{Ab}$  un  $\underline{aB}$ . Gametas  $\underline{Ab}$  un  $\underline{aB}$  sauc par *rekombinantām*, jo tās veidojas, pārkombinējoties homologisko hromosomu gēniem. Gametas  $\underline{AB}$  un  $\underline{ab}$  ir *nerekombinantas*. Kaut arī krustmijas rezultātā diheterozigotisks organisms rada 4 gametu tipus, tomēr (atšķirība no gadījuma, kad šie gēnu pāri atrodas dažādos hromosomu pāros) rekombinanto gametu vienmēr veidojas mazāk nekā nerekombinanto.

Krustmijai ir liela evolucionāra nozīme, jo tā nodrošina jaunu gēnu kombināciju rašanos, līdz ar to sniedzot materiālu izlasei.

Krustmija, izmainot vecāku hromosomu sastāvu, ievērojami palielina kāda indivīda iespējamo gametu tipu skaitu. Ja cilvēkam hromosomu dažādu kombināciju (mejozē) rezultātā var izveidoties  $2^{23} = 8\,388\,608$  gametu tipi, tad krustmija šo skaitu tā palielina, ka tam jāpiekrista vēl 23 nulles. Cilvēka dzīves laikā var izveidoties tikai niecīga daļa no tās dzimumšūnu daudzveidības, kuru katrs indivīds varētu dot. Mejozes īpatnības (ieskaitot tās laikā notiekošo krustmiju) ir galvenais iemesls tam, kāpēc divu vienādu cilvēku (izņemot vienas diviņus) uz Zemes nav bijis, nav un arī nebūs.

Daudzu ģenētisku pētījumu rezultātā T. Morgans secināja, ka gēni hromosomās izvietoti lineāri, turklāt krustmijas biežums starp diviem saistītiem gēniem ir pastāvīgs lielums. Ar retiem izņēmumiem krustmija var notikt vienādi bieži jebkurā hromatīdas punktā, un līdz ar to biežums, ar kādu krustmijas rezultātā rekombinējas saistītie gēni, atkarīgs no attāluma starp šiem gēniem — jo tuvāk gēni atrodas viens citam, jo retāk starp tiem var notikt krustmija.



## IEDZIMTĪBAS HROMOSOMĀLĀ TEORIJA

Kad bija noskaidrota hromosomu nozīme ģenētiskajos procesos, T. Morgans varēja formulēt iedzimtības hromosomālo teoriju, kuras galvenās tēzes ir šādas:

1) gēni atrodas hromosomās. Katra hromosoma veido gēnu saistības grupu. Saistības grupu skaits atbilst hromosomu pāru skaitam;

2) gēni hromosomās izvietoti lineāri (cits aiz cita). Katrs gēns hromosomā ieņem noteiktu vietu;

3) pirmās meiotiskās dalīšanās profāzes laikā var notikt apmaiņa starp homologisko hromosomu identiskajiem rajoniem, t. i., krustmija;

4) krustmijas biežums starp gēniem atkarīgs no attāluma starp tiem hromosomā.

Pēc G. Mendela atklātajām pazīmju iedzimšanas likumībām iedzimtības hromosomālās teorijas noformulēšana bija otrais svarīgākais etaps ģenētikas attīstībā.

### ĢĒNU MIJIEDARBĪBA. GENOTIPS KĀ VIENOTA VĒSTURISKI IZVEIDOJUSIES SISTĒMA

Jau drīz pēc pazīmju iedzimšanas likumību otrreizējas atklāšanas novēroja, ka ne vienmēr hibrīdu paaudzēs fenotipiskā skalēšanās notiek tajās attiecībās, kuras aprakstīja G. Mendelis. Viens no šādu noviržu iemesliem bija *ģēnu saistītā iedzimšana*, bet otrs izrādījās *ģēnu mijiedarbība*. Daudzu ģenētisku pētījumu gaitā noskaidroja, ka vairāku organismu pazīmju attīstība ir divu vai vairāku ģēnu mijiedarbības rezultāts. Viens un tas pats gēns var ietekmēt daudzu pazīmju izpausmi, un daudzi gēni var noteikt kādas vienas pazīmes rašanos. Arī dominēšanu var uzskatīt par ģēnu — tieši alēļu ģēnu mijiedarbības veidu. Alēļi ir gēni, kas atbild par vienas pazīmes dažādu variantu attīstību un atrodas homologisko hromosomu identiskos rajonos. Alēles ir dažādas viena gēna alternatīvās formas, kas nosaka pazīmju fenotipisko dažādību. Dominēšanas gadījumā vienas alēles determinētā pazīme pilnīgi nomāc otras pazīmes izpausmi.

Tomēr samērā bieži ir novērojams cits alēļu ģēnu mijiedarbības veids — nepilnīgā dominēšana. Par nepilnīgo dominēšanu sauc tos gadījumus, kad recesīvās alēles heterozigotiskā stāvoklī tomēr izpaužas (formas *AA* un *Aa* fenotipiski atšķiras). Ja pieņemam, ka viena gēna dominantā alēle atbild par noteikta fermenta aktīvas formas sintēzi, bet recesīvā alēle determinē šī paša fermenta daudz mazāk aktīvas formas veidošanos, tad saprotams, ka šis recesīvais gēns lielākā vai mazākā mērā var izpausties

heterozigotiskiem organismiem nepilnīgas dominēšanas veidā. Nepilnīgas dominēšanas piemērs — divu lauvmutišu šķirņu (ar sarkanām un baltiem ziediem) krustošana (XVI krās. att.). Monohibridiskajā krustošanā nepilnīgas dominēšanas gadījumā  $F_2$  paaudzē skaldišanās pēc fenotipa sakrīt ar skaldišanos pēc genotipa — 1:2:1. Ļoti svarīgi ir atklāt heterozigotiskā stāvoklī tos recesīvos gēnus, kas homozigotiskā formā izraisa smagas cilvēka slimības, jo divu heterozigotisku indivīdu laulībā varbūtība piedzimt slimam bērnam ir 25%:

$$\begin{array}{lcl} P & \text{♀} & Aa \times \text{♂} Aa \\ F_1 & & 1 AA : 2 Aa : 1 aa (\text{slimi}) \end{array}$$

Visos līdz šim apskatītajos gadījumos kādas pazīmes noteikšanā piedalījās divi alēlie gēni. Bet daudzos gadījumos gēniem ir iespējamās vairākas alēles — *multiplās alēles*. Multiplās alēles izveidojas viena «izejas» gēna daudzu mutāciju rezultātā. Katram indivīdam no multiplo alēļu sērijas var būt tikai divas alēles. Multiplu alēļu piemērs — alēlie gēni, kas atbild par asins grupu AB0:  $I^0$ ,  $I^A$  un  $I^B$  attīstību. Cilvēkiem ar genotipu  $I^0I^0$  ir pirmā (0) asins grupa, ar genotipiem  $I^A I^A$  un  $I^A I^0$  — otrā (A), ar genotipiem  $I^B I^B$  un  $I^B I^0$  — trešā (B), ar genotipu  $I^A I^B$  — ceturta (AB) asins grupa. Šajā piemērā alēles  $I^A$  un  $I^B$  dominē pār alēli  $I^0$  (dominēšana). Bet cilvēkiem ar genotipu  $I^A I^B$  izpaužas abas šīs alēles. Šādu alēļu gēnu vienādi izteiktu izpausmi heterozigotiskā stāvoklī sauc par *kodominēšanu* (dotajā piemērā alēles  $I^A$  un  $I^B$  ir kodominantas). Tā kā asins grupas iedzimst saskaņā ar Mendela likumiem, tad šo apstākli dažreiz izmanto tiesu medicīnā (piemēram, paternitātes jautājuma izšķiršanā).

Bez šiem apskatītajiem alēļu gēnu mijiedarbības veidiem (dominēšana, nepilnīga dominēšana, kodominēšana) ir zināmi daudzi nealēļu gēnu savstarpējās iedarbības tipi. Visi šie gēnu mijiedarbības veidi izmaina hibridu paaudzes fenotipiskās skaldišanās skaitliskās attiecības (piemērs — skolas mācību grāmatā aprakstītā trušu apmatojuma krāsas iedzimšana). Sīkāk nepieciešams apskatīt tikai vienu nealēļu gēnu mijiedarbības tipu — *kumulatīvo (aditīvo) polimēriju*.

**Kumulatīvās polimērijas** gadījumā pazīmes attīstību nosaka vairāki nealēļu gēnu pāri, turklāt to darbība summējas (katra atsevišķa dominantā gēna ietekme ir neliela). Šis gēnu mijiedarbības tips ir praktiski visu organismu kvantitatīvo pazīmju (vārpa garuma, vitamīnu daudzuma augļos, govju izslaukuma, cilvēka garuma, masas, ādas krāsas, intelekta līmeņa u. c.) attīstības pamatā. Jo lielāks nealēļu gēnu skaits nosaka doto pazīmi, jo sarežģītāka ir skaldišanās  $F_2$  paaudzē un lielāka mainības amplitūda. Bez tam šo pazīmju fenotipisko izpausmi stipri ietekmē arī dažādi ārējās un iekšējās vides faktori.



Apskatisim vienu aditīvās polimērijas piemēru — *kviešu graudu krāsas iedzimšanu*. Kviešu graudu krāsu nosaka divi nealēlo gēnu pāri:  $A_1-a_1$  un  $A_2-a_2$ , turklāt krāsas intensitāte atkarīga no dominanto alēļu skaita: ja genotipā nav nevienas dominantās alēles, graudi ir balti, ja ir viena dominantā alēle, — gaiši dzelteni, ja 2, — dzelteni, ja 3, — sarkandzelteni, ja 4, — tumši sarkandzelteni. Ja vecāku augu krāsa ir tumši sarkandzeltena un balta, tad  $F_2$  paaudzē fenotipiskās skaldīšanās skaitliskās attiecības būs — 1:4:6:4:1 (XVII krās. att.). Tātad aditīvās polimērijas gadījumā dihibridiskā  $F_2$  paaudzē novēro nevis skaldīšanos četrās krasi norobežotās fenotipiskās klasēs, bet gan veidojas pakāpeniska pazīmes variāciju rinda.

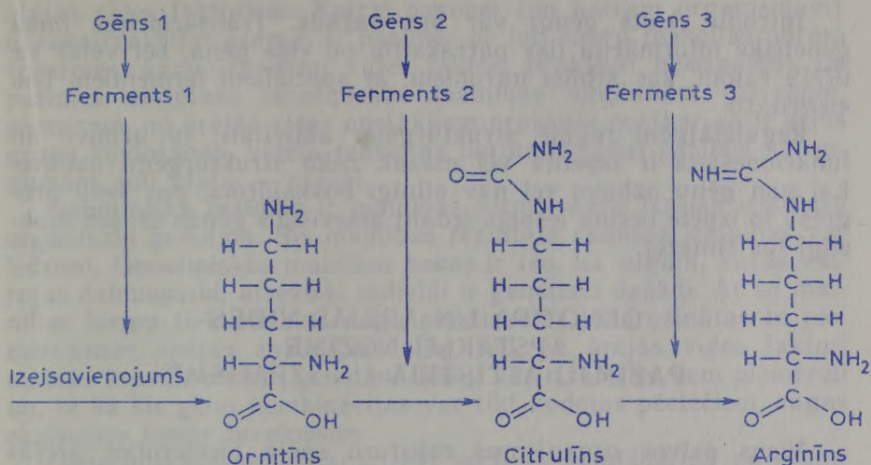
Apskatītie gēnu mijiedarbības piemēri liecina par to, ka daudzu organismu pazīmju attīstība ir atkarīga no vairākiem gēniem. Bet ģenētiskie pētījumi ir pierādījuši arī to, ka gandrīz visi gēni ietekmē daudzu pazīmju attīstību. Šādu parādību — dažādu pazīmju attīstības atkarību no viena un tā paša gēna — sauc par plejotropiju. Piemēram, samērā retas cilvēka patoloģijas — t. s. zirnekļveida pirkstu (tievi, gari pirksti) attīstība atkarīga no gēna, kas nosaka ne tikai šo anomāliju, bet arī izmaiņas acs lēcas uzbūvē, centrālajā nervu sistēmā, locītavu saišu aparātā u. c. Var pieļaut, ka katrs gēns, nosakot kādas noteiktas pamatzīmes attīstību, vienlaikus ietekmē arī daudzu citu pazīmju izpausmi.

Plejotropija, kā arī gēnu mijiedarbība norāda uz to, ka genotipu — organisma ģenētisko konstitūciju — nevar uzskatīt par tā gēnu vienkāršu mehānisku summu. Un, lai gan dažādos hromosomu pāros esošie gēni iedzimst neatkarīgi un krustmijas rezultātā var atdalīties arī vienas hromosomas gēni, tomēr genotips ir vienots vesels, tā ir dinamiska sistēma, kas izveidojusies ilgstošas evolūcijas gaitā. Tātad genotips ir vienota sistēma, kuras atsevišķu daļu darbība ir precīzi saskaņota.

## GĒNI, TO STRUKTŪRA UN FUNKCIJAS

Pēc tam kad tika noskaidrots, ka gēni ir lineāri izvietoti hromosomās, radās jautājums par gēnu ķīmisko uzbūvi. Mūsu gadsimta četrdesmitajos gados tika pierādīta nukleīnskābju loma ģenētiskās informācijas glabāšanā un realizācijā. 1953. gadā Votsons un Kriks atšifrēja DNS molekulas uzbūvi, un izrādījās, ka šīs molekulas uzbūve izskaidroja daudzas ģenētiskā materiāla īpašības. Tagad pierādīts, ka *gēns* — *iedzimtības funkcionālā pamatvienība* — ir DNS (daļai vīrusu — RNS) molekulas rajons, *kuru raksturo specifiska nukleotīdu secība*.

Sakarību starp gēnu, fermentu un pazīmi 1908. gadā pirmo reizi aprakstīja ārsts Garods, balstoties uz vairāku cilvēka iedzimto vielmaiņas slimību novērojumiem. Vēlāk, pētot pelējuma sēnes —



61. att. Arginīna sintēzes shēma.

neirosporas mutantās formas, ģenētiķi Bīdls un Teitums 1940. gadā formulēja hipotēzi, saskaņā ar kuru katrs gēns atbild par noteikta fermenta biosintēzi: «viens gēns — viens ferments».

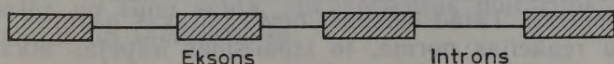
Saistību starp gēnu, tā determinēto fermentu un noteiktu pazīmi, piemēram, bioķīmisku savienojumu, var parādīt arginīna sintēzes shēma (61. att.).

Bet, tā kā gēni atbild arī par tādu olbaltumvielu sintēzi, kas nav fermenti, un liela daļa olbaltumvielu molekulu sastāv no vairākām polipeptīdu ķēdēm (bet katras polipeptīdu ķēdes sintēzi nosaka savs gēns), tad mūsdienu priekšstatu par gēna funkcijām labāk atspoguļo formulējums «viens gēns — viena polipeptīda ķēde».

Daudzi ģenētiskie pētījumi pierādījuši, ka gēna robežās var notikt mutācijas un nukleotīdu rekombinācija. Vidēja lieluma gēnā ir 1000—2000 nukleotīdu. Izšķir *struktūrgēnus* un *regulētāģēnus*.

**Struktūrgēni** kodē polipeptīdu (ar iRNS starpniecību), tRNS vai rRNS sintēzi. Struktūrgēnu skaits dažādu sugu organismiem ir ļoti dažāds. Vairumam daudzšūnu organismu dažu struktūrgēnu skaits genomā var būt ļoti liels (viena un tā paša gēna daudzas kopijas). Cilvēkam aprēķinātais struktūrgēnu skaits ir aptuveni 100 000.

Daudzšūnu organismu struktūrgēnu uzbūve ir sarežģīta. Tie sastāv no divu tipu apakšvienībām: *informatīvās daļas* — *eksoniem*, kas satur informāciju par polipeptīdu, tRNS vai rRNS sintēzi, un *neinformatīvās daļas* — *introniem*, kuru ģenētiskā nozīme vēl pilnīgi nav noskaidrota.





Intronu skaits gēnos var būt dažāds. Transkripcijas laikā ģenētiskā informācija tiek pārrakstīta no visa gēna, bet vēlāk tie iRNS rajoni, kas atbilst introniem, ar speciāliem fermentiem tiek «izgriezti».

**Regulētāģēni** regulē struktūrgēnu aktivitāti; to uzbūve un funkcionēšana ir izpētīta vēl mazāk nekā struktūrgēnu uzbūve. Lai gan gēnu uzbūve vēl nav pilnīgi noskaidrota, par lielu progresu to izpētē liecina iespēja izdalīt atsevišķus gēnus un pat mākslīgi tos sintezēt.

## GENOTIPA UN ĀRĒJĀS VIDES APSTĀKĻU NOZĪME PAZĪMJU ATTĪSTĪBĀ UN IZPAUSMĒ

Visus dzīvos organismus raksturo spēja piemēroties ārējās vides apstākļiem, spēja adaptēties. Vides apstākļi ir gan tādi, kas nemainās vai izmainās ļoti maz, piemēram, gravitācijas spēks, gan tādi, kas variē ļoti plašās robežās, piemēram, temperatūra. Tātad, lai piemērotos apstākļiem, organismiem jābūt ar tādām pazīmēm, kas spētu mainīties apkārtējās vides faktoru ietekmē. To nodrošina tas apstāklis, ka gēni nosaka ne tikai pazīmju attīstības iespēju, bet arī to izpausmju robežas atkarībā no vides apstākļiem.

Daudzi ģenētiskie pētījumi ir pierādījuši, ka visu pazīmju attīstība notiek ciešā organisma genotipa un vides mijiedarbībā. Tikai vienu pazīmju attīstībā lielāka nozīme ir ārējās vides faktoriem, citu — ģenētiskajai konstitūcijai. Arī viena un tā paša genotipa fenotipiskā izpausme dažādos vides apstākļos var būt dažāda. Piemēram, istabas augam primulai 15—20 °C temperatūrā ziedu krāsa ir bāla, 30—35 °C temperatūrā — sarkana.

Ar ārējās vides faktoru iedarbību saistītās izmaiņas pazīmju izpausmē veido *fenotipisko (modifikatīvo) mainību*.

**Fenotipiskā (modifikatīvā) mainība** ir ārējās vides faktoru ietekmē radušās izmaiņas fenotipā. Tā kā šīs izmaiņas skar tikai fenotipu, tās nevar tikt nodotas pēcnācējiem. Dažādos apstākļos viena un tā paša genotipa dažādās fenotipiskās izpausmes veido variāciju rindu. Atliekot uz abscisu ass variantes, bet uz ordinātu ass variantes sastopamības biežumu, t. i., skaitu, kādā konkrētās variantes konstatētas, iegūst variāciju likni. Liknes sastādīšanai jāizvēlas vismaz 100 objekti (modifikatīvās mainības statistiskās likumības sīkāk apskatītas skolas mācību grāmatā). Organismu pielāgošanās spējas nav bezgalīgas, un tāpēc fenotipisko mainību ierobežo reakcijas norma.

**Reakcijas norma** ir robežas, kurās atkarībā no ārējās vides apstākļiem izmainās genotipa fenotipiskās izpausmes (pazīmju modifikatīvās mainības robežas). Un, lai gan pazīmju konkrētās fenotipiskās izpausmes neiedzimst, šo modifikāciju diapazons ir noteikts ģenētiski. Tātad iedzimst nevis gatavas pazīmes, bet gan šo pazīmju reakcijas norma, to izpausmes iespējas atkarībā no

ārējās vides faktoriem. Katrai pazīmei (un katram organismam) ir sava reakcijas norma. Ir pazīmes ar ļoti šauru reakcijas normu (pazīmes, kuru izpausmi vides faktori praktiski neiespaido) un pazīmes ar plašu fenotipiskās mainības amplitūdu. Cilvēkam, piemēram, no ārējās vides apstākļiem praktiski neatkarīga ir asins grupu veidošanās, vidēja reakcijas norma ir tādaī pazīmeī kā augumam, ļoti plaša — masai.

**Genotipiskā mainība** ir mainības forma, kuru izraisa izmaiņas organismu genotipā. Šīs mainības rezultātā radušās izmaiņas var iedzimt. Genotipiskās mainības sekas ir tās, ka sugām, kuras vairojas dzimumiski, atsevišķi indivīdi ir ģenētiski dažādi. Ar šo mainības formu tiek panākts sugu plastiskums, nodrošinātas to piemērošanās spējas apstākļiem. Pat tad, ja ārējās vides faktori mainās krasi, noteiktu genotipu nesēji var izrādīties tiem piemēroti un, tā kā šīs gēnu kombinācijas var tikt nodotas pēctečiem, sugas eksistence tomēr turpināsies.

Genotipiskajai mainībai ir divi veidi — *kombinatīvā* un *mutatīvā mainība*.

Kombinatīvā mainība ir genotipiskās mainības veids, kas saistīts ar ģenētiskā materiāla pārkombinēšanos (gēnu jaunu kombināciju rašanos). Kombinatīvās mainības avoti ir

1) nehomoloģisko hromosomu neatkarīga kombinēšanās mejozē,

2) gēnu rekombinācija krustmijas rezultātā,

3) gēnu dažādu kombināciju iespējas apaugļošanās procesā.

Kombinatīvās mainības rezultātā gēni paši nemainās, bet rodas tikai jau esošo gēnu jaunas kombinācijas, kas līdz ar to arī ir cēlonis indivīdu fenotipu izmaiņām. Tā kā kombinatīvā mainība dod materiālu izlasei, tai ir liela nozīme kā evolūcijā, tā arī selekcijā (kultūraugu vai mājdzīvnieku hibridizācijā).

## MUTATĪVĀ MAINĪBA

Mutatīvā mainība (mutācijas) ir genotipiskās mainības veids, kas saistīts ar izmaiņām ģenētiskajā aparātā. Mutācijas aprakstītas visiem organismiem, un tām ir milzīga nozīme evolūcijā.

Mutāciju klasifikācijas veidi ir vairāki.

**Pēc ģenētiskā materiāla izmaiņu rakstura** izšķir šādus trīs mutāciju veidus:

1) gēnu (punktveida) mutācijas — izmaiņas DNS molekulārajā struktūrā;

2) hromosomu aberācijas — izmaiņas hromosomu uzbūvē;

3) genoma mutācijas — hromosomu skaita izmaiņas (sīkāk šie mutāciju veidi aprakstīti turpmākajā vielas izklāstā).

**Atkarībā no šūnu veida**, kur notikušas mutācijas, tās iedala *generatīvajās* un *somatiskajās*.



Generatīvās mutācijas — mutācijas dzimumšūnās vai arī tajās šūnās, no kurām veidojas dzimumšūnas. Šo mutāciju rezultātā rodas mutanti organismi, un šīs mutācijas var tikt nodotas no paaudzes uz paaudzi.

Somatiskās mutācijas — mutācijas somatiskajās šūnās. Šīs mutācijas aptver tikai kādu organisma daļu, un izmainīto daļu izmēri atkarīgi no tā, kādā organisma attīstības stadijā mutācija ir notikusi. Organismi, kas vairojas dzimumiski, šīs mutācijas nevar nodot pēcnācējiem; šo mutāciju saglabāšana paaudzēs iespējama, tikai veģetatīvi pavairojot izmainīto daļu. Somatisko mutāciju piemēri — plankumi acs radzenē, atsevišķi augļu koka zari ar atšķirīgas krāsas augļiem. Daļa ģenētiķu uzskata, ka somatisko mutāciju uzkrāšanās varētu būt viens no novecošanās un ļaundabīgo audzēju veidošanās iemesliem.

**Atkarībā no izcelsmes veida** mutācijas var iedalīt *spontānās* un *inducētajās*.

Spontānās mutācijas radušās organisma normālos fizioloģiskos apstākļos bez kaut kādu speciālu faktoru iedarbības. Tas gan, protams, nenozīmē, ka šīm mutācijām nav cēloņa. Šīs mutācijas var rasties to ķīmisko savienojumu ietekmē, kas veidojas vielmaiņas procesā, to cēlonis var būt kļūdas DNS replikācijas procesā u. c. Bet parasti katrā konkrētā gadījumā šo mutāciju cēlonis nav zināms. Spontāno mutāciju rašanās biežums atkarīgs no daudziem faktoriem, to skaitā arī no organisma fizioloģiskā stāvokļa, vecuma, genotipa.

Inducētās mutācijas rodas speciālu faktoru iedarbības rezultātā, tās ir mākslīgi izraisītas. Faktorus, kas var izraisīt mutācijas, sauc par *mutagēnajiem faktoriem*, mutāciju rašanās procesu — par *mutagēnēzi*.

**Mutagēnos faktorus** var iedalīt trīs grupās:

1) fizikālie faktori — temperatūra, radiācija, ultravioletais starojums u. c. No šiem faktoriem visaugstākā mutagēnā aktivitāte piemīt visiem radioaktīvā starojuma veidiem;

2) ķīmiskie savienojumi. Mutagēnas īpašības piemīt ļoti daudziem ķīmiskiem savienojumiem, kuru skaits ar katru gadu pieaug — dažādās rūpniecības nozarēs lietojamie vai iegūstamie ķīmiskie savienojumi, pesticīdi, pārtikas produktu dažas piedevas, piemēram, konservanti, daudzi medikamenti, rūpniecības atkritumvielas u.c.;

3) bioloģiskie faktori, piemēram, vīrusi.

Pēdējos gados kļuvis zināms vēl viens genotipiskās mainības faktors — mobilie ģenētiskie elementi. Šie elementi — dažāda izmēra DNS molekulas rajoni — var pārvietoties gēnoma ietvaros, izsaucot mutācijas un izmainot blakus esošo gēnu aktivitāti.

Dzīvo organismu evolūcijas laikā izveidojušies mehānismi, kas nodrošina ģenētiskā materiāla stabilitāti. Šie mehānismi ir sarežģīti, un, iespējams, ka tieši šīs sarežģītības dēļ (kļūdu iespējas dēļ) var notikt izmaiņas genotipā. Tā, piemēram, neskatoties uz DNS molekulas dubultošanās precizitāti, kļūdu varbūtība šajā procesā ir  $10^{-8}$ — $10^{-9}$ . Lai gan šī varbūtība ir maza, tā tomēr nozīmē 1 vai 2 jaunas mutācijas uz katru dzimumšūnu. Gēnu mutāciju gadījumā izmainītā DNS molekulas rajona lielums var būt dažāds. Vismazākais rajons, kura izmaiņas jau var izraisīt mutācijas, ir viens nukleotids. Arī izmaiņu raksturs var būt dažāds: var būt kāda nukleotīda (vai vairāku nukleotīdu) iztrūkums, aizvietoējums ar kādu citu nukleotīdu, lieki nukleotīdi, vai arī var būt izmainīta nukleotīdu secība. Jebkura izmaiņa DNS molekulas kodējošās struktūrās atspoguļojas olbaltumvielu aminoskābju sastāvā vai secībā, līdz ar to izmainot daudzas šīs olbaltumvielas īpašības. Bieži vien pat vienas aminoskābes izmaiņa (viena nukleotīda apmaiņas rezultātā) var būtiski izmainīt kādas olbaltumvielas struktūru un funkcijas. Piemēram, smagas cilvēka ģenētiskās slimības — sirpjveida šūnu anēmijas (raksturīga izmainīta eritrocītu forma, to nestabilitāte) iemesls ir vienas aminoskābes izmaiņa hemoglobīna molekulā (glutamīnskābes vietā valīns), kas savukārt ir viena nukleotīda izmaiņas sekas. Un, tā kā visas organisma bioķīmiskās sistēmas strādā ļoti saskaņoti, tad jau vienas olbaltumvielas izmaiņas var radīt daudzu organismu funkciju traucējumus.

Mutāciju rezultātā gēns pārvēršas par šī paša gēna citu alēli. Ja mutantais gēns attiecībā pret sākotnējo alēli ir dominants, tad šī gēna izplatība populācijā atkarīga no tā fenotipiskās izpausmes. Tā kā mutācijas parasti negatīvi ietekmē evolūcijas gaitā videi labi piemēroto organismu dzīvotspēju, tad šādas mutācijas nesēji ātri izzūd no populācijas. Recesīvās alēles, kas homozigotiskā stāvoklī var izraisīt smagus traucējumus, ilgstoši var saglabāties populācijā heterozigotiskā formā. Dažu gēnu atkārtotu mutāciju rezultātā var izveidoties *multiplās alēles* — viena gēna dažādi varianti, piemēram,  $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow A_4$  utt. Ja šādas mutācijas būtiski nesamazina indivīda piemērošanās spēju apkārtējās vides apstākļiem, tā dzīvotspēju, tad multiplās alēles var samērā plaši izplatīties populācijā, radot vienas un tās pašas pazīmes dažādus izpausmes variantus, kā, piemēram, daudzu eritrocītu antigēnu, hemoglobīna variantus. Multiplās alēles zināmas daudziem cilvēka gēniem, un katru gadu tiek atklātas jaunas alēļu sērijas, kā arī jaunas alēles jau zināmajās sistēmās. Šīs multiplo alēļu sistēmas ir arī viens no iemesliem katra indivīda ģenētiskajai (un savukārt arī bioķīmiskajai, imunoloģiskajai, morfoloģiskajai, fizioloģiskajai) unikalitātei.



Hromosomu aberācijas — izmaiņas hromosomu struktūrā — var būt divējādas: *nelīdzsvarotas* un *līdzsvarotas* (balansētas).

**Nelīdzsvaroto aberāciju** gadījumā ir izmainīts ģenētiskā materiāla daudzums šūnā visbiežāk vai nu kāda hromosomu rajona iztrūkuma — *delēcijas*, vai divkāršošanās — *duplikācijas rezultātā*. Tā kā skartajos hromosomu rajonos atrodas daudzi gēni, tad šīs aberācijas rada lielas izmaiņas organismu fenotipos. Cilvēkam nelīdzsvaroto aberāciju izpausmes veids atkarīgs no skarto hromosomu rajonu lieluma, parasti radot smagus fiziskās un garīgās attīstības traucējumus.

**Līdzsvaroto aberāciju** gadījumā ģenētiskā materiāla daudzums šūnā nav izmainīts, izmainīta ir tikai atsevišķu hromosomu segmentu atrašanās vieta. Piemēram, kādas hromosomas noteikts rajons var būt piestiprināts pie kādas citas hromosomas (translokācija) vai arī hromosomas kāds rajons var būt apgriezts par  $180^\circ$  (inversija). Šīs aberācijas saviem nesējiem nerada izmaiņas fenotipā (jo kopējais gēnu daudzums nav mainījies), neietekmē organismu dzīvotspēju un tādēļ var tikt nodotas nākamajām paaudzēm. Šīs aberācijas ir bīstamas tāpēc, ka tās var būt par iemeslu šo aberāciju fenotipiski veselo nesēju mežozes traucējumiem un arī pēcnācēju patoloģijai nelīdzsvaroto hromosomu aberāciju veidā.

## GENOMA MUTĀCIJAS

Genoma mutācijas — hromosomu skaita izmaiņas — var iedalīt divās grupās: *heteroploidijā* (*aneiploidijā*) un *poliploidijā*.

**Heteroploidija** ir hromosomu skaita izmaiņas, vai nu zaudējot, vai arī iegūstot kādu lieku atsevišķu hromosomu. Visbiežākais šī mutāciju veida rašanās iemesls ir kļūdas mitozē vai mejozē, piemēram, kāda hromosomu pāra abu hromosomu nokļūšana vienā šūnas polā mejozē. Cilvēkam heteroploidija izpaužas ļoti smagu attīstības traucējumu veidā. Šādu mutāciju nesēji parasti mirst drīz pēc piedzimšanas vai arī aiziet bojā jau embrionālajā periodā (fenotipiski vieglāka izpausme ir dzimumhromosomu heteroploidijai).

**Poliploidija** ir hromosomu pilnu haploidālo komplektu skaita palielināšanās — triskāršošanās, četrkāršošanās utt. Piemēram, cilvēkam, kam diploidālais ( $2n$ ) hromosomu skaits ir 46, poliploidijas gadījumā var rasties triploidāli ( $3n$ ) vai tetraploidāli ( $4n$ ) organismi ar hromosomu skaitu attiecīgi 69 vai 92. Cilvēkam poliploidija nav savienojama ar dzīvību (attīstība apstājas jau embrionālajā periodā). Visbiežākais poliploidijas iemesls ir dažādi mitotiskās vārpstas uzbūves vai darbības traucējumi. Poliploidija samērā bieži sastopama augiem, kuriem tā parasti nav kaitīga; to izraisa arī mākslīgi jaunu šķirņu radīšanai (nozīme augu evolūcijā un selekcijā).

## MUTATIVAS MAINĪBAS HOMOLOGO RINDU LIKUMS

Neskatoties uz mutāciju lielo dažādību, tās tomēr ir pakļautas noteiktām likumsakarībām. Un tā 1920. gadā ģenētiķis N. Vavilovs atklāja, ka *ģenētiski tuvām sugām un ģintim raksturīgas līdzīgas genotipiskās mainības formas*, un šo atklājumu formulēja kā genotipiskās mainības homologo rindu likumu. Šim atklājumam ir ne tikai liela teorētiska, bet arī praktiska nozīme. Tas atvieglo selekcijas izejmateriāla meklējumus, jo, zinot, kādas mutācijas sastopamas kādai noteiktai sugai, var paredzēt līdzīgu ģenētisku izmaiņu atklāšanu arī radnieciskām sugām (daži genotipiskās mainības homologo rindu piemēri minēti skolas mācību grāmatā).

Plaši mutāciju pētījumi pierādījuši, ka līdzīgas ģenētiskā materiāla izmaiņas dažreiz novērojamas ne tikai ģinšu un dzimtu, bet arī lielāku sistemātisku grupējumu ietvaros. Tā, piemēram, visās mugurkaulnieku klasēs reģistrēti albinisma (pigmentācijas trūkuma) gadījumi, daudzām zīdītāju sugām novērota hemofilija (asins sarecēšanas ģenētisks defekts). Iedarbojoties uz laboratorijas dzīvniekiem ar dažādiem mutagēniem faktoriem, tiem var ierosināt tādas pašas mutācijas kā cilvēkam. Tāpēc cilvēka ģenētisko slimību pētījumos var lietot noteiktus dzīvniekus.

## EKSPERIMENTĀLĀ MUTAĢENEZE

Ekspperimentāli ierosinātas (inducētas) mutācijas lieto teorētiskos pētījumos (piemēram, ģenētiskā materiāla izmaiņu molekulārā mehānisma atklāšanā), bet tām ir arī liela tautsaimnieciska nozīme. Inducētās mutācijas plaši izmanto selekcijā, jo līdz ar stipri iedarbīgu mutagēnu atklāšanu ir radušās principiāli jaunas iespējas palielināt mainību. Vieni no pirmajiem zinātniekiem, kas izmantoja jonizējošā starojuma iedarbību selekcijas nozarēs, bija ģenētiķi (G. Nadsons — mikroorganismu selekcijā, L. Delone un A. Sapegins — graudaugu selekcijā). Māksligai mutāciju ierosināšanai var izmantot visdažādākos jonizējošā starojuma veidus (parasti rentgenstarus vai gamma starus), dažādus ķīmiskus savienojumus, temperatūras iedarbību. Augstākajiem augiem parasti apstaro sēklas, pumpurus un putekšņus. Veģetatīvi pavairojamiem kultūraugiem apstaro pumpurus un dzinumus, lai tajos ierosinātu dominantas somatiskās mutācijas. Pēdējos gados daudzās valstīs ar inducēto mutaģenēzi iegūts un ieviests lauksaimniecības praksē vairāk nekā 200 jaunu šķirņu: mieži, kvieši, auzas, zirņi, soja, pupiņas, āboliņš, tomāti u. c.

Inducētās mutācijas plaši lieto askusēnu un baktēriju dažādu mutanto formu — antibiotisko vielu, aminoskābju un vitamīnu producentu selekcijā.



## GENOTIPISKĀ MAINĪBA — DABISKĀS UN MĀKSLIGĀS IZLASES MATERIĀLS

Genotipiskajai mainībai — kā kombinatīvajai, tā vēl jo vairāk mutatīvajai mainībai — ir liela nozīme evolūcijā un selekcijā, jo šī mainība dod materiālu izlasei. Spontānās mutācijas rodas nepārtraukti, izmainot visas organisma pazīmes un īpašības. Ģenētiķis S. Četverikovs 1926. gadā, pētot dabiskās populācijas, norādīja uz to piesātinātību ar dažādiem mutantiem gēniem heterozigotiskā stāvoklī. Kombinējoties vecāku gēniem krustošanās gaitā, vienmēr rodas zināms daudzums dzīves apstākļiem maz piemērotu indivīdu. Tomēr šai mutāciju «nastai» ir liela evolucionāra nozīme, tā ir nepieciešama sugu eksistencei, jo, mainoties vides apstākļiem, tie atsevišķu mutāciju nesējiem var izrādīties labvēlīgāki.

### VIDES PIESĀRŅOJUMS AR MUTAGĒNIEM UN TĀ SEKAS

Evolūcijas gaitā izveidojusies tāda spontāna mutāciju intensitāte, kas jaunu mutāciju rašanos populācijā līdzsvaro ar vides apstākļiem mazāk piemērotu indivīdu elimināciju (izslēgšanu, izzušanu). Palielinoties kādā populācijā mutāciju intensitātei, šis dinamiskais līdzsvars tiek izjaukts, un šādai populācijai tās indivīdu skaita samazināšanās dēļ draud bojāeja.

Inducētās mutagēzes problēma kļuvusi ļoti aktuāla mūsdienās, palielinoties fizikālo un ķīmisko mutagēnu daudzumam apkārtējā vidē. Daudzos zemeslodes rajonos augstāks kļuvis radiācijas fons, ievērojami palielināties to cilvēku skaits, kas kontaktē ar dažādiem mutagēniem ķīmiskiem savienojumiem ne tikai rūpniecībā, bet arī ikdienā. Gaisa, ūdens un augsnes piesārņošana ar ķīmiskiem mutagēniem (piemēram, pesticīdiem) ne tikai samazina daudzu savvaļas augu un dzīvnieku populāciju skaitlisko apjomu un dažreiz ir cēlonis to iznīkšanai, bet daudzos gadījumos samazina arī lauksaimniecības augu un dzīvnieku ražīgumu.

Jāatzīmē, ka inducēto mutāciju skaita palielināšanās populācijām ir bīstamāka nekā atsevišķiem indivīdiem. Tā, piemēram, mutāciju skaitam palielinoties divas reizes, risks piedzimt bērnam ar kādu ģenētisku slimību pieaug no 5 līdz 10% (šāds risks atsevišķam indivīdam vēl nav uzskatāms par lielu), bet cilvēcei kopumā tas nozīmē, ka ik gadus dzims 6 miljoni bērnu ar kādu iedzimtu patoloģiju. Bez tam mutāciju skaita palielināšanās nozīmē arī lielāku somatisko mutāciju skaitu — vairāk ļaundabīgo audzēju, biežāku priekšlaicīgu novecošanos utt.

Lai samazinātu vides piesārņojumu ar mutagēniem, nepieciešams rūpniecībā ieviest bezatkritumvielu tehnoloģijas metodes. Ļoti svarīgi ir izstrādāt un ieviest praksē zinātniski pamatotas ķīmisko savienojumu mutagēnā efekta atklāšanas metodes. Milzīga nozīme jonizējošā starojuma un ķīmiskā piesārņojuma samazināšanā ir pieņemtajam ANO lēmumam par kodolizmēģinājumu aizliegšanu atmosfērā, kā arī visas pasaules mieru mīlošo spēku cīņai par kodolbruņojuma samazināšanu.

## ALKOHOLA UN NIKOTĪNA IETEKME UZ CILVĒKA IEDZIMTĪBU

Alkohols, nikotīns un citas narkotiskās vielas iedarbojas uz visām cilvēka orgānu sistēmām, arī uz iedzimtību. Alkohols, kas lietots grūtniecības laikā, var izsaukt bērna fiziskās un garīgās attīstības traucējumus (alkohola embriopātija — trešais biežākais bērnu garīgās attīstības traucējumu iemesls ASV), ļoti lielās devās inducē arī mutācijas. Spēcīgāks mutagēns ir etilspirta noārdīšanās starpprodukts — acetaldehīds, kas spēj ierosināt visu tipu mutācijas: gēnu, genoma un hromosomu aberācijas.

Pēdējo gadu nikotīna mutagēnās darbības pētījumi ir pierādījuši, ka cigaretes satur daudz radioaktīvo elementu, kas, tabakai sadegot, nokļūst plaušās, asinsrites sistēmā un citos orgānos, ierosinot mutācijas, kā arī bojājot organisma imūnās aizsardzības mehānismus. Smēķētājiem vajadzētu domāt arī par sev blakus dzīvojošajiem cilvēkiem («pasīviem» smēķētājiem), kurus viņi pakļauj inducētās mutagēnēzes briesmām.

## CILVĒKA ĢENĒTIKA. ĢENĒTIKAS NOZĪME MEDICĪNĀ

Cilvēka ģenētika ir ģenētikas nozare, kas pēta cilvēka iedzimtības un mainības likumsakarības un kura pēdējos gados ļoti strauji attīstās. Šī interese par cilvēka ģenētiku izskaidrojama gan ar to, ka mēs gribam uzzināt vairāk paši par sevi, gan arī ar to, ka pieaug ģenētisko slimību biežums (4—6% jaundzimušo tiek reģistrēta kāda ģenētiska slimība). Bez tam jāatceras, ka gandrīz visu cilvēka pazīmju (un arī slimību) attīstībā ņem daļību kā vides, tā arī ģenētiskie faktori. Atklājot indivīdus, kuriem ir ģenētiska nosliece uz noteiktas slimības rašanos, būtu iespējams viņiem ieteikt dzīvesveidu, režīmu, diētu, varbūt pat profesiju, kas novērstu saslimšanu.

Cilvēka ģenētikas pētījumos lieto daudz dažādu metožu, kas kompensē cilvēka kā ģenētisko pētījumu objekta trūkumus (galvenie «trūkumi» — ilgs mūžs, mazs pēcnācēju skaits, hibrido-



loģiskās metodes lietošanas neiespējamība). Biežāk lietotās metodes cilvēka ģenētikā ir *ciltskoku* (kādas pazīmes iedzimtības analīze veselā dzimtā), *dviņu*, *citoģenētiskā* (hromosomu mikroskopiskie pētījumi), *populāciju statistiskā* (pazīmju izplatības analīze lielās ļaužu grupās), *somatisko šūnu ģenētikas metodes* (to skaitā somatisko šūnu hibridizācija — atšķirīgu vienas vai dažādu sugu pārstāvju somatisko šūnu «saplūdināšana»), *molekulārās bioloģijas metodes* (piemēram, nukleotīdu secības analīze nukleīnskābēs). Cilvēks pašlaik jau ir viens no vislabāk izpētītajiem ģenētiskajiem objektiem (līdzās drozofilai, dažiem vīrusiem un baktērijām). Ir kartēti daudzi gēni visās cilvēka hromosomās; noskaidrots, kā iedzimst daudzas pazīmes un slimības (vai nosaka dominants vai recesīvs gēns, vai gēns atrodas X hromosomā vai kādā autosomu pāri utt.). Izstrādātas metodes vairuma ģenētisko slimību ārstēšanai, kā arī savlaicīgai atklāšanai. Bieži vien savlaicīgi sākt ārstēšana (dažos gadījumos pietiek tikai ar speciālu diētu) novērš slimības izpausmes.

Ievērojami panākumi ir ģenētisko slimību profilaksē: iespējams atklāt daudzus recesīvo slimību izraisītājus gēnus heterozigotiskā stāvoklī, dažas iedzimtās patoloģijas formas (piemēram, visas hromosomālās slimības) var konstatēt jau auglim mātes organismā, bet galvenais — radītas medicīniski ģenētiskās konsultācijas. Šajās konsultācijās (tāda ir arī Rīgā) kvalificēti ārsti ģenētiķi sniedz informāciju par to, cik liels ir kādas noteiktas slimības iedzimšanas risks bērnam, palīdz noskaidrot, vai dotā patoloģija ir iedzimta vai arī tā radusies ārējās vides apstākļu ietekmē utt. Tātad, lai noskaidrotu visus jautājumus par mūsu vai mūsu pēcnācēju iedzimtību, jāgriežas medicīniski ģenētiskajā konsultācijā.

## SELEKCIJAS ĢENĒTISKIE PAMATI

### SELEKCIJA KĀ ZINĀTNE

Lai gan jēdziens «selekcija» tulkojumā nozīmē «izlase», selekcijas saturs ir daudz plašāks. Par selekciju var runāt ne tikai kā par zinātnes nozari, bet arī kā par tautsaimnieciskās ražošanas nozari un arī kā par mākslu.

Selekcija kā zinātnes nozare pēta cilvēka vadītās sugu evolūcijas specifiskās likumsakarības, izstrādā metodes, kas dod iespēju radīt jaunas un uzlabot esošās augu, dzīvnieku un mikroorganismu formas. Selekcija kā zinātne radās tikai XIX gs. otrajā pusē, balstoties uz Č. Darvina mācību par mainības, iedzimtības un mākslīgās izlases nozīmi evolūcijā. Mūsdienu selekcijas teorētiskais pamats ir ģenētika, jo racionāli plānot selekcijas pasākumus var, tikai zinot pazīmju iedzimšanas un mainības likumsakarības. Selekcija ir viena no vissvarīgākajām ģenētikas li-

kumu praktiskās izmantošanas sfērām. Tā kā selekcija ir patstāvīga zinātnes nozare, tad tai bez saviem uzdevumiem ir arī savi pētījumu objekti un pētīšanas metodes.

Selekcija kā tautsaimnieciskās ražošanas nozare praktiski rada jaunas vai uzlabo cilvēkam vēlamā virzienā esošās augu, dzīvnieku un mikroorganismu formas.

Ļoti bieži selekcijā var atrast arī mākslas elementus, par ko liecina daudzas dekoratīvās augu un dzīvnieku šķirnes.

Tātad galvenais selekcijas mērķis ir augstražīgu dzīvnieku un augu šķirņu un mikroorganismu celmu radīšana, kā arī jau esošo formu uzlabošana.

Par dzīvnieku vai augu šķirni sauc īpatņu kopumu (populāciju), kuru mākslīgi radījis cilvēks un kurai piemīt tikai tai raksturīgās iedzimstošas īpašības. Tā, piemēram, gaļas šķirņu govīs ar daudzām pazīmēm atšķiras no piena šķirņu govīm, olu virziena vistas — no gaļas šķirņu vistām utt. Katras šķirnes īpašības vispilnīgāk izpaužas tikai noteiktos klimatiskajos, barošanas, audzēšanas apstākļos. Tādēļ šķirnes, kas izaudzētas vienā valstī vai vienos klimatiskajos apstākļos, ne vienmēr ir piemērotas citu valstu vai citiem klimatiskajiem apstākļiem.

Selekcijas nozīme tautsaimniecībā ir milzīga, jo selekcija spēj ievērojami paaugstināt lauksaimnieciskās ražošanas efektivitāti, kas ir nepieciešams noteikums iedzīvotāju apgādei ar kvalitatīviem pārtikas produktiem pietiekamā daudzumā. Tieši šī apstākļa dēļ, izstrādājot Latvijas Zemkopības attīstības projektu, ir jāpievērš liela uzmanība selekcijas attīstībai. Nepieciešams radīt jaunas, vēl ražīgākas augu un dzīvnieku šķirnes, tādas šķirnes, kuras būtu piemērotas modernās lauksaimniecības tehnoloģijas lietošanai.

## AUGU UN DZĪVNIEKU SELEKCIJAS GALVENĀS METODES

### SELEKCIJAS IZEJMATERIĀLA IZVELE

#### N. VAVILOVA ATKLĀTIE KULTURĀUGU IZCELSANĀS CENTRI

Lai sekmīgi varētu izveidot jaunas augu un dzīvnieku šķirnes, selekcionāriem nepieciešams ļoti plašs, daudzveidīgs izejmateriāls — dažādas augu un dzīvnieku sugas. Jo daudzveidīgāks ir selekcijas izejmateriāls, jo lielākas iespējas rodas izlasei un hibridizācijai. Ilgu laiku selekcijas izejmateriālu ieguva tikai no vietējām augu un dzīvnieku populācijām, kas dabiskās izlases rezultātā ir ļoti pielāgotas vietējiem apstākļiem. Tomēr šīs vietējais izejmateriāls ne vienmēr var apmierināt augošās prasības pēc lauksaimniecības produkcijas daudzuma un kvalitātes. Tāpēc efektīvam selekcijas darbam vajadzīgās formas tiek meklētas visos zemeslodes rajonos. Ievērojamais ģenētiķis N. Vavilovs izstrādāja principus, pēc kuriem var atrast tos rajonus, kur atsevišķu augu vai dzīvnieku šķirņu daudzveidība ir vislielākā.



Pasaules augu valsts resursu izpēte, daudzu ekspedīciju dati deva N. Vavilovam iespēju atklāt svarīgākos kultūraugu izcelšanās centrus pasaulē. Nosakot sugu izplatības rajonus, izpētot to dažādību, viņš noskaidroja kultūraugu izcelšanās primāros un sekundāros centrus. Primārie centri sakrīt ar senajiem civilizācijas centriem un senajām augu audzēšanas vietām, bet sekundārie centri — ar turpmākās zemkopības kultūras attīstības rajoniem. Izrādījās, ka vislielākā genotipiskā mainība, vislielākā šķirņu daudzveidība sugām ir to izcelšanās centros.

N. Vavilovs izdalīja 8 galvenos pasaules kultūraugu izcelšanās centrus (tropiskais, Dienvidāzijas, Austrumāzijas, Dienvidrietumāzijas, Vidusjūras, Abesīnijas, Centrālamerikas un Andu centrs). Ziņas par kultūraugu izcelšanās centriem atvieglo selekcionāriem vajadzīgā izejmateriāla sameklēšanu, jo tieši šajos centros ir vislielākā iespēja atrast visdažādākos genotipus. Pateicoties N. Vavilova un viņa līdzstrādnieku darbam, tika savākta ļoti bagāta pasaules kultūraugu kolekcija, kas arī tagad ir lielsks izejmateriāls jaunu šķirņu radišanā.

Jāatzīmē, ka selekcijas interesēs ir saglabāt visas mūsdienās eksistējošās augu un dzīvnieku sugas. Reto, izzūdošo sugu genotipus var saglabāt, zemā temperatūrā ilgstoši uzglabājot šūnu kultūras, dzimumšūnas un embrijus.

#### MĀKSLIGĀ IZLASE

Selekcijas galvenā metode ir mākslīgā izlase. Izšķir divas selekcijā lietojamās mākslīgās izlases formas — *masveida izlasi* un *individuālo izlasi*. Izlasi lieto ne tikai jaunu šķirņu radišanai, bet arī selekcijā jau iegūto rezultātu saglabāšanai.

**Masveida izlasi** lietoja jau senatnē, tādējādi radot vairākumu kultūraugu šķirņu. Arī mūsdienās šis izlases veids bieži vien dod labus rezultātus; to visbiežāk lieto svešapputes augu selekcijā.

Lietojot masveida izlasi, no izejmateriāla, nepārbaudot atsevišķu indivīdu genotipus, tālākai pavairošanai atlasa īpatņu grupu, kurai piemīt vēlamās fenotipiskās īpašības (*pozitīvā izlase*), vai arī izbrāķē atsevišķos mazražīgos indivīdus (*negatīvā izlase*). Šāda veida izdalītais materiāls genotipiski nav viendabīgs, jo fenotipiski vienādie īpatņi pēc saviem genotipiem var būt dažādi. Šī izlases veida iedarbība ir lēna, jo heterozigotisko indivīdu pēcnācējos vienmēr būs novērojama pazīmju skaldīšanās. Lai ar masveida izlasi iegūtajām šķirnēm uzturētu vajadzīgās pazīmes, izlase jāatkārto.

**Individuālo izlasi** visbiežāk lieto pašapputes un veģetatīvi vairojamo augu, kā arī dzīvnieku selekcijā. Lietojot individuālo izlasi, no izejmateriāla izvēlas atsevišķus īpatņus, kurus vērtē pēc to pēcnācēju vai citu tuvāko radu individuālajām īpašībām (genotipu analīze). Individuālā izlase ir visdrošākais līdzeklis, lai selekcijā novērtētu un atlasītu noteiktus genotipus.

Pašapputes augiem individuālajā izlasē var iegūt šķirni ar vienu vai vairākām tīrām līnijām (sk. «Radnieciskā krustošana»).

Augiem, kas vairojas veģetatīvi, lai izveidotu šķirni, var saglabāt un pavairot jebkuru īpatni (arī heterozigotu), kuram piemīt vēlamās īpašības.

Mājdzīvnieku selekcija parasti ir saistīta ar saimnieciski vērtīgu vaislinieku izvēli. *Vaislinieku vērtēšanas metodes* ir vairākas: 1) pēc paša vaislinieka fenotipa; 2) pēc viņa izcelsmes datiem; 3) pēc sībsu (brāļu — māsu) fenotipiem; 4) pēc paša indivīda pēcnācējiem. Pazīmju, kuru attīstību nosaka vairāki nealēlo gēnu pāri un kuru izpausmi lielā mērā iespaido vides apstākļi, vērtēšanu vislabāk veikt pēc indivīda pēcnācējiem. Lietojot šo metodi, pārbaudāmā vaislinieka pēcnācēju produktivitāti salīdzina vai nu ar viņu māšu produktivitāti tādā pašā vecumā, vai arī ar citu tā paša ganāmpulka līdzīga vecuma dzīvnieku produktivitāti. Ja pārbaudāmā indivīda pēcnācējiem ir labāki rādītāji, viņus atstāj vaislai, ja ne, — izbrāķē.

Individuālās izlases nozīme dzīvnieku selekcijā ievērojami palielinājusies pēc mākslīgās apsēklošanas plašas ieviešanas lopkopības praksē (no viena vaislinieka iegūst simtiem un tūkstošiem pēcnācēju).

Jāatceras, ka jebkura izlases forma ir efektīva tikai genotipiski atšķirīgu indivīdu populācijās. Tīrās līnijās (genotipiski vienādu īpatņu grupās) izlase nav efektīva.

Piemērs izlases sekmīgai lietošanai jaunu šķirņu radišanā ir *saulgriežu selekcija*. Slavenais selekcionārs V. Pustovoits, strādādamas daudzus gadus ar saulgriežēm, palielināja saulgriežu sēklesnos eļļas daudzumu no 29,4 % (1944. g.) līdz 54,8 % (1976. g.). Šis šķirnes tagad audzē visā pasaulē.

Protams, vienlaikus ar mākslīgo izlasi selekcijas gaitā turpina darboties arī dabiskā izlase, tā uzlabojot augu un dzīvnieku šķirņu pielāgotību vides apstākļiem.

#### HIBRIDIZĀCIJA

Zinot atsevišķu pazīmju iedzimšanas likumsakarības, selekcionāri ar krustošānu var vēlamās pazīmes apvienot vienā indivīdā vai arī atbrīvoties no nevēlamām pazīmēm. Visbiežāk šādā veidā apvieno atsevišķām augu vai dzīvnieku šķirnēm piemītošās iedzimstošās pazīmes. Pakāpeniski šķirņu krustošanas un tai sekojošas mērķtiecīgas izlases rezultātā tiek radīti jauni genotipi. Tā, piemēram, ievērojamais selekcionārs P. Lukjaņenko radija augstvērtīgu ziemas kviešu šķirni 'Bezostaja-1', krustojot dažādas pēc ģenētiskajām īpašībām atšķirīgas šķirnes un kombinējot to vērtīgās iedzimstošās pazīmes.



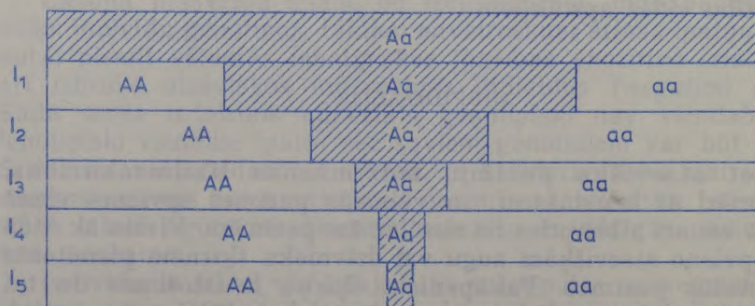
Augu un dzīvnieku selekcijā lieto dažādus krustošanas veidus: *radniecisko krustošanu* — *inbrīdingu*, *neradniecisko krustošanu* — *autbrīdingu* un *attālo hibrizāciju*. Jāatceras, ka ļoti svarīga šajā darbā ir izejformu rūpīga atlase, izmantojot visdažādākās selekcijas un ģenētikas metodes.

### Radnieciskā krustošana

Par radniecisko krustošanu jeb inbrīdingu sauc tādu īpatņu krustošanu, kuriem ir tuva radniecības pakāpe (vecāki — bērni, vienu vecāku pēcnācēji utt.). Augu valstī vistuvākā radnieciskā krustošanās notiek pašapputes augiem, kā arī svešapputes augiem piespiedu pašapputes gadījumā. Inbrīdingam ir vairākas ģenētiskās sekas.

1. Ģēni, kas izejformā atradās heterozigotiskā stāvoklī, pāriet homozigotiskā stāvoklī. Kā piemēru apskatīsim pašapputekšņšanos augam, kas ir heterozigotisks attiecībā uz vienu gēnu pāri  $A-a$ . Ja visu trīs iespējamo pēcnācēju genotipu ( $AA$ ,  $Aa$  un  $aa$ ) nesēju dzīvotspēja un auglība ir vienāda, tad  $F_1$  genotipu skaldīšanās notiks šādās attiecībās: 25%  $AA$ , 50%  $Aa$ , 25%  $aa$ . Tā kā genotipa  $Aa$  nesēju pēcnācējos atkal notiks skaldīšanās, tad  $F_2$  būs novērojamas šādas genotipu attiecības: 37,5%  $AA$ , 25%  $Aa$ , 37,5%  $aa$ ;  $F_3$  — 43,75%  $AA$ , 12,5%  $Aa$ , 43,75%  $aa$ ;  $F_4$  — 46,875%  $AA$ , 6,25%  $Aa$ , 46,875%  $aa$ . Homozigotisko un heterozigotisko formu skaitlisko attiecību izmaiņa inbrīdinga gaitā grafiski parādīta 62. attēla.

Pašapputekšņšanās gadījumā jau 10. pēcnācēju paaudzē notiek praktiski visu gēnu homozigotizācija. Krustojot vecākus ar pēcnācējiem vai arī vienu vecāku bērnus savā starpā, tāds homozigotizācijas līmenis tiek sasniegts vēlāk — starp 20. un 25. paaudzi. Jāatzīmē gan, ka pilnīga (100%) homozigotizācija nav



62. att. Populācijas pārveidošanās pēc inbrīdinga (homozigotu un heterozigotu skaitlisko attiecību dinamika, ja skaldīšanās notiek pēc viena alēļu pāra):

$I$  — inbrīdinga paaudze.

iespējama, jo nepārtraukti notiekošās mutācijas vienmēr rada zināmu daudzumu heterozigotu organismu.

2. Selekcijas izejmateriāls — parasti ģenētiski nevienādīga populācija — tiek sadalīta dažādu genotipu tīrās līnijās. Par tīru līniju sauc atsevišķa indivīda visus genotipiski vienādos pēcnācējus. Tīrās līnijas var būt tikai homozigotiskas, jo heterozigotu pēctečos būtu novērojama genotipiskā un fenotipiskā skal-dišanās. Ja, piemēram, populācija, kuru izmanto radnieciskajai krustošanai, ir heterozigotiska pēc viena gēnu pāra ( $A-a$ ), tad atkārtota inbrīdinga rezultātā tā sadalīsies divās tīrajās līnijās ( $AA$  un  $aa$ ). Ja populācija ir heterozigotiska pēc diviem gēnu pāriem ( $A-a$  un  $B-b$ ), tad tā sadalīsies četrās līnijās ( $AABB$ ,  $AAbb$ ,  $aabb$  un  $aabb$ ). Populācija, kas heterozigotiska pēc  $n$  gēnu pāriem, sadalīsies  $2n$  dažādās homozigotiskās līnijās.

Jau sen novērots, ka inbrīdinga rezultātā kā augiem, tā arī dzīvniekiem bieži pavājinās dzīvotspēja, pazeminās produktivitāte, samazinās izturība pret slimībām utt. Šis inbrīdinga negatīvās izpausmes bieži sauc par *depresiju*. Viens no galvenajiem radnieciskās krustošanas nelabvēlīgās ietekmes iemesliem ir tas, ka inbrīdinga gaitā dažādās kaitīgās recesīvās mutācijas pāriet homozigotiskā formā un iegūst fenotipisku izpausmi.

Neraugoties uz radnieciskās krustošanas parasti nelabvēlīgo ietekmi, to tomēr samērā bieži lieto selekcijā. Ar inbrīdingu no populācijas var izdalīt tīras līnijas ar atsevišķām selekcijai vajadzīgām pazīmēm. Sakrustojot vēlāk dažādu tīro līniju pārstāvjus, kuriem ir derīgās īpašības (līniju hibridizācija), var samazināt vai pat pilnīgi likvidēt inbrīdinga kaitīgo ietekmi (sk. «Neradnieciskā krustošana»).

Jāatceras gan, ka ne vienmēr radnieciskās krustošanas sekas ir organismu dzīvotspējas pavājināšanās. Tiem indivīdiem, kuru genotipos nav kaitīgu recesīvu gēnu, inbrīdings nav bīstams. Daudzas augu sugas (kvieši, auzas, zirņi, tomāti u. c.) vairojas galvenokārt vai vienīgi ar pašapputi. Šajos gadījumos pašapputei evolūcijas gaitā izveidojies pielāgotības raksturs un tā vislabāk garantē vairošanos.

### Neradnieciskā krustošana

Par neradniecisku krustošanu jeb autbrīdingu sauc tādu krustošanas veidu, kad krustojamiem īpatņiem nav kopīgu senču iepriekšējās 4—6 paaudzēs. Visbiežāk šajā gadījumā vecāku formas ir cēlušās no ģenētiski dažādām populācijām. Ar neradniecisko krustošanu var kombinēt dažādu īpatņu vērtīgās pazīmes, lai radītu jaunas augu vai dzīvnieku šķirnes. Krustojot neradnieciskus īpatņus, kaitīgās recesīvās mutācijas no homozigotiskā stāvokļa pāriet heterozigotiskā stāvoklī, tādējādi parasti paaugstinot hibridu dzīvotspēju un produktivitāti. Šo parādību — hibridu



augstāku ražīgumu un lielāku dzīvotspēju salīdzinājumā ar vecāku formām — sauc par heterozi. Heterozes efekts visspilgtāk izpaužas hibrīdu pirmajā paaudzē, turpmākajās paaudzēs pakāpeniski samazinoties. Sevišķi spēcīgi heteroze izpaužas, krustojot dažādu tiro līniju pārstāvjus savā starpā.

Kaut arī heterozes efekts pazīstams kopš seniem laikiem, tā cēloņi vēl ir neskaidri. Domā, ka šai parādībai ir 3 galvenie iemesli:

- 1) kaitīgie recesīvie gēni, kas vecāku formās bieži ir homozigotiskā stāvoklī, hibrīdos ir heterozigotiskā stāvoklī un zaudē savu kaitīgo efektu;

- 2) hibrīdos summējas vecāku formu derīgo nealēlo dominanto gēnu darbība;

- 3) dažiem gēniem heterozigotiskā forma ir pārkāpa par homozigotiskām.

Heterozes parādību plaši izmanto kā augu (kukurūzas, sorgo, saulgriežu, cukurbiešu, tomātu u. c.), tā arī dzīvnieku (zīdtaurīņu, cūku, vistu u. c.) selekcijā, palielinot ražīgumu vidēji par 25—30%. Kukurūzu tagad galvenokārt audzē tikai no hibrīdām sēklām. Lai iegūtu hibrīdās sēklas, vispirms no labākajām šķirnēm izveido daudz tiro līniju, kuras pēc tam savstarpēji krusto. Līniju hibrīdus pirmajā paaudzē novērtē pēc heterozes efekta. Pēc tam, vadoties no šī rādītāja, atlasa līnijas ar labāko kombinatīvo spēju un tās pavairo lielos apjomos hibrīdo sēklu ieguvei.

### Attālā hibridizācija

Par attālo hibridizāciju parasti sauc dažādu sugu pārstāvju krustošanu (neradnieciskās krustošanas veids). Dažreiz ar šo terminu apzīmē arī ģeogrāfiski attālu formu krustošanu.

Attālo hibridizāciju bieži apgrūtina šo attālo formu fizioloģiskā nesakrustojamība, piemēram, neatbilstoša dzīvnieku dzimumorgānu uzbūve. Vairumā gadījumu šie attālie hibrīdi ir neauglīgi, jo vecāku hromosomu atšķirību rezultātā tiem var būt apgrūtināta vai pat neiespējama normāla mejozes norise.

Tomēr selekcionāri izstrādājuši paņēmienus, ar kuriem izdodas pārvarēt attālo formu fizioloģisko nesakrustojamību, un dažreiz viņi pat panāk starpsugu hibrīdu normālu vairošanos. Labs selekcionāru sasniegumu piemērs ir ģenētiķa G. Karpečenko radītais rutku un kāpostu hibrīds. Šī hibrīda sākotnējā forma bija neauglīga, jo vecāku hromosomu atšķirību dēļ normāla mejoze tam nebija iespējama. Tomēr G. Karpečenko izdevās divkārtot hibrīda hromosomu skaitu, un tā kļuva iespējama normāla hromosomu konjugācija mejozē (kāposta hromosomas konjugēja savā starpā tāpat kā rutka hromosomas). Tā tika radīts auglīgs starpsugu hibrīds.

Liela nozīme attāļajai hibridizācijai ir augu selekcijā. To plaši izmantoja I. Mičurins, L. Berbanks un citi selekcionāri, lai izaudzētu augļu koku un krūmu šķirnes, kas sevī apvienotu tās derīgās īpašības, kuras novērojamas dažādām augu sugām un šķirnēm (labas garšas īpašības, augsts ražīgums, salcietība, izturība pret slimībām u. c.). Ar attālo hibridizāciju ģenētiķim selekcionāram N. Cicinam 1930. gadā izdevās radīt sugu, kas apvieno kviešu augsto ražību un graudu labo kvalitāti ar vārpatas salcietību un sausumizturību. I. Mičurins, lietojot attālo hibridizāciju, ieguva ķirša-ievās, aprikozes-plūmes un citus hibrīdus. Tā kā dabiskos apstākļos šie mātesaugi nevar tikt apaugļoti ar svešas sugas augu putekšņiem, tad I. Mičurins izstrādāja vairākas metodes šī šķēršļa pārvarēšanai: iepriekšējās veģetatīvās tuvināšanas, starpnieka un putekšņu maisījuma metodes.

Attālo hibridizāciju lieto arī dzīvnieku selekcijā, turklāt heterozes efekta dēļ saimnieciski nozīmīgi ir arī neauglīgie hibrīdi, kā, piemēram, mūli (ķēves un ēzeļa hibrīds), vienkuprainā un divkuprainā kamieļa hibrīdi u. c. Krustojot merinaitas ar savvaļas kalnu aunu — arharu, iegūta jauna smalkvilnas aitu šķirne — Kazahijas arharomerinaitas, kas labi piemērotas augstkalnu ganībām (šīs šķirnes radišanā lieli nopelni ir arī mūsu republikas ģenētiķim J. Lūsim).

Pēdējā laikā attāļajā hibridizācijā radušās iespējas arī atsevišķu hromosomu vai to daļu (ar derīgajiem gēniem) pārņemšanai uz citu genomu.

#### POLIPLOIDIJA SELEKCIJĀ

Augu selekcijā ļoti vērtīgs mainības avots ir poliploidija. Jau senatnē, nesaprotot pašu poliploidijas parādību, tā sen tika izmantota tādu vērtīgu kultūraugu kā kviešu, auzu, kokvilnas, kartupeļu izaudzēšanā. Izpētot poliploidijas parādību, kļuvusi iespējama mērķtiecīga šī mainības avota izmantošana augu selekcijā. Ar katru gadu pieaug mākslīgi radīto poliploīdu skaits. Izstrādātas vairākas eksperimentālas poliploīdu iegūšanas metodes. Poliploidālajiem augiem sakarā ar šūnas un šūnas kodola palielināšanos parasti novērojami lielāki paša auga vai atsevišķu tā daļu izmēri. Šie augi ir arī ražīgāki un izturīgāki pret slimībām. Bez tam poliploidija paplašina mainības ietvarus (lielāks gēnu skaits var būt heterozigotiskā stāvoklī). Aizvien plašāk lauksaimniecības praksē ievieš tādus kultūraugus kā tetraploidālos ( $4n$ ) rudzus, heksaploidālos ( $6n$ ) kviešus, poliploidālos tomātus, prosu, griķus, cukurbietes, āboliņus, ābeles u. c. Tetraploidālais āboliņš salīdzinājumā ar diploidālo formu dod 40—60% lielāku zaļmasas daudzumu. Triploidālo cukurbiešu sakņu raža ir par 10—20% lielāka, cukura daudzums saknēs — par 0,5—1,0% lielāks nekā diploidālām formām.



Dzīvnieku selekcijā poliploīdiju praktiski neizmanto. Poliploidālās formas mākslīgi iegūtas tikai zīdtauriņiem un dažām abinieku sugām.

Radot dažādas selekcijas izejmateriāla formas, selekcijā liela nozīme ir arī inducētajai mutāģenēzei (sk. iepriekš).

## SELEKCIJAS DARBS LATVIJĀ

Latvijas Republikā augu selekcijas darbā piedalās Latvijas Valsts Zemkopības zinātniskās pētniecības institūts «Agra» un selekcijas un izmēģinājumu stacijas (SIS):

1) Valsts Priekuļu SIS — vecākā šāda tipa iestāde mūsu valstī, dibināta 1913. gadā. Galvenie darba virzieni — kartupeļu, miežu, zirņu, stiebrzāļu selekcija. Izaudzēta augstražīga kartupeļu šķirne 'Laimdota', zirņu šķirne 'Rota';

2) Valsts Štendes SIS — galvenie darba virzieni ir miežu, ziemas kviešu un auzu selekcija. Izaudzēta augstražīga lopbarības miežu šķirne 'Abava', kas maz veldrējas;

3) Valsts Mežotnes SIS — galvenais darba virziens ir cukurbiešu selekcija;

4) Valsts Viļānu SIS — nodarbojas galvenokārt ar linu šķirņu salīdzināšanu un sēklkopību;

5) Valsts Lejaskurzemes IS — veic lopbarības sakņaugu un kacenkāpostu selekciju;

6) Valsts Pūres dārzkopības IS (DIS) — nodarbojas ar heterozo dārzeņu un zemeņu selekciju;

7) paju sabiedrība «Kārļi» — galvenie darba virzieni ir lauka dārzeņu un garšaugu selekcija, kā arī graudaugu sēklkopība;

8) Valsts augļkopības selekcijas saimniecība «Iedzēni» — veic augļu koku selekciju;

9) Valsts Dobeles augļkopības izmēģinājumu saimniecība — nodarbojas ar augļaugu un krāšņumaugu selekciju, kā arī ar āboliņa sēklkopību.

Selekcijas darbs ar atsevišķām sugām tiek veikts arī Latvijas Nacionālajā botāniskajā dārzā, LU Botāniskajā dārzā, Latvijas Lauksaimniecības universitātē un citur.

No ievērojamākajiem mūsu republikas selekcionāriem vajadzētu atcerēties Dobeles selekcionāru P. Upīti, kuram bija lieli sasniegumi augļu koku un dekoratīvo augu selekcijā.

Meža koku sugu ģenētikas pētījumi un selekcijas darbs notiek Latvijas Valsts Mežzinātnes institūtā «Silava». Mežu pētīšanas stacijā «Kalsnava» veikti introducēto koku sugu stādījumi, kas kļūs par bāzi šo kokaugu sēklu ražošanai.

Dzīvnieku selekcijas darbā piedalās Latvijas Valsts Lopkopības un veterinārijas zinātniskās pētniecības institūts «Sigra», Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultāte, Valsts lopkopības izmēģinājumu stacijas «Lielplatone», «Aiviekste», «Latgale»,

«Jaunpils», Valsts zinātniskās pētniecības saimniecība «Sigulda», Valsts zinātniskās pētniecības agrofirma «Krimulda» un citas iestādes. Šo iestāžu darbs vērsts galvenokārt uz mūsu valsts dzīvnieku šķirņu uzlabošanu (piemēram, 'Latvijas brūnās' govīs, 'Latvijas tumšgalves' aitas, 'Latvijas baltās' cūkas). Jāatzīmē arī uz šo iestāžu bāzes radītā sistēma «Selekss», ar kuru apkopotī un uzskaitīti ciltslietu dati, kas tagad saimniecībām dod iespēju izvēlēties labākos vaisliniekus.

## BIOTEHNOLOĢIJA

Biotehnoloģija — tautsaimniecībai un medicīnai nepieciešamu vielu un citu produktu iegūšana, izmantojot mikroorganismu, vīrusu, dzīvnieku un augu šūnas, — par patstāvīgu zinātnes nozari izveidojusies mūsu gadsimta septiņdesmitajos gados.

Biotehnoloģiskajos procesos ļoti plaši lieto mikroorganismus, jo tiem ir augsta bioķīmiskā aktivitāte, liels augšanas ātrums un citas priekšrocības. Izmantojot mikroorganismus, iespējams iegūt (ne tikai ar modernajām, bet arī ar klasiskajām biotehnoloģijas metodēm) lielos daudzumos dažādus organiskus savienojumus, kā, piemēram, dažādus vitamīnus, antibiotikas, fermentus, aminoskābes. Mikroorganismu darbības rezultātā vērtīgi produkti var tikt sintezēti no citādi grūti izmantojamām izejvielām (piemēram, no lauksaimnieciskās un ķīmiskās ražošanas blakusproduktiem, sadzīves atkritumvielām, notekūdeņiem). Tāpēc biotehnoloģijai ir svarīga loma ne tikai lauksaimniecībā, pārtikas rūpniecībā un medicīnā, bet arī apkārtējās vides aizsardzībā. Biotehnoloģijas sasniegumi ļauj cerēt, ka, izmantojot vēlamās mikrobioloģiskās fermentācijas sistēmas, varēs atrisināt olbaltumvielu deficīta problēmas, kā arī atrast jaunus enerģijas avotus.

Lielu nozīmi biotehnoloģijā iegūst šūnu inženierijas metodes. Iespējams izmantot dažādu organismu šūnas, kuras speciālās barotnēs var savairoties lielos daudzumos (t.s. šūnu kultūras) un izlietot kā dažādu cilvēkam nepieciešamu vielu iegūšanai, tā arī medicīnā atsevišķu slimību diagnostikai. Iespējams iegūt dažādu vienas sugas un pat dažādu sugu pārstāvju somatisko šūnu hibridus, tā paplašinot jaunu šķirņu selekcijas iespējas un radot šūnas ar jaunām, cilvēkam vēlamām īpašībām (piemēram, spēju ražot antivielas). Pie šūnu ģenētiskās inženierijas metodēm pieskaitāmas arī dažādas šūnu mikroķirurģiskās manipulācijas, dažādu DNS fragmentu mikroinjekcijas kodolā, apaugļotu olšūnu kodolu apmaiņa ar somatisko šūnu kodoliem; apaugļošana *in vitro* (ārpus organisma) utt.

Visperspektīvākā biotehnoloģijas nozare ir ģēnu inženierija. Ģēnu inženierijā ietilpst metodes, kuru mērķis ir pēc iepriekš izstrādāta plāna izmainīt organismu ģenotipus, radīt jaunus bioloģiskus objektus un mākslīgas ģenētiskās struktūras. Ģēnu



inženierijas jēdzienā neietilpst genomu pārveidošana ar tradicionālajām ģenētikas metodēm (inducētām mutācijām, hibrizācijai u.c.). Pie ģēnu inženierijas parasti pieskaita šādas manipulācijas:

- 1) ģēnu mākslīgu sintēzi,
- 2) atsevišķu ģēnu (vai lielāku ģenētisku struktūru) izdalīšanu no šūnas,
- 3) izdalīto ģenētisko struktūru mērķtiecīgu pārveidošanu,
- 4) izdalīto vai sintezēto ģenētisko struktūru kopēšanu un vairošanu,
- 5) šādu ģenētisko struktūru pārveidošanu un ieslēgšanu izmaiņamajā genomā,
- 6) dažādu genomu eksperimentālu savienojumu vienā šūnā.

Tā kā ģēnu mākslīgā sintēze tehniski pagaidām vēl ir ļoti sarežģīta, ģēnu inženierijā biežāk lieto ģēnus, kas ar speciālām metodēm ir izdalīti no šūnas DNS. Pēc vajadzīgo ģēnu izdalīšanas vai sintēzes tos ieslēdz t. s. *vektoros* — kādās citās ģenētiskās struktūrās, kuras spēj dubultoties, tā radot iespēju nepieciešamo ģēnu savairošanai. Par vektoriem visbiežāk izmanto dažus vīrusus vai plazmidas (baktēriju DNS molekulu nelielus gredzenveida fragmentus). Vēlāk vektorus ar tajos ieslēgtajiem ģēniem ievada šūnās, kuru ģenētiskās īpašības vēlas izmainīt.

Ģēnu inženierijas praktiskās lietošanas perspektīvas ir ļoti plašas. Kļūst iespējams «piespiest» baktērijas ražot dažādas cilvēkam nepieciešamas olbaltumvielas (hormonus, fermentus). Izteikta doma, ka ģēnu inženierijas metodes, iespējams, atļaus atrisināt pārtikas deficīta problēmu, likvidēt enerģētisko krīzi, samazināt apkārtējās vides piesārņojuma pakāpi, panākt atmosfēras slāpekļa fiksāciju utt. Ļoti tāla ģēnu inženierijas perspektīva — ģēnu ķirurģija — atļaus bojāto ģēnu apmainīt pret veselu.

Biotehnoloģijas pētījumi tiek veikti arī Latvijā. Izmantojot mikroorganismus, iegūta virkne organisku savienojumu: citronskābe, lizīns u. c. Ar ģēnu inženierijas metodēm iegūts interleikīns-2 (organisma aizsargspēju regulators) un viens no hepatīta B vīrusa antigēniem.

## 9. EKOLOĢIJA

### EKOLOĢISKĀS SISTĒMAS

Termins «ekoloģija» (gr. *oikos* — māja, paslēptuve, *logos* — mācība, zinātne) lietots jau pagājušā gadsimta pirmajā pusē. Uzskata, ka zinātnē to ieviesis vācu zoologs E. Hekelis (1834—1919), kas 1866. gadā publicētajā darbā «Organismu vispārīgā morfoloģija» terminu «ekoloģija» lieto plaši un viennozīmīgi. E. Hekela izpratnē *ekoloģija ir bioloģiska zinātne par dzīvo organismu un vides attiecībām*.

**Ekoloģijas izziņas priekšmets** ir ekoloģisko sistēmu uzbūve, attīstība un darbība. Par *sistēmu* sauc savstarpējā mijiedarbībā saistītu elementu integratīvu kompleksu. Ikvienas sistēmas obligāta iezīme ir *integritāte*. Tā raksturo vienīgi sistēmai piemitošās, kvalitatīvi jaunās īpašības, kas nosaka sistēmas atšķirību no tās elementu mehāniskās summas. Integritātes celonis ir sistēmas elementu mijiedarbība, tās izpausmes — sistēmas kā vienota veseluma reakcija.

Sistēmas elementus sauc arī par tās *apakšsistēmām*. Katra apakšsistēma sastāv no saviem elementiem, bet tie savukārt — no vēl zemāka ranga apakšsistēmām utt. Tas arī nozīmē, ka jebkura sistēma ir augstāka ranga sistēmas elements. Tādējādi, pirmkārt, izpaužas filozofijas atziņa par matērijas bezgalību, otrkārt, pastāv objektīvs nosacījums sistēmiskās izziņas metodoloģijas jeb sistēmu analīzes realizēšanai sarežģītu objektu un parādību pētīšanā, turklāt pētīšanā dažādos līmeņos. Bioloģijā izziņas pamatobjekts ir dzīvās sistēmas jeb *b i o s i s t ē m a s*. Tās iedala atbilstoši dzīvās matērijas organizācijas līmeņiem. Šajā spektrā izšķir gēnu, šūnu, audu, orgānu, organisma, populācijas, sugas, biocenozes, ekosistēmas un biosfēras līmeņus. Biosistēma un tās vide veido *ekoloģisku sistēmu*. Tāpēc jebkura līmeņa biosistēma, piemēram, šūna, vienībā ar tās vidi ir ekoloģiska sistēma.

Ekoloģija pēta organisma un virsorganisma līmeņu biosistēmu un vides attiecības, tātad minēto līmeņu ekoloģiskās sistēmas. Šī ir pamatiezīme, kas nosaka ekoloģijas saturu un tās attieksmi pret citām zinātnēm. Vide jeb *biotops (ekotops)* ir apstākļu komplekss, kas ietver biosistēmu un ietekmē tās struktūru, dinamiku un funkcijas un kurš pakāpeniski mainās biosistēmas darbības rezultātā.



**Ekoloģiju iedala** pēc izziņas objekta un pēc izziņas tehnoloģijas. Pēc izziņas objekta izšķir *vispārīgo* un *speciālo ekoloģiju*. Vispārīgā ekoloģija pēta kopīgās likumsakarības, speciālā — kādas noteiktas ekoloģiskas sistēmas vai dzīvo organismu taksonu īpašās ekoloģiskās likumsakarības. Vispārīgo ekoloģiju iedala *autekoloģijā*, *demekoloģijā*, *sinekoloģijā* un *globālajā ekoloģijā*. Autekoloģija risina jautājumus organisma, demekoloģija — populācijas, sinekoloģija — biocenožu un ekosistēmu un globālā ekoloģija — biosfēras līmenī. Savukārt, vadoties pēc izziņāmās ekoloģiskās sistēmas rakstura, izdala speciālās ekoloģijas nozares: augu, dzīvnieku, cilvēka, meža, purva, okeāna, tuksneša, pilsētas utt. ekoloģiju. Atkarībā no izziņas veida izšķir teorētisko, eksperimentālo, kvantitatīvo ekoloģiju, radioekoloģiju, paleoekoloģiju.

**Ekoloģijas attīstībā** izšķir četrus kvalitatīvi atšķirīgus etapus: *priekšvēstures*, *autekoloģijas*, *sinekoloģijas* un *modernās ekoloģijas etapu*. *Priekšvēsture* turpinājās līdz Renesansei (14.—15. gs.). Ekoloģija kā zinātne nepastāv. Atsevišķas atziņas par organismu un vides attiecībām uzkrājas cilvēku praktiskajā pieredzē, botānikā, zooloģijā un medicīnā. Nozīmīgākie darbi pieder Aristotelim (384.—322. g.p.m.ē.), Teofrastam (372.—287. g.p.m.ē.) un Hipokrātam (460.—377. g.p.m.ē.). Aristotelis aprakstījis vairāk nekā 500 dzīvnieku sugu to saistībā ar dzīves apstākļiem, Teofrasts pētījis augu daudzveidības (polimorfisma) un augšanas gaitas ekoloģisko atkarību, Hipokrāts vides labvēlīgo ietekmi izmantojis praktiskajā ārstniecībā.

**Autekoloģijas etaps** ilgst līdz 19. gs. otrajai pusei. Kā botānikas un zooloģijas sastāvdaļas formējas augu un dzīvnieku ekoloģija. Izziņa galvenokārt saistīta ar organisma līmeni. Nozīmīgu ieguldījumu ekoloģijas attīstībā devuši K. Linnejs (1707—1778, Zviedrija), A. Humbolts (1769—1858, Vācija), Ž. Lamarks (1744—1829, Francija), Č. Darvins (1809—1882, Anglija).

**Sinekoloģijas etaps** noslēdzās 20. gs. divdesmitajos gados. Ekoloģija bija noformējusies kā patstāvīga zinātne, tās interešu centrā bija organismu grupu (cenožu) un vides attiecības. Trešais botānikas kongress Briselē 1910. gadā apstiprināja autekoloģijas un sinekoloģijas izdalīšanu. Ši posma izcilākie ekologi ir V. Šelfords (1877—1968, ASV), G. Morozovs (1867—1920, Krievija), V. Dokučajevs (1846—1903, Krievija), E. Hekels (1834—1919, Vācija).

Modernajai ekoloģijai raksturīga ir visu ekoloģisko sistēmu kompleksa izpēte, šajā pasaules mēroga pasākumā iesaistoties dažādu zinātņu un zemju speciālistiem. Krasi palielinās matemātikas un skaitļošanas tehnikas loma. Ekoloģija kļūst par dabas aizsardzības un optimizācijas teorētisko pamatu. Globālās ekoloģijas problēmu risināšanu koordinē starptautiskas organizācijas. Pasaules izcilāko ekologu vidū jāmin V. Vernadskis (1863—1945), V. Sukačovs (1880—1967), A. Tenslijs (1871—1955) un J. Odums.



**Biosfēra** ir vislielākā ekoloģiskā sistēma. Par biosfēru sauc to planētas virsmas slāni, kurā pastāvīgi noris dzīvība. Pirmais savos darbos biosfēras jēdzienu aprakstījis franču evolucionists Ž. Lamarks, šo terminu zinātnē 1873. gadā ieviesis austriešu ģeologs E. Sjuess (1831—1914), bet mācību par biosfēru mūsu gadsimta divdesmitajos gados izstrādājis ievērojamais dabaszinātnieks V. Vernadskis. Pēc Vernadska, biosfēra ir globāla ekoloģiskā sistēma, kurā visi planetārie procesi noris savstarpēji saistīti. Turklāt dzīvo organismu kopīgā ietekme šīs sistēmas funkcionēšanā un it īpaši tās dinamiskā līdzsvara ieturēšanā ir tik nozīmīga, ka ne tikai ir pielīdzināma ģeoloģisko procesu ietekmei, bet ir Zemes virsmas pārmaiņu pamatcēlonis. Biosfēra sastāv no trim vidēm: *litosfēras*, *atmosfēras* un *hidrosfēras*.

*Litosfēra ir Zemes garozas virsējā kārtā.* Tās apdzīvotais augšējais slānis ir biosfēras daļa. Ekoloģijā nosacīti pieņem, ka litosfēras un līdz ar to arī biosfēras zemākā robeža ir pirmais ūdeni necaurļaidīgais grunts slānis, citiem vārdiem, litosfēra sniedzas tikpat dziļi kā gruntsūdens. Praktiski gan vairums litosfēras dzīvo organismu mājo tās virsējā slānī, kurā atrodas augu saknes, t.i., *rizosfērā*. Atsevišķos gadījumos sakarā ar intensīvu saimniecisko darbību, piemēram, naftas un akmeņogļu ieguves vietās, mikroorganismi sastopami vairāku kilometru dziļumā. Šādā veidā notiek biosfēras antropogēniska paplašināšanās. Arī alās samērā lielā dziļumā atrodamas atsevišķas dzīvības formas. Tomēr, neskatoties uz to, pat ekstremālos apstākļos litosfēras apdzīvotā slāņa biezums nepārsniedz dažus kilometrus. No litosfēras virsējās kārtas jeb cilmieža klimata un dzīvo organismu ietekmē izveidojusies augsne.

*Hidrosfēra ir zemeslodes ūdens kopums.* Teritoriāli tā aizņem 70,8% no planētas virsmas. Hidrosfēru iedala šādās kategorijās: okeānu un jūru ūdens (pēc jaunākajiem datiem, tā tilpums ir 1338,0 milj. kubikkilometru jeb 96,56% no kopējā ūdens daudzuma), Antarktīdas, Arktikas un kalnu ledāju, kā arī sniega ūdens (24,0 milj. kubikkilometru jeb 1,73%), pazemes ūdens (23,4 milj. kubikkilometru jeb 1,69%), virszemes ūdenstilpju — ezeru, mākslīgo ūdenstilpju, upju, purvu un augsnes ūdens (0,1888 milj. kubikkilometru jeb 0,014%), atmosfēras tvaiki (0,0129 milj. kubikkilometru) un bioloģiskais jeb dzīvajos organismos ietvertais ūdens (0,0011 milj. kubikkilometru). Ūdens fizikālās, ķīmiskās un hidroloģiskās īpašības nosaka hidrosfēras piemērotību dzīvības norisēm.

Ļoti nozīmīga ir izšķīdušo sāļu un gāzu koncentrācija. Sevišķi liela tā ir okeānu un jūru ūdenī — vidēji 35 g/kg (Baltijas jūrā 8—16 g/kg). Dažādos platuma grādos ūdens sāļainība ir atšķirīga. Augstāko līmeni tā sasniedz subtropiskajā joslā, zemāko — polārajos apgabalos. Visvairāk jūras ūdenī izšķīdis nātrijs hlorīds (78%) un magnija hlorīds (11%). No pārējiem sāļiem ļoti liela nozīme ir dažādiem fosfātiem, kas tieši ietekmē okeānu un jūru iemītnieku produktivitāti. Fosfātu vismazāk ir ekvatoriālajos



ūdeņos, un līdz ar to arī hidrosfēras apdzīvotība tajos ir viszemākā. Virzienā uz poliem fosfātu koncentrācija palielinās.

No ūdenī izšķīdušajām gāzēm bioloģiski nozīmīgākās ir skābeklis un oglekļa dioksīds, kas vitāli nepieciešams elpošanas un fotosintēzes procesos. Dzīvo organismu eksistences apstākļus būtiski nosaka arī jūras straumes, ūdens temperatūras teritoriālais un vertikālais sadalījums, ūdens dziļums un hidrosfēras piesārņojums ar cilvēka saimnieciskās darbības atkritumvielām.

Hidrosfēras pārejo kategoriju ūdens daudzums biosfēras globālajā sistēmā ir relatīvi neliels — tikai 3,4%. Tomēr tā bioloģiskā nozīme ir vēl lielāka, jo tikai tur, kur ir ūdens, ir iespējama dzīvība. Izņemot sēklas un sporas, ūdens saturs dažādos dzīvajos organismos ir 45—98%. Jāatzīmē, ka hidrosfēra ir tā vide, kurā radās dzīvība uz mūsu planētas, un ka samērā nesen — tikai paleozoja ēras sākumā — tā pakāpeniski sāka pāriet uz sauszemi.

*A t m o s f ē r a ir Zemes gāzu apvalks.* Pasaules telpā kopā ar zemeslodi tā rotē kā viena sistēma. Atmosfēras masa ir  $5,15 \cdot 10^{15}$  t. Atkarībā no atmosfēras īpašībām, galvenokārt no temperatūras režīma, izšķir *troposfēru, stratosfēru, mezosfēru, termosfēru un eksosfēru*. Troposfēra ir Zemes virsmai pieguļošais gaisa slānis. Uz ekvatora tās augstums sasniedz 8—10 km, uz poliem — 16—18 km. Troposfērā temperatūra pazeminās līdz ar augstuma palielināšanos virs jūras līmeņa — vidēji par 6 °C/km. Šajā slānī koncentrēti apmēram 80% atmosfēras masas un praktiski visi dzīvie organismi (baktērijas, sporas). Virs troposfēras līdz apmēram 50 km augstumam atrodas stratosfēra. Tai raksturīga temperatūras pakāpeniska paaugstināšanās, robežjoslā sasniedzot 0 °C. Bioloģiski ļoti nozīmīga stratosfēras sastāvdaļa ir *ozona slānis*. Tas atrodas 20—25 km augstumā. Ozona slānis absorbē lielāko daļu ultravioletā starojuma. Uzskata, ka dzīvība uz Zemes ietu bojā, ja ozona slāni iznīcinātu. Šī ļoti plānā stratosfēras josla kalpo kā dzīvības vairogs. Dabiskos apstākļos virs tā dzīvība nav konstatēta. Tāpēc to uzskata par biosfēras augstāko robežu.

Biosfēras gaiss sastāv no slāpekļa (78,1%), skābekļa (20,9%), oglekļa dioksīda (0,0314%) un dažādu citu gāzu sajaukuma. Atmosfērā vienmēr atrodas ūdens tvaiki un aerosols. Ūdens atmosfērā nonāk hidrosfēras iztvaikošanas dēļ. Aerosols — gaisā suspendētās cietu vai šķidru vielu ļoti sīkas daļiņas — rodas atmosfēras antropogēnās (industriālā un lauksaimnieciskā ražošana, transports) un dabiskās (vulkānu un vēju darbība, kosmiskās daļiņas) piesārņošanas rezultātā. Aerosola koncentrācijas palielināšanās, kas sakarā ar cilvēka darbības intensificēšanos paātrināti norisinās pēdējos gadu desmitos, izraisa daudzas nevēlamas novirzes biosfēras dabiskajos procesos. Visbīstamākās un visvērienīgākās ir ozona slāņa sabrukšana, skābekļa daudzuma samazināšanās un oglekļa dioksīda koncentrācijas palielināšanās atmosfērā.

Atmosfēra, hidrosfēra un litosfēra atrodas nepārtrauktā mijiedarbībā. Vējš un nokrišņi rada litosfēras virsējās kārtas eroziju.



Šo procesu būtiski veicina gaisa skābekļa izraisītās ģeokīmiskās reakcijas. Tā rezultātā kontinentu virsma nemitīgi mainās. Arī hidrosfēras režīms ir atkarīgs no vēju intensitātes un virziena, nokrišņu daudzuma un iztvaikošanas apjoma. Gaisa masu kustība nodrošina jūras straumju darbību un sekmē mitruma un temperatūras sadalījumu uz planētas. Savukārt litosfēra un hidrosfēra veicina atmosfēras sastāva atjaunošanos. Tādējādi litosfēras, hidrosfēras un atmosfēras mijiedarbība nodrošina enerģijas un vielu apriti biosfērā un veido vidi, kas nepieciešama visu dzīvo organismu eksistencei.

**Organismu taksonomiskā struktūra** pagaidām vēl nav noskaidrota. Uzskata, ka šobrīd ir zināmi apmēram 2,5 milj. augu un dzīvnieku sugu. Uzskaites dati nemitīgi mainās. No vienas puses, tiek atklātas arvien jaunas vēl nepazīstamas sugas, no otras puses, daļa sugu izzūd cilvēka tuvredzīgās rīcības dēļ.

**Organismu telpiskais sadalījums** biosfērā ir ļoti nevienmērīgs. Tas ir atkarīgs no vides apstākļiem, kas uz mūsu planētas ir ļoti dažādi. Vispiemērotākie tie ir Zemes virsmas līmenī. Tāpēc arī šeit ir visaugstākā dzīvo organismu koncentrācija. Uz sauszemes tā atbilst augu segas biežumam, ūdenstilpēs — to virsējam slānim, kurā iespiežas Saules gaisma. Ārpus minētās zonas gan gaisā, gan arī dziļāk ūdenī skaita un masas ziņā dzīvo organismu ir relatīvi maz. Arī teritoriāli biosfēra ir apdzīvota nevienmērīgi. Augu, dzīvnieku un mikroorganismu koncentrācija mainās atbilstoši fizikāli ģeogrāfiskajām joslām un zonām. Uz sauszemes tā palielinās virzienā no poliem uz ekvatoru, kur tā ir vislielākā. Tomēr, neskatoties uz šādu zonalitāti, pat mūsu planētas mazajos platuma grādos ir reģioni, kuros vides apstākļi ir maz piemēroti dzīvās dabas prasībām. Tas pārliecinoši norāda uz vides primāro nozīmi dzīvības pastāvēšanā.

Dzīvie organismi ne tikai pakļaujas vides apstākļiem, bet arī aktīvi pārveido tos. Pēc V. Vernadska pārliecības, šai ietekmei ir globāls raksturs, un apjoma ziņā tā pielīdzināma ģeokīmiskiem procesiem. Minēsim atsevišķus piemērus, kas uzskatāmi ilustrē šo tēzi.

Ir noskaidrots, ka sākotnējā Zemes atmosfēra sastāvējusi no metāna, amonjaka un ūdeņraža. Tagadējais dzīvības norisēm optimālais gaisa sastāvs izveidojies apmēram pirms 50 milj. gadu un galvenokārt ir zaļo augu darbības rezultāts. Kā zināms, fotosintēzē zaļie augi, izmantojot saules enerģiju, ūdeni, oglekļa dioksīdu un minerālvielas, veido organisko masu un izdala skābekli. Skābeklis nepieciešams elpošanai un ir izejmateriāls ozona slāņa atjaunošanās procesā. Vienlaikus zaļie augi asimilē oglekļa dioksīdu un tādējādi novērš tā uzkrāšanos dzīvībai bīstamā koncentrācijā. Jāatzīmē arī, ka augsne ir specifiska litosfēras virsējā kārtā, kas izveidojusies klimata un dzīvo organismu ietekmē, bet tādi derīgie izrakteņi kā, piemēram, nafta, akmeņogles, kūdra, ir cēlušies no augiem un dzīvniekiem.



Minētie piemēri ir vairāk vai mazāk saistīti ar ģeoloģiski tālu senatni un dzīvo organismu ļoti ilgstošu darbību. Ne mazums ir arī tādu gadījumu, kad dzīvās dabas ietekme uz vidi izpaužas vienas cilvēku paaudzes laikā.

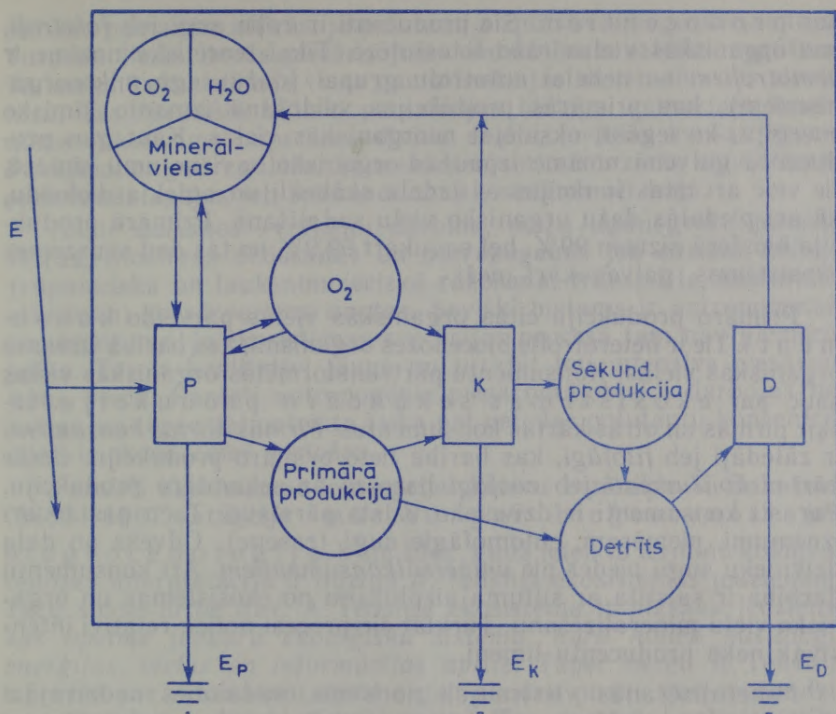
Mūsdienās notiek meža apjomīga izciršana — katru minūti uz mūsu planētas izcērt 20 ha mežaudžu. Turklāt liela daļa no tām atjaunojas ļoti vāji vai vispār neatjaunojas. Sevišķi tas attiecas uz tropiskajiem lietus mežiem. Mežu platību samazināšanās dēļ tiek būtiski traucētas to klimata regulētajfunkcijas. Tas ir viens no iemesliem, kas izraisa laika kaprīzes un rada aizvien biežākas un postošākas stihiskas nelaimes pat tajos reģionos, kur agrāk tās bija reta parādība.

**Ekosistēmas.** Vides parametri un atbilstošās dzīvo organismu kopas biosfēras dažādās vietās ir atšķirīgas. Katrā konkrētā teritorijā ir izveidojušās lokālas nozīmes ekoloģiskās sistēmas. Angļu botāniķis A. Tenslijs 1935. gadā tās nosauca par ekosistēmām. *Ekosistēma ir biosfēras elementārā vienība, kurā pastāvīgi notiek enerģijas, vielas un informācijas aprīte.* Biosfērā ekosistēmu ir ļoti daudz. Katra ekosistēma ir specifiska. Taču pamatvilcienos tām visām ir līdzīga struktūra un funkcijas.

Kā jebkura ekoloģiska sistēma ekosistēma sastāv no diviem komponentiem — *biocenoze* un *biotopa*. *Biocenoze ir visu dzīvo organismu kopa, kas apdzīvo doto ekosistēmu.* Terminu «biocenoze» 1877. gadā ieviesis vācu zoologs K. Mēbiuss (1825—1908). Biocenoze iedalās fitocenoze, zoocenoze un mikrobocenoze. *Fitocenoze* ir biocenoze augu kopa. Attiecīgi *zoocenoze* ir dzīvnieku un *mikrobocenoze* — mikroorganismu kopa. Visi biocenoze komponenti ir ekosistēmas obligātas sastāvdaļas. Taču valdošā loma ir fitocenozei, jo tā nosaka kā visas ekosistēmas, tā arī pārējo biocenoze komponentu raksturīgās strukturālās un funkcionālās īpašības, kas doto ekosistēmu norobežo no pārējām.

Ekosistēmas vidi — *biotopu* — veido abiotiskie un biotiskie komponenti. *Abiotiskie komponenti* ir nedzīvās dabas faktori — dažādi litosfēras, hidrosfēras un atmosfēras parametri. *Biotiskie faktori* rodas un pārveidojas biocenoze attīstības gaitā un ir dzīvo organismu mijiedarbības rezultāts. Piemēram, plāvai aizaugot ar mežu, plāvai raksturīgie biotiskie apstākļi nomainās ar meža vidi, kas pakāpeniski pārveido ne tikai dzīvo organismu attiecības, bet būtiski izmaina arī abiotiskos komponentus un visu ekosistēmu.

Visi ekosistēmas dzīvie organismi piedalās enerģijas, vielas un informācijas aprītē. Izšķir trīs pamatfunkcijas: *organisko vielu producēšana*, *organisko vielu transformēšana* (vienas vielas pārveidošana citā vielā) un *organisko vielu mineralizēšana*. Minētās pamatfunkcijas ir savstarpēji saistītas. Tikai tad, ja ekosistēmā vienlaikus organismās vielas tiek radītas, pārveidotas un sadalītas, ekosistēmas darbība ir normāla. Turklāt, ja šie procesi norisinās tādās kvantitatīvās attiecībās, kas pakāpeniski izveidojušās ekosistēmas attīstības gaitā, ekosistēma atrodas dabiskā līdzsvarā.



63. att. Ekosistēmas vispārīga shēma:

$P$  — organisko vielu ražošana,  $K$  — organisko vielu transformēšana,  $D$  — detrita sadalīšana,  $E$  — enerģija,  $EP$  —  $P$  procesā izkliedētais siltums,  $EK$  —  $K$  procesā izkliedētais siltums,  $ED$  —  $D$  procesā izkliedētais siltums. Ar četrstūri apzīmēti procesi, ar apli — to rezultāti.

Katrai ekosistēmai piemīt pašregulēšanās, t.i., līdzsvara atjaunošanās spējas.

Lai labāk izprastu ekosistēmas pamatfunkciju norisi, aplūkosim tās vispārīgo shēmu (63. att.). Enerģiju ekosistēma saņem no ārienes. Izņemot atsevišķus nenozīmīgus gadījumus (ūdensbaseini, kas kalpo atomelektrostaciju reaktoru dzesēšanai; ģeotermiskie ūdeņi), tā ir saules radiācijas enerģija. Izmantojot daļu asimilētās enerģijas un neorganiskos abiotiskās vides komponentus — oglekļa dioksīdu, ūdeni un dažādas citas minerālvielas, ekosistēma ražo organiskos savienojumus. Tos sauc par *ekosistēmas primāro produkciju*. Tādējādi saules enerģija tiek transformēta ķīmiskajā enerģijā un uzkrāta ekosistēmā. Jaatzīmē, ka tā ir visai neliela absorbētās enerģijas daļa.

Vairums enerģijas siltuma veidā neatgriezeniski aizplūst no ekosistēmas. Primāro produkciju ražo autotrofi — organismi, kas barojas tikai ar neorganiskajām vielām. Šajā gadījumā tos sauc



par producentiem. Šie producenti ir zaļie augi jeb *fitotrofi*, kas organiskās vielas ražo fotosintēzē. Tikai teorētiska nozīme ir *hemotrofiem* — nelielai autotrofu grupai (dažu sugu mikroorganismiem), kas primārās produkcijas veidošanā izmanto ķīmisko enerģiju, ko iegūst, oksidējot neorganiskās vielas. Kaut gan producentu galvenā nozīme izpaužas organisko savienojumu sintēzē, tie veic arī citas funkcijas — izdala skābekli un oglekļa dioksīdu, kā arī piedalās dažu organisko vielu sadalīšanā. Primārā produkcija biosfērā aizņem 99%, bet savukārt 99,9% no tās dod sauszemes ekosistēmas, galvenokārt meži.

Primāro produkciju citās organiskās vielās pārveido konsumentiem. Tie ir heterotrofie biocenozes organismi, kas barībā izmanto organiskās vielas. Konsumentu pārtransformētās organiskās vielas sauc par ekosistēmas sekundāro produkciju. Izšķir pirmās un otrās kārtas konsumentus. *Pirmās kārtas konsumenti* ir zālēdāji jeb *fitofāgi*, kas barībā lieto primāro produkciju. *Otrās kārtas konsumenti* jeb *zoofāgi* barojas ar sekundāro produkciju. Parasti konsumenti ir dzīvnieku valsts pārstāvji. Taču pastāv arī izņēmumi, piemēram, entomofāgie augi (rasene). Cilvēks un daļa dzīvnieku sugu pieder pie *universālkonsumentiem*. Arī konsumentu darbība ir saistīta ar siltuma aizplūšanu no ekosistēmas un organisko vielu mineralizēšanu. Turklāt šie procesi notiek relatīvi intensīvāk nekā producentu līmenī.

Mineralizēšanās visstraujāk norisinās, sadaloties nedzīvajām organiskajām vielām — *detritam*. Detritu veido producentu un konsumentu atmirušās atliekas un metabolisma produkti. Organismus, kas sadala detritu, sauc par destruktoriem. Galvenokārt tie ir mikroorganismi, sēnes un dažādi augsnes faunas pārstāvji. Detrita sadalīšana noslēdz enerģijas, vielas un informācijas pārveidošanas ciklu ekosistēmā. Atbrīvotā enerģija aizplūst no ekosistēmas, bet minerālvielas (ūdens, oglekļa dioksīds, augu minerālās barošanās elementi) no jauna iekļaujas primārās produkcijas veidošanā. Dažādās ekosistēmās detrita sadalīšanās intensitāte atšķiras. Piemēram, sausā priežu mežā organiskās atliekas mineralizējas ļoti ātri, tāpēc šeit detrita slānis ir tikai dažus centimetrus biezs vai tā nemaz nav. Turpretī pārmitrās vietās, kur mineralizēšanās notiek ļoti gausi, organiskās atliekas uzkrājas un ilgākā laikā var veidot desmit un vairāk metru biezu slāni, kā tas ir sūnu purvos. Savā laikā no organiskajām atliekām radušās akmeņogles un nafta. Visos šajos gadījumos mineralizēšanās atpaužas no pārējām ekosistēmas pamatfunkcijām, un tāpēc rodas detrits un tajā esošās ķīmiskās enerģijas uzkrājumi, citiem vārdiem, zināma daļa vielas vismaz uz laiku tiek izslēgta no aprites.

Bez detrita, kas ir ekosistēmas normālas darbības produkts, ekosistēmā uzkrājas nevajadzīgas vielas, kas iekļūst no ārienes. Šīs vielas sauc par *piesārņotājiem* jeb *polutantiem*. Mazās koncentrācijās polutanti ekosistēmā neietekmē vai atsevišķos gadījumos pat stimulē tās darbību. Turklāt, apstādot piesārņošanas avotam, eko-



sistēma pamazām attīrās, jo polutanti aizplūst vai nogulsņējas tajā. Turpretī lielās devās piesārņojuma iedarbība ir izteikti negatīva. Tā ietekmē ekosistēmas visas pamatfunkcijas un izmaina tās struktūru. Tās rezultātā būtiski pārveidojas biotops, samazinās biocenozes raksturīgo sugu un indivīdu skaits, ieviešas svešas sugas. Pavājinoties pašregulēšanās mehānismam, samazinās ekosistēmas pretošanās spējas jeb tolerance un ekosistēma iet bojā.

Izšķir *dabiskos* (vulkānu darbība, mežu ugunsgrēki, putekļu vētras, litosfēras dēdēšana) un *antropogēnos* jeb *cilvēka radītos* (rūpnieciskā un lauksaimnieciskā ražošana, transports, komunālie atkritumi) *piesārņojuma avotus*. Sevišķi bīstams ir antropogēnais piesārņojums, jo ekosistēmas evolūcijas procesā tam nav piemērojušās. Tas ir kvalitatīvi jauns un turklāt ļoti intensīvs piesārņojuma veids. Parasti antropogēnie piesārņotājo objekti darbojas nemitīgi, un tāpēc pēc noteikta laika pat nelielas polutantu koncentrācijas ir ekosistēmai postošas.

Paralēli ekosistēmas koncepcijai krievu botāniķis V. Sukačovs (1880—1967) attīstīja mācību par biogēocenozi jeb biogēocenoģiju. Viņa 1942. gadā ieteiktā termina «biogēocenoze» interpretācija ir līdzīga A. Tenslija ekosistēmas jēdzienam. Taču sinonīmi tie nav. A. Tenslija ekosistēma ir plašāks jēdziens, kas apzīmē jebkuru ekoloģisku sistēmu, kurā notiek pastāvīga enerģijas, vielas un informācijas aprīte. Tāpēc nereti A. Tenslija izpratnē par ekosistēmu apzīmē gan skudru pūzni, gan mežaudzi, gan okeānu vai pat biosfēru kopumā. Tas nozīmē, ka šis termins tiek lietots jēdziena «ekoloģiska sistēma» izpratnē. Līdz ar to A. Tenslija ekosistēma ir bezranga jēdziens, kas apgrūtina tās kā biosfēras elementārās vienības viennozīmīgu interpretāciju. Lai novērstu terminoloģiskās grūtības, nereti izmanto papildu apzīmējumus: *mikroekosistēma* (skudru pūznis), *mezoekosistēma* (mežaudze) un *makroekosistēma* (okeāns). Taču arī šāds risinājums nespēj novērst pārpratumus, jo nevar skaidri definēt atšķirības starp minētajām trim ekosistēmu kategorijām. Biogēocenoze attiecas uz teritoriāli norobežotām sauszemes ekoloģiskajām sistēmām. Biogēocenozes robežas praktiski sakrīt ar fitocenozes robežām. Jēdziena izpratnes ziņā tā vistuvāk ir mezoekosistēmas interpretācijai.

Ekosistēma kā biosfēras elementārā vienība ir ekoloģiskās izziņas pamatobjekts. Protams, ekoloģija pēta arī augstāka un zemāka ranga ekoloģiskās sistēmas. Pie zemāka ranga sistēmām pieder dažādas ekosistēmas sastāvdaļas: *biocenoze*, *populācija*, *īpatnis*. Biocenozes jēdzienu jau noskaidrojām.

*Populācija ir vienas sugas īpatņu kopa, kas ilgstoši apdzīvo doto ekosistēmu.* Šo terminu 1903. gadā zinātnē ieviesa dāņu ģenētiķis V. Johansens (1857—1927). Tā kā ekosistēmā apdzīvo dažādu sugu pārstāvji, var teikt, ka biocenoze ir savstarpēji saistītu populāciju kopa. Savukārt vienas sugas pārstāvji dažādās ekosistēmās



veido dažādas populācijas. Lai akcentētu šo ekoloģisko populācijas izpratni, botāniķis A. Uranovs (1901—1975) ieteica lietot terminu *cenopopulācija*.

Populācijas kopējo īpatņu skaitu sauc par *populācijas daudzumu*, bet īpatņu skaitu laukuma vai tilpuma vienībā — par *populācijas blīvumu*. Šie rādītāji ir atkarīgi no dzimstības, mirstības un migrācijas savstarpējām attiecībām. *Dzimstība* raksturo vairošanās intensitāti. To izsaka ar jaundzimušo īpatņu skaitu laika vienībā. Izšķir *absolūto* un *ekoloģisko dzimstību*. Katrai populācijai absolūtā dzimstība ir nemainīgs lielums, to nosaka dotās sugas fizioloģiskās iespējas. Absolūtā dzimstība varētu iestāties vispārīga optimuma apstākļos. Taču reālajās ekosistēmās šis līmenis netiek sasniegts dažādu ierobežojumu (barība, ligzdošanas vietas utt.) dēļ. Tāpēc sugas ekoloģiskā dzimstība katrā ekosistēmā ir atšķirīga. *Mirstība* ir laika vienībā bojā gājušo populācijas īpatņu skaits. Ideālos apstākļos tā sasniegtu minimumu un būtu ierobežota vienīgi ar īpatņu bojāeju dabiskās novecošanās dēļ. Praktiski tā vienmēr ir lielāka. To veicina barības trūkums, dabiskie ienaidnieki, slimības, paaugstināts populācijas blīvums un vides nelabvēlīgas izmaiņas. Starpību starp dzimstību un mirstību sauc par *populācijas dabisko pieaugumu*. Ja tas ir pozitīvs, populācijas daudzums palielinās, ja negatīvs, — samazinās. Tādējādi daļēji tiek regulēta dzīvnieku pasaules pārstāvju pārvietošanās (*migrācija*), to ieplūšana (*imigrācija*) vai aizplūšana (*emigrācija*) no ekosistēmas. Dabiskā un migrācijas pieauguma summa ir populācijas kopējais pieaugums, kas nosaka tās daudzuma un blīvuma izmaiņas. Augu valsts populāciju daudzuma palielināšanos uz kaimiņu ekosistēmu rēķina nodrošina sēkļu un sporu izplatīšanās. Sevišķi izteikta tā ir anemohorajām sugām. Šis parādības uzskatāms piemērs ir nekopto tīrumu un pļavu aizaugšana ar bērziem un apsēm.

Ikvienu populāciju veido kvalitatīvi dažādu *īpatņu grupas*. Tās atšķiras pēc dzimuma, vecuma, izturēšanās, izvietošanās rakstura ekosistēmā un citām īpatnībām. Īpatņu sadalījumu pa šādām grupām apzīmē par *populācijas struktūru*. Populācijas struktūra nav stabila, tā nemitīgi piemērojas vides izmaiņām. Šajā procesā vienas īpatņu grupas atdzīvo labāk, citas — sliktāk atkarībā no tā, kādi ir jaunie dzīves apstākļi. Tāpēc jo daudzveidīgāka ir populācijas struktūra, jo augstāka ir tās adaptēšanās spēja un saglabāšanās varbūtība pārveidotā vidē. Nozīmīgākie populācijas struktūras komponenti ir dzimumstruktūra un vecumstruktūra. *Dzimumstruktūru* izsaka vīriešu un sieviešu kārtas īpatņu skaita attiecība. Tā būtiski ietekmē dzimstību un vides resursu izmantošanu. Vairumam sugu dabiskajā pieaugumā ir apmēram vienāds abu kārtu pārstāvju daudzums. Taču laika gaitā šī attiecība mainās. Piemēram, dažām sikspārņu sugām pēc ziemas guļas mātīšu skaits dažkārt ir samazinājies līdz 20%. Savukārt lielajai zilītei augstāka ir tēviņu mirstība. Atšķirīgas kļūst arī daudzas citas dzīvības norises. Piemēram, odu dzimtas mātītes kāri sūc asinis, bet tēviņi

pārtiek no augu nektāra vai nebarojas nemaz. Populācijas *vecumstruktūru* raksturo īpatņu skaita sadalījums pa *vecumgrupām*. Amerikāņu ekoloģs A. Bodenheimers izdala trīs vecumgrupas: *predreproduktīvo* (ietilpst dzimumgatavību nerasnieguši īpatņi), *reproduktīvo* un *postreproduktīvo* (ietilpst vecuma dēļ vairoties nespējīgie īpatņi). Vecumstruktūra ir atkarīga no dzimstības un mirstības dažādās vecumgrupās, vidējā dzīves ilguma, predreproduktīvā perioda garuma, ģenerāciju skaita sezonā, vides un citiem apstākļiem. Nereti dažādas vecumgrupas populācijas dzīvē pilda atšķirīgas funkcijas. Piemēram, daudzām kukaiņu sugām pieaugušie īpatņi (imago stadija) pilda vairošanās un populācijas izplatīšanās funkcijas. Praktiski tie barību neuzņem un savu īso dzīvi pavada uz tās enerģijas rēķina, kas uzkrāta kāpuru stadijā. Šajā laikā tie ir ļoti rijīgi, un populācijas masveidīgas savairošanās gadījumā kļūst par bīstamiem augu kaitēkļiem. Augu valstī ģeobotāniķis T. Robotnovs iesaka šādas vecumgrupas: *latentā* (sēklas, sporas, augļi), *virginālā* (dīgsti, ģeneratīvās vairošanās vecumu nerasnieguši augi), *ģeneratīvā* (ģeneratīvi vairojošies augi) un *seniālā* (vecuma dēļ ģeneratīvi nevairojošies augi). Kā augu, tā dzīvnieku valstī stabilākās un dzīvotspējīgākās ir tās populācijas, kas ilgstoši pārstāvētas ar visām vecumgrupām.

Cilvēka mākslīgi radītās biocenozes (lauksaimniecības kultūru, meža, dekoratīvie sējumi un stādījumi) sauc par *kultūrcenozēm* (*agrofītocenozēm*). No dabiskajām tās atšķiras ar vairākām iezīmēm. Tām ir mazāks populāciju skaits. Nereti fītocenozē dominē viena suga (*monocenoze*) un atbilstoši tai formējas specifiska zoocenoze. Vairumā gadījumu augu teritoriālais izvietojums ir regulārs (rindās, grupās) un populācijas blīvums jau iepriekš noteikts. Parasti agrofītocenozes veido labi apstrādātā augsne un kā sēklas materiālu izmanto selekcionētas šķirnes. Tapēc salīdzinājumā ar dabiskajām biocenozēm to ražība ir augstāka. Taču vienkāršotās un mākslīgās struktūras dēļ tās ir nenoturīgākas pret vides nelabvēlīgajām izmaiņām. Tapēc tās prasa rūpīgu kopšanu (ravēšana, retināšana, augsnes irdināšana, vainagu formēšana) un pastiprinātu aizsardzību pret kaitēkļiem un slimībām. Uzlabojot augšanas apstākļus (atbilstoša agrotehnika, organiskā un minerālā mēslošana, hidromeliorācija), iespējama kultūrcenozu produktivitātes kāpināšana.

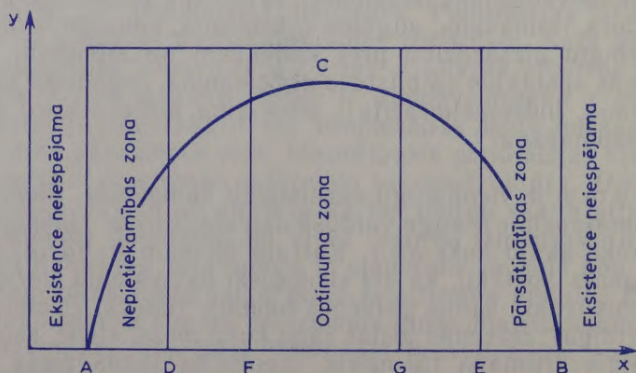
**B i o m s** ir viendabīgu ekosistēmu komplekss. Biomu izdališanas pamatpazīme ir augu valdošā dzīvības forma (lakstaugi, krūmi, lēpu koki, skuju koki u.c.). Katram biotam ir līdzīgi klimatiskie un augsnes apstākļi, kā arī ekoloģiski ekvivalenta flora un fauna. J. Odums izdala šādus galvenos biotus: tundra, ziemeļu skuju koku mežs (taiga), mērenās joslas lapu koku mežs, stepe, sklerofītiskais mūžzaļais krūmājs, tuksnesis, tropiskais lietuss mežs (džungļi), tropiskais dzeloņkrūmājs, savanna un kalni. Mūsu republika atrodas mērenās joslas lapu koku meža biotā.



## EKOLOĢISKO FAKTORU IETEKMES KOPIĢĀS LIKUMSAKARĪBAS

Vide ir sarežģīts daudzu un dažādu īpašību komplekss. Vides īpašības sauc par ekoloģiskajiem faktoriem. Iedarbības ziņā tie ir ļoti atšķirīgi. Daļa faktoru labvēlīgi ietekmē ekosistēmas pētāmos komponentus vai procesus, citi tos kavē, bet vēl citi dotajos apstākļos un laika momentā veido neitrālu fonu. Tomēr, neskatoties uz tik būtisku atšķirību, ekoloģisko faktoru iedarbībā vērojamas kopīgas likumsakarības. Izšķir vides ietekmes struktūras un dinamikas vispārīgās likumsakarības. Kā vienas, tā otras izpaužas ekosistēmu reakcijā. Noteikt vides ietekmes struktūru nozīmē noskaidrot, kāda ir katra atsevišķa faktora daļējā iedarbība kopīgā efekta veidošanā. Ar dinamiku saprot daļējās un summārās ietekmes izmaiņas laikā.

Katra atsevišķa faktora ietekme ir sarežģīta. Ļoti uzskatāmi to attēlo diagramma, ko 1913. gadā ieteicis amerikāņu zoologs V. Šelfords (1877—1968). V. Šelforda diagrammas (64. att.) abscisu ass izsaka dotā faktora lielumu, ordinātu ass — biosistēmas reakciju. Punkts *A* apzīmē minimālo, bet punkts *B* — maksimālo kardinalo punktu. Ja faktora lielums (koncentrācija, intensitāte utt.) ir mazāks par *A*, biosistēma to neuztver. Tā kā visi faktori ir vitāli svarīgi, zonā, kas atrodas pa kreisi no punkta *A*, dotā biosistēma nevar eksistēt. Tas nozīmē, ka šajā zonā attiecīgās sugas īpatņi nav sastopami pat tādā gadījumā, ja visi pārējie faktori ir pietiekami nodrošināti. Šo atziņu 1840. gadā pirmo reizi publicēja vācu ķīmiķis J. Libihs (1803—1873). Viņš pētīja lauksaimniecības kultūru ražas atkarībā no dažāda minerālmēslojuma komponentu koncentrācijas augsnē. J. Libihs konstatēja, ka ražas lielumu nosaka tas komponents, kura koncentrācija ir vismazākā. Šo atziņu viņš nosauca par minimuma likumu.



64. att. V. Šelforda diagramma.

Faktora lielumam pieaugot, biosistēmas reakcija palielinās, sākmā — strauji, tad — lēnāk. Punktā *C* tā sasniedz maksimumu un pēc tam samazinās, un punktā *B* iegūst nulles vērtību. Aiz maksimālā kardinālā punkta *B* ir zona, kurā dotā faktora pārmērīga lieluma dēļ attiecīgās sugas īpatņu eksistence nav iespējama. Abu kardinālo punktu tuvumā biosistēmas reakcija ir aptuveni līdzīga. Tāpēc mūsdienās J. Lībiha likumu attiecina uz visu faktoru abiem kardinālajiem punktiem. Atšķirīga ir reakcijas bioloģiskā interpretācija. Pirmajā gadījumā to nosaka faktora nepietiekamība, otrajā — pārsātinātība. Šīs īpatnības izpaužas arī kardinālo punktu tuvumā, kur izveidojas nepietiekamības zona — *AD* un pārsātinātības zona — *EB*. Šajās zonās biosistēmas dzīves apstākļi ir apgrūtināti. Piemēram, augi šeit neveido sēklas vai pat nezied un vairojas vienīgi veģetatīvi. Punkta *C* tuvumā biosistēmas reakcija ir vislielākā. Zonu *FG* sauc par dotā faktora optimuma zonu, jo attiecībā pret pētāmo biosistēmu faktora nodrošinātība ir optimāla. Katra faktora nozīmība biosistēmas dzīvē ir atkarīga no tā attieksmes pret punktiem *A*, *B* un *H* diagrammā. Optimuma zonā pat samērā lielas faktora vērtību izmaiņas biosistēmas reakciju ietekmē maz. Turpreti kardinālo punktu tuvumā tas ir pretēji. Tāpēc daļā mācību grāmatu ieteiktais ekoloģisko faktoru iedalījums galvenajos un fona faktoros, nezinot to attālumu līdz kardinālajiem punktiem, uzskatāms par nepamatotu.

Reālos apstākļos *V. Šelforda* likne ir asimetriska. Tas tāpēc, ka evolūcijas procesā dažādām sugām izveidojušās atšķirīgas prasības, kuru rezultātā optimuma zona ir nobīdīta uz minimālā vai maksimālā kardinālā punkta pusī. Piemēram, ēnciešu sugām tā nobīdīta pa kreisi, saulmīļu sugām — pa labi. Turklāt lielākai ēncietībai vai saulmīlībai atbilst izteiktāka optimuma zonas nobīde. Šāda sugu diferencēšanās prasībās pēc ekoloģiskajiem faktoriem veicina pilnvērtīgāku vides apstākļu izmantošanu un lielāku ekosistēmas apdzīvotības blīvumu. Minēto zonu platums un optimuma zonas izvietojums nav pastāvīgs lielums. Katrai biosistēmai to nosaka tās ontogēnētiskā attīstība un pārējo ekoloģisko faktoru atkarības struktūra. Būtiskas novirzes var izraisīt pat viena vides faktora izmaiņas un it īpaši tad, ja tā vērtība ir kardinālo punktu tuvumā.

Intervālu *AB* sauc par ekoloģiskā faktora amplitūdu jeb *valenci*. Dažādām sugām viena un tā paša faktora ekoloģiskā valence ir atšķirīga. Savukārt vienai sugai var būt atšķirīgas dažādu faktoru ekoloģiskās valences. Sugas ar lielu ekoloģisko valenci sauc par eiribiontiem, bet sugas ar šauru valenci — par stenobiontiem. Nereti ir tā, ka viena suga attiecībā pret vairumu faktoru ir eiribions, bet attiecībā pret dažiem faktoriem — stenobions. Arī pretēji gadījumi nav retums. Eiribionti ir plastiskāki, tie labāk piemērojas vides izmaiņām, un tāpēc to areāls ir plašāks. Izteikts eiribions ir prastā priede, kas šo īpašību saglabā praktiski uz visiem vides faktoriem. Tāpēc arī tās



ģeogrāfiskā izplatība ir ļoti liela, un areāla robežās tā aug gan izteikti sausās kāpu smilts augsnēs, gan pārmitros sūnu purvos, gan minerālās barošanās elementiem nabadzīgās, gan auglīgās augsnes. Labs stenobionta piemērs ir lielā nātre, kas aug ar nitrātiem bagātās augsnēs. Augus stenobiontus sauc arī par *indikatoraugiem*. Tos izmanto ne tikai augšņu identificēšanā, bet pat derīgo izrakteņu, piemēram, urāna un selēna atradņu meklēšanā.

Atkarībā no ekoloģisko faktoru rakstura to ietekme var būt pastāvīga un mainīga. Tā, piemēram, Zemes gravitāciju, atmosfēras ķīmisko sastāvu, sāļu koncentrāciju jūras ūdenī var uzskatīt par praktiski nemainīgiem lielumiem. Vairākuma faktoru ietekme laikā ir mainīga. Izšķir *kumulatīva*, *regulāra* un *neregulāra mainīguma ietekmi*. Kumulatīvi iedarbojas tādi faktori, kuru vērtība vai arī to izraisītais bioloģiskais efekts nemitīgi palielinās. Piemēram, šādā veidā iedarbojas gaisa piesārņojums rūpniecības objektu apkārtnē. Regulārā ietekme ir saistīta ar sezonālajām un diennakts izmaiņām, piemēram, fotoperiodisms (dienas un nakts maiņa) vai temperatūras dinamika dažādos gadalaikos un diennakts stundās.

Vides un ekosistēmas atkarība ir abpusēja. Tas nozīmē, ka ekosistēma pārveido vides faktoros. Par to var pārliecināties, vērojot ezera aizaugšanu. Šajā gadījumā biocenozes un vides attiecības izmainās tādā mērā, ka vienas ekosistēmas — ezera vietā izveidojas cita ekosistēma — purvs.

## EKOLOĢISKO FAKTORU KLASIFIKĀCIJA

Uz mūsu planētas izdala četras ekoloģiskās vides: *sauszeme*, *ūdens*, *augzne* un *organisms*. Katru no tām raksturo savdabīgu īpašību komplekss. Acīmredzot tas ir viens no iemesliem, kādēļ līdz šim vēl nav izstrādāta vispāratzīta ekoloģisko faktoru klasifikācija. Zināma daļa neveiksmju ir izskaidrojama ar ieteikto shēmu ierobežoto raksturu, kas atkarīgs no tā, vai klasifikācijas autors ir augu vai dzīvnieku ekoloģs. Šeit izklāstīsim vienkāršāko un arī populārāko ekoloģisko faktoru iedalījumu.

### 1. Abiotiskie faktori:

- 1) *klimatiskie faktori* — siltums, mitrums, gaisma, gaiss u.c.;
- 2) *edafiskie faktori* — cilmiezis, augsnes trūdvielu saturs, mehāniskais sastāvs, ķīmiskās un hidroloģiskās īpašības u.c.;
- 3) *orogrāfiskie faktori* — augstums virs jūras līmeņa, nogāzes slīpums un ekspozīcija.

### 2. Biotiskie faktori:

- 1) *fitogēnie faktori*,

- 2) *zoogēnie faktori,*
- 3) *mikrobogēnie faktori.*

### 3. **Antropogēnie faktori.**

Jāuzsver, ka šī klasifikācija tikai daļēji atsedz ekoloģisko faktoru daudzveidību, kopsakarību un nozīmību. Relatīvi labāk tā atbilst sauszemes augu ekoloģijas īpatnībām. Kā priekšrocības jāmin shēmas vienkāršība, uzskatāmība un lietošanas ērtums. Tā ir labs pamats vispusīgas un vienotas ekoloģisko faktoru klasifikācijas izstrādāšanai.

## ABIOTISKIE FAKTORI

Abiotiskie faktori veido nedzīvās vides apstākļu kompleksu.

**Klimatiskie faktori** raksturo dotā reģiona ilggadējos laika apstākļus. Tie būtiski ietekmē visus pārējos ekoloģiskos faktorus un to atbilstību dzīvo organismu vajadzībām. Mūsu planētas klimats ir ļoti daudzveidīgs. Galvenokārt tas atkarīgs no vietas ģeogrāfiskā platuma, augstuma virs jūras līmeņa un kontinentu izvietojuma. Ģeogrāfiskās koordinātes nosaka temperatūras režīmu, kontinentu izvietojums — siltuma un mitruma apstākļus: karstie Zemes reģioni atrodas ekvatora, aukstie — polu tuvumā, jūru un okeānu piekrastē ir mitrs un maigs klimats, kontinentu iekšienē — sauss un kontinentāls. Izšķir *makroklimatu*, *mezoklimatu* un *mikroklimatu*.

**M a k r o k l i m a t s** raksturo plašus reģionus, piemēram, Baltijas, Vidusjūras klimats utt. Sakarā ar to, ka makroklimatiskie reģioni ir ļoti lieli un tajos sastopams ļoti atšķirīgs reljefs, katru no šiem reģioniem iedala vairākās lokalizācijās. Lokalizācijas specifiku nosaka konkrētie reljefa apstākļi. Lokalizācijas klimatu sauc par **m e z o k l i m a t u**. Piemēram, kalnainā apvidū atšķiras laika apstākļi ziemeļu un dienvidu nogāzēs. Dažādība ir tik krasa, ka šī iemesla dēļ katrai no minētajām lokalizācijām izveidojas arī atšķirīga augu un dzīvnieku valsts. Ar **m i k r o k l i m a t u** saprot doto dzīvo organismu apdzīvotās vides apstākļus. Lai runātu par mikroklimatu, ir jāzina attiecīgās biosistēmas limenis. Piemēram, meža nogabala, skudru pūžņa, ligzdas, midzeņa mikroklimats utt.

**Temperatūra** ir viens no nozīmīgākajiem klimatiskajiem parametriem. Tā ietekmē visu organismu dzīvības norises. Vairākuma sugu eksistences apstākļi atbilst 0—50 °C, bet optimuma zona — 15—30 °C temperatūras intervālam. Taču zināmi arī tādi organismi, kuru dzīvība saglabājas temperatūrā, kas tālu pārsniedz minētās robežas. Piemēram, eksperimentāli konstatēts, ka atsevišķu sēņu sugu sporas nezaudē dīgtspēju arī tad, ja tās ilgāku laiku turētas temperatūrā, kas tuva absolūtajai nullei. Savukārt ir arī alģu sugas, kas dzīvo karstajos avotos, kur ūdens temperatūra sasniedz 80 °C. Izšķir termofilus un kriofilus organismus. *Termofilo organismu* optimālie dzīves apstākļi atbilst paaugstinātai, bet



*krio filo organismu* — pazeminātai vides temperatūrai. Piemēram, daudzi polāro un augstkalnu teritoriju iemītnieki ir tipiski krio-fili. Atkarībā no ķermeņa temperatūras režīma izdala poikiloter-miskos un homotermiskos organismus. *Poikilotermiskajiem orga-nismiem* ir nepastāvīga ķermeņa temperatūra, tā mainās atbilstoši vides temperatūrai. Pie šīs grupas pieder mikroorganismi, augi, bezmugurkaulnieki, zivis, abinieki un rāpuļi. Šīs grupas dzīvnieku valsts pārstāvjus sauc arī par aukstasiņu dzīvniekiem. Tādējādi tiek uzsvērtā kardinālā atšķirība no otrās — siltasiņu dzīvnieku grupas. Otrajā grupā ietilpst putni un zīdītāji. *Homotermisko organismu* ķermeņa temperatūra ir pastāvīga jebkuros vides apstākļos. Šiem dzīvniekiem ir pilnīgāk izveidojusies termoregulācijas sistēma. Se-višķi efektīvi attīstīta barībā esošās ķīmiskās enerģijas transfor-mācija siltumā. Homotermiskajiem dzīvniekiem evolūcijas gaitā izveidojušās dažādas siltuma racionālas izmantošanas un saglabā-šanas iespējas, piemēram, ķermeņa apspalvojums, apmatojums, zemādas tauku kārtā utt. Tāpēc siltasiņu dzīvnieki labāk piemē-rojas nelabvēlīgiem siltuma apstākļiem un līdz ar to var dzīvot tur, kur aukstasiņu dzīvnieku eksistence nav iespējama. Par speciālu homotermijas veidu uzskata *heterotermiju*. Tā raksturīga tiem silt-asiņu dzīvniekiem, kas nelabvēlīgus apstākļus pavadā mazaktīvā stāvoklī. Šajā laikā krasi palēninās vielmaiņa, elpošana, asinsrite un citi procesi, pazeminās arī ķermeņa temperatūra. Izteikts hete-rotermisks dzīvnieks mūsu republikā ir ezis.

Temperatūras sadalījums uz mūsu planētas virsmas ir ļoti ne-vienmērīgs. Saņemtais siltuma daudzums galvenokārt ir atkarīgs no Saules pacelšanās augstuma virs horizonta. Tāpēc uz ekvatora tas ir vislielākais, bet virzienā uz poliem samazinās (apmēram par  $0,5^{\circ}\text{C}$  uz katru platumu grādu). Vienlaikus izteiktāks kļūst tem-peratūras sadalījuma sezonālais raksturs, citiem vārdiem, palie-linās temperatūras starpība starp ziemas un vasaras mēnešiem. Piemēram, uz ekvatora tā ir niecīga, bet Verhojanskas apkaimē sa-niedz  $80^{\circ}\text{C}$  un vairāk. Arī diennakts temperatūras gaita dažādās zemeslodes vietās ir atšķirīga. Atkarībā no temperatūras režīma mūsu planēta sadalīta vairākās klimatiskās joslās. Piemēram, pēc

klimatologa B. Aļisova (1891—1972), Zemei izšķir *ekvatoriālo, 2 subekvatoriālās, 2 tropiskās, 2 subtropiskās, 2 mērenās, subarktisko* (subantarktisko) un *arktisko* (antarktisko) *joslū*. Katrai klimatis-kajai joslai ir raksturīgs temperatūras režīms un līdz ar to arī vairāk vai mazāk īpatnēja augu un dzīvnieku valsts. Līdzīgas iz-maiņas vērojamas kalnos. Palielinoties augstumam virs jūras lī-meņa, temperatūra krītas (apmēram par  $0,5^{\circ}\text{C}$  uz katriem 100 m augstuma). Tāpēc arī šeit izveidojas vertikālās klimatiskās zonas un tām raksturīga flora un fauna. Vertikālo zonu skaits un speci-fika ir atkarīga no vietas ģeogrāfiskā platuma un kalna augstuma. Visos gadījumos kalnu piekāje atbilst attiecīgajai klimatiskajai joslai.

Dāņu ģeobotāniķis K. Raunkiērs (1860—1938) augu piemēroša-nos nelabvēlīgiem termiskajiem apstākļiem 1903. gadā izmantoja



to iedalīšanai dzīvības formās. Atkarībā no augu diasporu (izplatīšanās un vairošanās vienību) stāvokļa attiecībā pret augsnes virskārtu un tātad no to nodrošinātības izšķir sešas dzīvības formas jeb ekobioformas:

1) epifīti — augi, kas aug uz citu augu stumbriem un kuriem nav tiešas saskares ar augsni;

2) fanerofīti — augi, kuru diasporas ziemā atrodas virs sniega segas (koki, krūmi, liānas);

3) hamefīti — augi, kuru diasporas pārziemo sniega segā (puskrūmi);

4) hemikriptofīti — augi, kuru diasporas ziemu pavada detrita slāni (daudzgadīgi lakstaugi);

5) kriptofīti — augi, kuru diasporas pārziemo augsnē (daudzgadīgi lakstaugi);

6) terofīti — augi, kas pārziemo sporu vai sēklu veidā (viengadīgi lakstaugi).

Pēc K. Raunkiēra klasifikācijas, vides nodrošinātība pret augiem nelabvēlīgiem pārziemošanas apstākļiem palielinās minētajā secībā. Augu sugu skaita procentuālo sadalījumu K. Raunkiēra ekobiomorfās sauc par dotās vietas bioloģisko spektru. Tas labi raksturo reģiona klimatu. Tā, piemēram, arktiskajā un subarktikajā joslā praktiski nav fanerofītu, jo aukstajās un garajās ziemās tie izsalst. Turpreti to ļoti daudz ir ekvatoriālajās joslās. Pēc angļu ekologa P. Ričardsa (1952), Centrālās Eiropas bioloģiskais spektrs ir šāds: epifīti — 0%, fanerofīti — 27%, hamefīti — 6%, hemikriptofīti — 39%, kriptofīti — 23% un terofīti — 5%. Jāatzīmē, ka šis spektrs raksturo makroklimatu. Sakarā ar mezoklimata un mikroklimata atšķirībām katrā konkrētā vietā spektrs ir citāds. Šis piemērs liecina, cik sarežģīti ir izstrādāt ekoloģiski pareizu vietas raksturojumu un cik svarīgi ievērot raksturojuma limes, jo reģionālie un konkrētie laika apstākļi var stipri atšķirties.

Pat optimālajā temperatūrā dzīvība ir iespējama tikai tur, kur ir pietiekams mitruma daudzums. Mitruma būtiski ietekmē arī temperatūras sadalījumu. Šī iemesla dēļ klimatisko joslu robežas ir visai nosacītas. Tas sevišķi labi izpaužas jūru un okeānu tuvumā. Sauszemes ekosistēmu galvenie mitruma avoti ir nokrišņi un gruntsūdens. Apmēram 79% jeb 458 tk/km<sup>3</sup> nokrišņu nokrīt virs okeāniem un jūrām un tikai 21% jeb 119 tk/km<sup>3</sup> — virs kontinentiem. Visvairāk nokrišņu ir ekvatoriālajā joslā, kas atrodas starp desmito ziemeļu platuma un desmito dienvidu platuma grādiem. Attālinoties no šīs joslas, nokrišņu daudzums samazinās un minimumu sasniedz starp 20. un 40. platuma grādu. Šajā joslā ziemeļu puslodē izveidojušies pasaules lielākie tuksneši ar krasi izteiktu ūdens deficītu.

Daļa nokrišņu ūdens iesūcas augsnē un papildina augsnes ūdens un gruntsūdens krājumus. Šajā ziņā ļoti svarīga loma ir augājam. Vietās ar labi izveidojušos augu segu infiltrācija un tātad ūdens rezervju uzkrāšanās ir daudz izteiktāka. Meža ekosistēmās



līdzīgu uzdevumu pilda detrita slānis. Zināma daļa nokrišņu ūdens no augsnes un augu virsmas iztvaiko, atgriežas atmosfērā un no jauna piedalās nokrišņu veidošanā. Relatīvi lielu nokrišņu daudzumu transpirē augu sega. Sevišķi intensīvi šis process norisinās meža ekosistēmās. Piemēram, nereti ziemeļu rajonos pēc audžu nociršanas vērojama pat platību pārpurvošanās. Arī transpirācijas ūdens papildina atmosfēras ūdens resursus. Pārpalikušais nokrišņu ūdens veido virszemes noteci, kas papildina strautus, upes, ezerus un citas ūdenstilpes. Sevišķi intensīva notece veidojas tur, kur daļēji vai pilnīgi iznīcināta augu sega. Šādās vietās notece veicina augsnes un pat *cilmieža noskalošanos* jeb *eroziju*. Ļoti bīstami tas ir kalnos, kur nelīdzsvarota notece nereti rada zemes nobrukumus, kas dubļu un akmeņu straumju veidā ar neapturamu spēku noposta mežus, sējumus, celtnes utt.

Ekosistēmu nodrošinātība ar ūdeni ir atkarīga no nokrišņu daudzuma un iztvaikošanas attiecības. Ja gada nokrišņu daudzums ir mazāks par iztvaikotā ūdens daudzumu šajā laikā, vērojama mitruma nepietiekamība. Šādas teritorijas sauc par arīdām. Arīdās platībās ir apgrūtināta lauksaimniecība, te sējumi cieš no sausuma un pat iet bojā. Taču mākslīgās apūdeņošanas apstākļos sējumiem raksturīga augsta produktivitāte.

Atkarībā no augu prasībām pēc mitruma tos iedala šādās ekoloģiskās grupās.

1. Hidrofīti — augi, kas pilnīgi vai daļēji aug ūdenī. Tos iedala vairākās apakšgrupās: ūdenī brīvi peldoši augi (parastais elsis); augi, kas ar saknēm piestiprinājušies pie ūdenstilpes dibena un kuriem vasa pilnīgi iegremdēta ūdenī (Kanādas elodeja); augi, kuru generatīvie orgāni un augšējās lapas atrodas virs ūdens (ūdensrozes), un krastmalu augi (vilkvālītes).

2. Higrofīti — mitru augtņu augi (purva purene, melnalksnis, kārkli). Atšķirībā no hidrofītiem šīs grupas augi var izturēt neilgu ūdens deficītu un pat nelielu sausumu.

3. Mezofīti — normāla mitruma augtņu augi. Mezofīti ir visplašākā un heterogēnākā grupa. Pie tās pieder kultūraugi (rudzi), pļavu lakstaugi (sarkanais āboliņš), meža lakstaugi (parastā maijpuķīte), vairums lapu koku (āra bērzs), nezāles (parastā virza) u.c. Mezofīti slikti panes pārmērīgu mitrumu vai sausumu. Tāpēc augstu ražu iegūšanai nelabvēlīgos apstākļos nepieciešama platību nosusināšana vai laistīšana.

4. Kserofīti — sauso augtņu augi. Ļoti plaši izplatīti stepēs un tuksnešos. Mērenajā joslā tie aug izteikti sausās smiltis augsnēs, piemēram, apspīdētās nogāzēs (kodīgais laimiņš). Kserofītus iedala sukulentos un sklerofītos. *Sukulentiem* raksturīgs sulīgs stumbrs vai lapas, kur audi lietus periodā uzkrāj ūdens rezerves, ko racionāli izmanto sausajā laikā. Tipiski sukulenti ir kaktusi. To ļoti daudz Amerikas un Austrālijas tuksnešos, kur, kaut arī reti, tomēr uznāk spēcīgas lietusgāzes, kad kaktusi pagūst uzņemt ūdens rezerves. *Sklerofīti*, piemēram, saksauli, nepieciešamo ūdens



daudzumu sagādā ar ļoti spēcīgi izveidoto sakņu sistēmu, kas nereti sniedzas līdz 10—15 m dziļumam. Turklāt sklerofiti bez redzamām sekām var ilgāku laiku normāli eksistēt pat tad, ja augi zaudē līdz 50% tajos esošā ūdens. Sklerofiti galvenokārt izplatīti Āzijas un Āfrikas tuksnešos, kur lietus ir ārkārtīgi reta parādība.

Gaismai dažādu organismu dzīvē ir atšķirīga ekoloģiskā loma. Zaļajiem augiem tā ir enerģijas avots fotosintēzē. Tā kā šajā procesā no neorganiskajām vielām veidojas primārā produkcija, ko tieši vai netieši barībā izmanto citi organismi, gaismai ir vitāla nozīme visu ekosistēmas komponentu dzīvē. Starpība tā, ka dažādas sugas to izmanto dažādi. Atkarībā no gaismas prasības augus iedala *saulmīļos* jeb *heliofitos* (parastā priede), *ēnciešos* jeb *umbrofitos* (meža zaķskābene) un *ēnmīļos* jeb *sciofitos* (meža sprigane). Daļai augu sugu ontogēnēzē prasība pēc gaismas mainās. Piemēram, parastā egle jaunībā ir izteikta ēnciete. Tāpēc mūsu apstākļos tā labprāt aug zem priežu un lapu koku audžu vainagu klāja. Gaisma ir nozīmīgs ekoloģisks faktors, kas jāņem vērā dažādu apstādījumu veidošanā. Šajā nolūkā ir izstrādātas attiecīgas gaismasprasības skalas. Piemēram, gaismasprasības samazināšanās secībā skuju koki veido šādu rindu: lapegle, priede, egle, ciedrs, baltegle, īve un lapu koki — apse, bērzs, osis, ozols, kļava, liepa, skābardis un dižskābardis.

Arī dzīvniekiem nepieciešama gaisma. Tos iedala fotofilos un fotofobos. *Fotofili* nevar dzīvot ilgstošā tumsā, tad tiem sākas dažādi fizioloģiski traucējumi un dzīvnieki nereti iet bojā. *Fotofobu* reakcija ir pretēja. Spilgts apgaismojums tiem ir kaitīgs. Tāpēc tie dzīvo alās, augsnē, jūru un okeānu dziļūdenī. Pie šīs grupas pieder arī tādas sugas, kurām virszemes ekosistēmās raksturīgs nakts dzīvesveids.

Gaismai izšķiroša nozīme ir augu un dzīvnieku orientācijai laikā un telpā. Eksperimentāli pierādīts, ka dienas un nakts garuma maiņa — *fotoperiodisms* — ir savdabīgs signāls, kas brīdina par jaunas sezonas tuvošanos. Attālinoties no ekvatora, kur dienas un nakts garums praktiski ir vienāds un nemainīgs, fotoperiodisma nozīme palielinās. Mērenajā un subarktiskajā joslā fotoperiodisma ietekmē augi un dzīvnieki savlaicīgi sagatavojas bargajam ziemas periodam. Ja fotoperiodisms tiek traucēts, augi pat nosalst. Tas jāņem vērā augu introdukcijā, dienviņu apgabalu šķirnes un sugas ieaudzējot ziemeļu rajonos. Fotoperiodisma izjaukšana dzīvniekiem saistīta ar traucējumiem vairošanās procesā, migrešanā utt.

**Edafiskie faktori** daudzējādi nosaka ekosistēmas sastāvu un funkciju norisi. Augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības, augsnes ūdens un gaisa režīms, cilmiezis, augsnes floras un faunas darbība un citi aspekti izpaužas augu apgādē ar ūdeni un minerālvielām. Atkarībā no augsnes pamatīpašības — auglības — izšķir *oligotrofās*, *mezotrofās* un *eitrofās sauszemes ekosistēmas*. Līdzīgi iedala arī pašas augsnes un augus, kas piemērojušies augt kādā no minētajām edafisko apstākļu kategorijām. Par *oligotrofām* sauc ar



augu barības vielām nabadzīgas augsnes, par *mezotrofām* — vidēji bagātas un par *eitrofām* — bagātas augsnes. Uzlabojoties augsnes auglībai, palielinās ekosistēmas augu un dzīvnieku populāciju skaits, blīvums un produktivitāte. Ekosistēmas funkcionē tā, ka dabiskos apstākļos augsnes auglība ilgstoši saglabājas. Taču tā ir ļoti dinamiska īpašība. Saprātīgi saimniekojot, iespējama augsnes auglības un līdz ar to arī ekosistēmas produktivitātes kāpināšana. Turpretī nepārdomātas cilvēku rīcības rezultātā augsne noplicinās un ekosistēma strauji degradējas. Jāatzīmē, ka augsnes masveidīgas minerālmēslošanas dēļ pakāpeniski paātrinās ūdenstilpju eutrofikācija, jo daļa minerālmēsļu izskalojas un ieplūst grāvjos, strautos, upēs un ezeros. Tāpēc to ūdens nemitīgi bagātinās ar dažādām minerālvielām, kas ir iemesls ūdensaugu bagātīgai sazēlēšanai. Rudenī un ziemā, augu atliekām sadaloties, tiek pastiprināti patērēts ūdenī izšķīdušais skābeklis. Tas savukārt izraisa skābekļa badu, zivju smakšanu un citas ūdens ekosistēmai bīstamas parādības.

Sevišķi nelabvēlīgus vides apstākļus (zemas temperatūras, mitruma trūkums) daudzi organismi (vīrusi, baktērijas, sēnes, ķērpji, zemākie dzīvnieki) pārdzīvo anabiozes stāvoklī. Anabiozē dzīvības procesi gandrīz nenotiek, taču organismu dzīvotspēja saglabājas un, apstākļiem uzlabojoties, tie atgriežas normālajā dzīves režīmā. Cilvēks anabiozi izmanto, lai uzglabātu dzīvās vakcīnas, vīrusu un baktēriju kultūras, kā arī audus un orgānus.

## BIOTISKIE FAKTORI

Ekosistēmu iemītnieki nedzīvo izolēti. Tie vienmēr veido kopas, kurās visi locekļi atrodas mijiedarībā. Tādēļ arī jebkuru biocenozi raksturo skaitliski liels un kvalitatīvi ļoti sarežģīts savstarpējo attiecību jeb biotisko faktoru komplekss. Atkarībā no ietekmes aģenta sistemātiskās piederības izšķir *fitogēnos*, *zoogēnos* un *mikrobogēnos faktorus*. Biotiskie faktori ir nepieciešama vides sastāvdaļa, bez kuras dzīvo organismu eksistence nav iespējama. Kopš 1939. gada, vadoties pēc amerikāņu ekologa F. Klements un V. Šelforda ieteikuma, attiecības starp biocenozes locekļiem sauc par *koakcijām*. Pēc franču ekologa R. Dažo, tās iedala heterotipiskajās un homotipiskajās koakcijās. *Heterotipiskās koakcijas* ir attiecības starp dažādu sugu pārstāvjiem, bet *homotipiskās koakcijas* — attiecības starp vienas sugas pārstāvjiem. Savukārt kā vienas, tā otras iedala vairākos koakciju tipos.

**Heterotipisko koakciju tipus** izdala atkarībā no organismu savstarpējās ietekmes rakstura. Vienkāršības dēļ pieņemsim, ka pastāv divu komponentu attiecības. Tās var būt abpusēji labvēlīgas (apzīmē ar ++), labvēlīgi neitrālas (+0), nomācošas (+-) un abpusēji antagonistiskas (—).

1. **Abpusēji labvēlīgās attiecībās** abi komponenti gūst labumu. Pie šī tipa pieder šādi koakciju veidi: *simbioze*, *mutuālisms* un *protokooperācija*.



*Simbiozē* vērojami zināmi parazitisma elementi, jo viens no komponentiem izmanto otra saražotās organiskās vielas. Labs simbiozes piemērs ir *mikoriza*, kurā viens komponents ir augstākie augi, otrs — sēnes. Sēņu micēlijs aug uz koku vai lakstaugu saknēm, ar hifām tas iespiežas sakņu šūnās, un tādējādi sēne barībā daļēji izmanto zaļā simbionta fotosintēzes produktus. Savukārt micēlijs atvieglo ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu uzsūkšanu. Aprakstīti gadījumi, kur šādā veidā sakņu uzsūcošā virsma palielinās 5—15 reizes. Sevišķi liela nozīme tam ir kserofītiskos augšenes apstākļos. Vēl vairāk, ir konstatēts, ka augstākie augi, piemēram, dažādas orhideju sugas, sakņu šūnās iekļuvušās hifas daļēji šķīdina un izmanto asimilātu veidošanā. Šajā gadījumā vērojami pat abpusēji parazitisma elementi. Nereti simbiotiskā atkarība ir tik cieša, ka bez tās augstākie augi nīkulo vai pat aiziet bojā.

*Mutuālismam* nepiemīt parazitisma elementi. Kā mutuālisma piemēru var minēt *entomofiliju*, kur kukaiņi, barodamies ar ziedu nektāru, nodrošina augiem svešapputi.

Atšķirībā no simbiozes un mutuālisma *protokooperācija* nav obligāts attiecību veids, tā var būt vai nebūt. Piemēram, ir daudzas putnu sugas, kas iespēju robežās ligzdo kopējās kolonijās un tādējādi zināmā mērā nodrošina mazuļus pret dabiskajiem ienaidniekiem.

2. Labvēlīgi neitrālās attiecībās tikai viens komponents gūst labumu, bet otra komponenta attieksme ir neitrāla. Pie šī tipa pieskaita *komensālismu* un *sinoikiju*. Komensālisms ir obligāts, sinoikija — fakultatīvas attiecības.

*Komensālisms* ir ļoti izplatīts koakciju veids. Tas izpaužas gan komponentu trofiskajās, gan topiskajās attiecībās. Ar pirmajām apzīmē barošanās attiecības, ar otrajām — attiecības, kas saistītas ar izvietošanās, paslēpšanās, vairošanās apstākļiem utt. Kā piemēru var minēt lauvu un hienu attiecības. Hiēnas, pārtikdamas no lauvu medijumu atliekām, ir tipiski trofiskie komensāli. Augu valstī izplatītākie komensāli ir epifīti un liānas. Epifīti aug uz citu augu stumbriem, kur izvietojas atbilstoši savām gaismas un mitruma prasībām. Tie barojas galvenokārt ar vielām, kas radušās, sadaloties saimniekauga atmirušajām atliekām, un izšķīdušās lietussūdenī, kas notek pa stumbru. Liānu saknes atrodas augsnē. Saimniekaugus tās izmanto, lai izdevīgākā apgaismojumā paceltu lapas un ģeneratīvos orgānus. Mūsu apstākļos raksturīga liāna ir parastais apinis.

Kā *sinoikijas* piemēru var minēt *endozoisko zoohoriju* jeb sēklu un augļu izplatīšanos, dzīvniekiem tos apēdot un izvadot caur barības traktu.

3. *Nomācošās* jeb *eksploatatīvās* attiecības vienam komponentam ir izdevīgas, otram — kaitīgas. Šajā tipā ietilpst *plēsonība*, *parazitisms* un *amensālisms*.

*Plēsonības* gadījumā viens komponents — plēsoņa — iznīcina otru — upuri. Abi komponenti saistīti vienīgi trofiski, tiem



pastāvīgs dzīvesveids. Uzskatāms plēsonības piemērs mūsu apstākļos ir vilku un stirnu attiecības mežu ekosistēmās. Plēsonība iespējama ne tikai starp dzīvniekiem, bet arī starp dzīvniekiem un augiem. Pēc minētās koncepcijas, arī pirmās kārtas konsumenti jeb zāledāji, ja tie iznīcina, nevis apēd tikai atsevišķas augu daļas, ir plēsoņas šī vārda ekoloģiskajā nozīmē. Dabā sastopama arī pretēja parādība, kur plēsoņas loma ir augam, bet upuris ir dzīvnieku valsts pārstāvis. Piemēram, mūsu platuma grādu augstajos jeb sūnu purvos aug kukaiņēdāji augi — rasenes. Raseņu lapu dziedzermatiņi ir piemēroti kukaiņu ķeršanai. Bez tam tie izdala sulas, kas sagremo kukaiņus un tādējādi augu nodrošina ar barības vielām.

*Parazitisms* ir trofisko un topisko attiecību veids. Šeit viens organisms — parazīts — dzīvo uz otra organisma — saimnieka (ektoparazitisms) vai otrā organismā (endoparazitisms) un barojas no tā. Turklāt saimnieks netiek iznīcināts. Tikai tad, ja parazītu savairojas ļoti daudz, saimnieks un līdz ar to arī tā parazīts iet bojā. Visumā saimnieks parazītu ietekmē vairāk vai mazāk nīkuļo. Parazīti ir kā augi, tā dzīvnieki. Parazītaugi nesatur hlorofilu un tātad nefotosintezē, parasti to lapas ir izteikti reducētas, sēklas dīgst un augi labi attīstās tikai tad, ja nokļūst uz piemērota saimniekauga. Tipisks šāds augs ir sārta bezlape, kas parazītē uz lapu koku saknēm. Augu valstī sastopams arī *pusparazitisms*. Šie augi satur nedaudz hlorofila, un tāpēc tie sintezē arī organiskās vielas, bet tik maz, ka to nepietiek pusparazītu augšanai. Tāpēc tie, piemēram, baltais āmulis, barībai izmanto saimniekauga sulas.

*Amensālisms* ir tādas attiecības, kur viens komponents cenšas nomākt otru ar saviem izdalījumiem. Piemēram, parastā priede izdala fitoncīdus — gaistošas vielas, kas spēj nomākt baktēriju, sēņu un viēšņu augšanu, bet mikroorganismi sintezē antibiotikas — aktīvas vielas, kuras medicīnā tiek lietotas citu mikroorganismu — dažādu infekcijas slimību ierosinātāju iznīcināšanai vai to vairošanās un attīstības būtiskai aizkavēšanai.

4. Abpusēji negatīvās attiecības jeb antagonisms iestājas tad, ja abiem komponentiem ir līdzīgas ekoloģiskas prasības un līdzīgs to apmierināšanas veids. Piemēram, kultūraugi un nezāles atrodas antagonistiskās attiecībās, jo konkurē pēc minerālās barošanās elementiem, ūdens, gaismas utt. Nereti konkurence ir tik spēcīga, ka viena suga pārejās izspiež un veido monocenozes. Piemēram, bieži ezeru krastos lielās platībās plešas niedru vai meldru tīraudzes.

**Homotipiskajām koakcijām** arī sastopami minētie tipi, taču šīm attiecībām raksturīgas arī specifiskas formas. No tām minēsim tikai divas — *grupas* un *masas efektus*.

Par grupas efektu P. Grasē 1944. gadā nosauca tās kvalitatīvi jaunās attiecības, kas rodas, vienas sugas īpatņiem apvienojoties kopā. Šis efekts, kas ļoti labi izteikts daudzām kukaiņu

un mugurkaulnieku sugām, izpaužas paātrinātā īpatņu attīstībā, kolektīvā barības sagādē, aizsardzībā pret ienaidniekiem u. c. Dažkārt grupas efektu sauc arī par *populācijas minimālā apjoma principa izpausmi*. Ar to tiek uzsvērts, ka populācija var pastāvēt tikai tad, ja tās apjoms ir lielāks par minimālo robežu. Konstatēts, piemēram, ka Āfrikas zilonim tā ir 25 dzīvnieki, ziemeļbriedim — 300 dzīvnieku. Ar grupas efektu sevišķi jāreķinās, ja sugu pārstāv tikai viena populācija, kā tas ir izzūdošām sugām. Nedrīkst pieļaut populācijas skaita jeb blīvuma samazināšanos līdz minimālajai robežai, jo tad sugas saglabāšanās iespējama vienīgi cilvēka aprūpētos apstākļos.

Ma s a s e f e k t a nozīme, kā norāda P. Grasē, ir pilnīgi pretēja. Ar to saprot izmaiņas, kas rodas vides pārapdzīvotības dēļ. Grupas efekts veicina populācijas izdzīvošanu, bet masas efekts — tās degradēšanos. Masas efekts izpaužas kā populācijas dzimstības samazināšanās un mirstības palielināšanās. Šie procesi norisinās pat tad, ja pietiek barības. Protams, iestājoties barības trūcumam, populācijas degradēšanās krasi paātrinās. Masas efekta dēļ katrai ekosistēmai ir noteikta *bioloģiskā ietilpība* jeb *ekoloģiskā kapacitāte*. Ar to saprot maksimālo populāciju blīvumu, ko ekosistēma spēj ilgstoši uzturēt, neizraisot degradēšanos. Populācija jāekspluatē tā, lai tās blīvums būtu nedaudz mazāks par ekosistēmas ekoloģisko kapacitāti. Tas nodrošina populācijas veselīgumu, nemitīgu augšanu un ilgstoši maksimālu produktivitāti.

Ikvienā ekosistēmā vienlaikus pastāv kā heterotipiskās, tā homotipiskās koakcijas. Pēc J. Oduma, ja pārsvarā ir homotipiskās koakcijas, tas veicina sugas ekspansiju jeb iespīšanās vidē ar mazāk piemērotiem ekoloģiskajiem faktoriem. Ja turpretī intensīvākas ir starpsugu attiecības, suga lokalizējas apstākļos, kas tuvi optimālajiem.

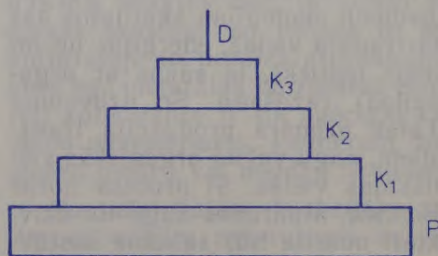
## EKOSISTĒMAS TROFISKĀ STRUKTŪRA

Ekosistēmas trofisko struktūru veido biocenozes locekļu barošanās attiecības. Jau izsenis cilvēka apziņā izveidojies priekšstats, ka dabā cits citu apēd. Mūsdienu ekoloģijas skatījumā tas nozīmē, ka ekosistēmā notiek nepārtraukta vielas, enerģijas un informācijas plūsma. Kā jau atzīmēts iepriekš, tā sākas ar organiskās masas (primārās produkcijas) ražošanu. Šo uzdevumu veic producenti — zaļie augi. Tālāk primārā produkcija transformējas sekundārajā, citiem vārdiem, augu valsts organiskās vielas pārveidojas dzīvnieku organiskajās vielās. Šī procesa norisi nodrošina konsumentu darbība. Beidzot, atmirušās augu un dzīvnieku atliekas jeb detritu destruktori noārda līdz sākuma sastāvdaļām: ūdenim, oglekļa dioksīdam un minerālvielām, kuras producenti atkārtoti iekļauj minētajā plūsmā. Tāda ir vispārīgā shēma. Lai uzsvērtu barošanās attiecību izšķirošo nozīmi tajā, producentus, konsumentus un destruktorus sauc par *barošanās* jeb



trofiskajiem līmeņiem. Reālajās ekosistēmās vispārīgā shēma iegūst ļoti sarežģītu raksturu, un ir grūti noteikt, kādi konsumenti un kādā secībā piedalās organiskās vielas transformēšanā. Sacītais attiecas arī uz destruktoriem.

Organisko vielu radīšanā un pārveidošanā piedalās visas biocenozes sugas. Kopējā vielas plūsma ekosistēmā sadalās atsevišķos kanālos — barības jeb trofiskajās ķēdēs. Katra trofiskā ķēde sastāv no vairākiem posmiem — attiecīgām dzīvo organismu sugām. Piemēram, lakstaugus apēd zaķi, zaķus nomedī vilki, no vilku organiskajām vielām pārtiek parazīti. Minētā trofiskā ķēde sastāv no četriem posmiem: lakstaugiem (producenti), zaķiem (pirmās kārtas konsumenti), vilkiem (otrās kārtas konsumenti) un vilku parazītiem (trešās kārtas konsumenti). Visos trofiskās ķēdes posmos rodas detrits, kuru sadala destruktori. Trofiskās ķēdes ekosistēmā ir savstarpēji saistītas — tās krustojas. Tas nozīmē, ka vairākām ķēdēm vismaz viens posms ir kopīgs. Piemēram, zaķus var nomedīt ne tikai vilki, bet arī lapsas, tādējādi turpinot citu trofisko ķēdi: lakstaugi—peles—lapsas—vilki (atkal ķēdes krustojas)—parazīti. Savukārt pūces ķer peles, kas nodrošina vēl kādas citas ķēdes darbošanos. Trofisko ķēžu krustotšanās dēļ ikvienā ekosistēmā funkcionē sarežģīta barošanās attiecību sistēma, ko franču ekoloģs E. Driū nosaucis par trofisko tīklu. Ja kāds trofiskās ķēdes posms izkrīt (kāda suga tiek iznīcināta vai pamet doto ekosistēmu), tiek būtiski izmainīta vielas plūsma ekosistēmā. Sevišķi bīstami tas ir tad, ja tiek traucēta barības ķēžu sākuma posmu darbība, jo tas draud ar visa trofiskā tīkla sabrukumu un līdz ar to arī ekosistēmas bojāeju. Piemēram, nemitīgi pieaugošā okeānu un jūru piesārņošana ar naftas produktiem, ķīmiskās rūpniecības ražojumiem un citām kaitīgām vielām nomāc fitoplanktonu — ūdenstilpju fitocenozi. Šī producenta daļēja iznīcināšana ne tikai traucē gāzu apmaiņu starp hidrosfēru un atmosfēru, kas izraisa neparedzamas klimatiskās izmaiņas, bet ir ekoloģisks cēlonis masveidīgai dzīvības bojāejai okeānos un jūrās.

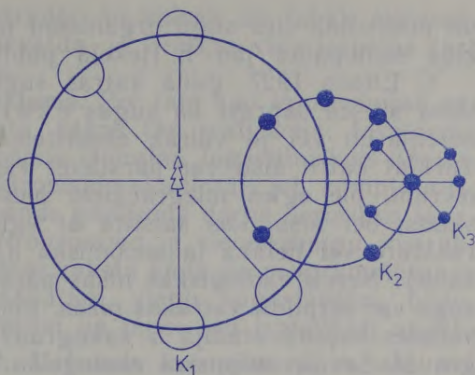


65. att. Ekoloģiskās piramīdas principiālā shēma:

P — producenti,  $K_1$ ,  $K_2$  un  $K_3$  — pirmās, otrās un trešās kārtas konsumenti, D — destruktori.

Amerikāņu ekoloģs Č. Eltons 1927. gadā ieteica ekosistēmas trofisko līmeņu kvantitatīvās attiecības attēlot grafiski (65. att.). Katru trofisko līmeni, sākot ar producentiem un beidzot ar destruktoriem, attēlo kā četrstūri, kura laukums ir proporcionāls dotā līmeņa pārstāvētībai ekosistēmā. Minētajā secībā četrstūrus attēlo vienu virs otra, iegūstot grafiku, kas vairumā

gadījumu atgādina piramīdu. No tā arī cēlies termins — *ekoloģiskā, trofiskā* jeb Č. Eltona *piramīda*. Atkarībā no tā, ar kādu pazīmi raksturo trofiskos līmeņus, izšķir trīs ekoloģisko piramīdu tipus — daudzuma, biomasas un enerģijas. Reālo īstenību patiesāk atsedz trešā tipa piramīdas, jo tās izsaka ne tikai trofiskajos līmeņos akumulēto enerģiju, bet, atspoguļodamas dzīvo organismu fizioloģisko aktivitāti, arī atsevišķo līmeņu funkcionālo lomu. Daudzuma piramīdas parāda sīko organismu, bet biomasas piramīdas — lielo organismu palielinātu nozīmi ekosistēmas trofiskajā struktūrā.



66. att. Konsortīvās atkarības shēma:  
 $K_1$  — pirmās pakāpes konsorcijs (determinants egļe),  $K_2$  — otrās kārtas konsorcijs (determinants vāvere),  $K_3$  — trešās kārtas konsorcijs (determinants cauna).

Sauszemes ekosistēmās dzīvie organismi veido biogrupas jeb konsorcijas (66. att.). Vienas konsorcijas pārstāvji ir cieši saistīti. Tas izpaužas gan trofiski, gan tropiski. Tādējādi tiek veicināta trofiskā tīkla realizēšanās un nodrošināti piemēroti mitināšanās apstākļi. Konsorcijas centrs ir tādas sugas, kurām piemīt izteiktas vides izmaiņšanās spējas jeb *edifikatorspējas*.

Piemēram, jaukto skuju un lapu koku mežaudzēs tāda suga ir egļe. Ar vainagiem egles būtiski izmaina gaismas, mitruma un temperatūras režīmu, ar nobirām veicina specifiskas augsnes veidošanos utt. Vienlaikus daudzas konsumentu sugas izmanto barībā egļu dažādu orgānu (sēklas, skuju, miza, stumbra koksne, saknes) organiskās vielas. Organismus, kas veido konsorcijas centru, sauc par *determinantiem*, bet organismus, kas tos izmanto, — par *konsortiem*. Parasti atsevišķi konsorti iekļaujas konsorcijā kopā ar tiem raksturīgajiem pavadoņiem. Tā, piemēram, vāvere, kas barībā izmanto egles sēklas un tās vainagā taisa mitekli, ir tipisks egles konsorts. Vienlaikus vāvere ir barības bāze un dzīves telpa dažādiem parazītiem un barības sastāvdaļa caunai. Tāpēc uzskata, ka vāvere ar saviem pavadoņiem veido atsevišķu biogrupu, kas attiecībā pret egli ir otrās kārtas konsorcijs un kurā vāvere izpilda determinanta lomu. Savukārt cauna ir trešās kārtas determinants un kopā ar saviem pavadoņiem veido šīs kārtas konsorciju utt.

Katras sugas pārstāvji konsorcijā un līdz ar to visā ekosistēmā veic noteiktas funkcijas — tie ieņem zināmu vietu trofiskajā tīklā



un nodrošina citu sugu organismu mitināšanās apstākļus. Šī atziņa sastopama jau E. Hekeļa publicējumos 1866. gadā.

Č. Eltons 1927. gadā katras sugas funkcionālo vietu ekosistēmā ieteica saprast kā sugas ekoloģisko nišu. Katrā konсорcijā un vēl jo vairāk ekosistēmā ir daudz ekoloģisko nišu. Turklāt katru nišu var pārstāvēt viena vai vairākas sugas. Piemēram, pie egles mizgraužiem pieskaitāms liels kukaiņu sugu skaits, bet nišu, kas saistīta ar egles sēkļu patērēšanu barībā, raksturo vēl lielāka taksonomiskā dažādība (vāvere, dzenis, kukaiņi). Nereti ekoloģiskās nišas pārsedzas. Tas nozīmē, ka viena suga var aizpildīt vairākas nišas. Piemēram, meža un lauku maijvaboles kāpuru stadijā ir saknēgrauži, bet imago stadijā — lapgrauži. Sevišķi intensīva ekoloģisko nišu transformēšanās notiek piespiedu apstākļos, piemēram, barības trūkumā, kad sugas pāreja uz citu nišu ir vitāls izdzīvošanas nosacījums. Jāatzīmē, ka bez funkcionālās izpratnes pastāv arī cita ekoloģiskās nišas interpretācija. Dž. Grinnels (1877—1939) ieviesa šo terminu, saprotot to kā vides apstākļu kompleksu, kas nodrošina dotās sugas ilgstošu un normālu eksistenci. Jaunākās ekoloģiskās nišas interpretācijas autors ir amerikāņu ekologs Dž. Hatčinsons. Viņš 1957. gadā to formulēja kā matemātisku jēdzienu, kas izsaka sugas izdzīvošanai nepieciešamo ekoloģisko faktoru kopu.

## INFORMATIKA BIOLOĢIJĀ

Informātika ir zinātne par informācijas ieguves, glabāšanas, apstrādes un izmantošanas likumsakarībām. Tās sekmīgu lietošanu nosaka *algoritmiskais, programmiskais, tehnoloģiskais* un *tehniskais nodrošinājums*.

**Algoritmiskā nodrošinājuma** pamatzdevums ir darba metodikas izstrāde, sākot ar novērojumu un eksperimentu plānošanu un beidzot ar iegūto atziņu praktisku izmantošanu. Tikai prasmīgi izvēlēta metodika nodrošina pareizu reālās īstenības atspoguļošanu. Pretējā gadījumā nekādi citi līdzekļi, modernas skaitļošanas mašīnas ieskaitot, nespēs novērst aplamu atziņu ģenerēšanu. Šādas atziņas ir sevišķi bīstamas, jo, šķietami radīdamas matemātiska pamatojuma iespaidu, tās iedveš uzticību un orientē uz nepareizu rīcību. Parasti neatbilstošas metodikas sastādīšanas pamatā ir nepietiekama pieredze un pat zināšanu trūkums bioloģijā un matemātikā. Jāatceras, ka primārā nozīme vienmēr ir izziņas objekta bioloģiskajai jeb kvalitatīvajai analīzei, bet matemātika un skaitļošanas tehnika ir tikai formāls līdzeklis ātrākai un racionālākai kvantitatīvās analīzes rezultātu ieguvei. Taču nereti bioloģijas mūsdienīgie pētījumi ir tik vērienīgi un sarežģīti, ka bez tiem nav iedomājama bioloģijas tālākvirzība. Matemātika piedāvā plašu metožu klāstu, to starpā gandrīz nav tādu, kuras nederētu

bioloģiskās informācijas apstrādei. Jo vairāk un labāk matemātiskās metodes speciālists pārvalda, jo lielākas viņa iespējas rast dažādu uzdevumu risinājumu.

**Programmiskais nodrošinājums.** Pēc tam kad informācijas apstrādes metodika ir izstrādāta, sākas tās realizācija. Iespējama dažādu tehnisko līdzekļu lietošana (tabulas, logaritmiskais lineāls, aritmometri, kalkulatori, elektroniskie skaitļotāji jeb kompjuāteri). Datu kompjuāteriskas izvērtēšanas gadījumā darba algoritms jāuzraksta programmas veidā. *Programma* ir viennozīmīgu instrukciju kopa. Lietišķās programmas raksta kādā no programmēšanas valodām. Viena no vienkāršākajām, viegli apgūstamām, bioloģiskos pētījumos labi piemērotām un tāpēc ļoti izplatītām augsta līmeņa valodām ir BASIC. Vairums kompjuāteru, t. sk. arī personālie, kuru izmantošanas straujš kāpinājums Latvijā paredzams arī turpmākajos gados, saprot šo valodu. Ļoti bieži lieto arī tādas programmēšanas valodas kā FORTRAN un PL/1. Minētajās valodās biežāk sastopamo uzdevumu risināšanai augsti kvalificēti programmētāji sastādījuši t.s. *standartprogrammas*, kas ļoti atvieglo darbu. Nereti kāda sarežģītāka darba veikšanai jāizmanto vairākas programmas. Nepieciešamo programmu kopu sauc par *programmisko nodrošinājumu*.

**Tehnoloģiskais nodrošinājums** ir dažādu operāciju kopa, kas īsteno normālu kompjuātera darbu. Lai sekmīgi strādātu, ir jāzina, kā kompjuāteru ieslēgt, tā atmiņā ierakstīt vai sameklēt tur jau esošu vajadzīgo programmu vai apstrādājamo datu kopas, likt programmai darboties, labot kļūdas utt. Gluži tāpat kā programmēšanas mākas, arī praktisko iemaņu apgūšana iespējama tikai tiešā kontaktā ar kompjuāteru.

**Tehniskais nodrošinājums.** Iepriekšsacītajam ir maza nozīme, ja lietotāja rīcībā nav mūsdienīgu kompjuāteru vai arī tie nedarbojas tehnisku kļūmju dēļ. Plašais inženierzināšanu apjoms, kā arī materiālie līdzekļi, kas nepieciešami informācijas ieguvei, glabāšanai, apstrādei un praktiskai izmantošanai, ir *informātikas tehniskais nodrošinājums*.



- Андерсон Дж. Экология и наука об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек. — Л.: Гидрометеиздат, 1985.—166 с.
- Дажо Р. Основы экологии. — М.: Прогресс, 1975. — 416 с.
- Дрё Ф. Экология. — М.: Атомиздат, 1976. — 165 с.
- Одум Ю. Экология, 1. — М.: Мир, 1986. — 328 с.
- Одум Ю. Экология, 2. — М.: Мир, 1986. — 376 с.
- Рамад Ф. Основы прикладной экологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 544 с.
- Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. — М.: Просвещение, 1981. — 256 с.
- Яблоков А. В. Популяционная биология. — М.: Высшая школа, 1987. — 304 с.

- Abinieku klase 201—203
- Acs 289—291
- Adaptācijas 322—324
- Adenozīntrifosforskābe 23, 26
- Airkājvēži 177, 178
- Aitas 222
- Aizsardzība
  - floras un faunas 225—234
- Aizsargājamie augi, sēnes, dzīvnieki 228—233
- Aksons 303, 304
- Alantojs 52
- Aloģenēze 334
- Alveolas 265, 266
- Alģes 108—112
- Alģsēnes 104, 105
- Amensālisms 403, 404
- Amnijs 52
- Analizators
  - ādas 295
  - dzirdes 292, 293
  - garšas 296
  - līdzsvara 294, 295
  - ožas 296
  - redzes 289—291
- Anatomija 235
- Androcejs 82, 84
- Anemofilija 87, 88
- Anemohorija 95, 96
- Antagonisms 404
- Anterīdiji 116
- Antropogēnā ietekme 337
- Antropogēneze 339, 340
- Antropohorija 95, 96
- Apalmutnieku klase 194—196
- Apaugļošanās 47—49
  - divkārsā 90
  - segsēkļu 88—90
- Apaugļotas olšūnas attīstība 49
- Aplieva 80
- Apotēciji 114
- Apputeksnēšanās 86—88
- Aprikozes 126
- Apziednis 83
- Arhantropi 340
- Arhegoniji 116
- Aroģenēze 334
- Artērijas 256
- Asarveidīgo zivju kārtā 200
- Asinis 251—261
- Asins
  - funkcijas organismā 255
  - grupas 254, 255
  - plazma 251
  - plātnītes 253
  - sastāvs 251—254
- Asinsrite 255
- Asinsrites loki 258—260
- Asinsspiediens 255
- Asinsvadi 256, 257
- Asiņošana 256, 257
- Askusēnes 104—106
- Atgremotāju apakškārtā 220, 221
- Atmosfēra 386
- Attīstības īpatnības
  - abinieku 51
  - cilvēka un citu zīdītāju 52—54
  - putnu 51, 52
- Atvārsnītes 59
- Audi 235—240
  - epitēlijaudi 236, 237
  - kaulaudi 238
  - mehāniskie 60, 61, 78
  - muskuļaudi 238, 239
  - nervaudi 239, 240
  - pamataudi 60



- saistaudi 237, 238
- segaudi 58, 59
- skrimšļaudi 238
- vadaudi 61, 62
- veidotājadi 59, 60

Audu šķidrums 261, 262

Augu

- barošanās caur lapām 73, 74
- klasifikācija 98—100
- kopas 133, 134
- un dzīvnieku līdzība un atšķirības 224
- valsts attīstība 131—133

Auglenica 84

Augļapvalks 91

Augļkopas 84, 95

Augļu

- attīstība 91
- klasifikācija 91—95
- un sēklu izplatīšanās 95, 96
- uzbūve 91

Auss 292, 293

Autohorija 95

Autosomas 355

Autotrofi 26

**A**beles 126

Āboliņi 127

Ābols 94

Āda 282—284

Ārējā plazmatiskā membrāna 7—9

**B**aktērijas 100—103

Baktēriju

- nozīme 101—103
- vairošanās 101

Baložveidīgo putnu kārta 210

Balsene 264

Barības

- ķēdes 406
- vads 270

Barošanās (trofiskie) līmeņi 405, 406

Bazidijsēnes 104, 106, 107

Bārkšsaknes 64

Bebru dzimta 218, 219

Bezdelīgu dzimta 211

Bezdzimumvairošanās 43

Bezgalvaskašaiņu apakštips 188, 189

Bezplacentāļu apakšklase 216

Bezšūnu formas 4

Bezžokļaiņu nodalījums 194—196

Biocenoze 133, 241, 388, 391

Biogrupas 407

Biogeoecenoloģija 391

Bioķīmija 333

Bioloģija 312

Bioms 393

Biosfēra 241, 385—387

Biosistēmas 383

Biotehnoloģija 381, 382

Biotops (ekotops) 383, 388

Blastula 49

Blusas 186

Botānika 57—137

Briežu dzimta 220

Bronhi 265

Bruņurupuču kārta 204, 205

Bumbieres 126

Bumbulis 77, 82

Bumbuļsipols 77, 82

**C**eluloze 21

Celulozes apvalks 18

Centrālais cilindrs 78

Centrālā nervu sistēma 240, 303—311

Centrosoma 12, 13, 18

Cepurišu sēnes 106

Cielavu dzimta 211

Ciete 21

Cilvēka

- cērme 161
- izcelšanās, evolūcija 338—340
- matgalvis 161, 162
- spalītis 162

Cilvēkpērtiķi 218

Cilvēks 218, 340

Cilvēku rases 341—343

Ciršļu dzimta 216

Citoplazma 9, 58, 139

Cīruļu dzimta 211

Cukurniedres 131

Cūku dzimta 220

**Č**emurs 85, 86

Čūskas 205, 206

## Darvinisms 313—316

Darvins Č. 312—316, 330—333, 372

Daudzsartārpi 169

Daudzšūņu

— apakšvalsts 148—221

— izcelšanās 146, 147

Deguna dobums 263

Denaturācija 22

Dendrits 303

Desmitkājveži 178, 179

Destruktori 390

Detrits 390

Dezoksiribonukleīnskābe 23—25

Dezoksiribonukleīnskābes sintēze 38, 39

Deles 169

Diastole 260, 261

Dimorfisms 135, 136

Divdigļlapju klase 124—129

Divspārņi 186, 187

Diglis 50, 51

— priežu 123

— sēklas 90, 91

Digļlapas 90, 91

— veidošanās 50, 51

Digļpumpurs 90

Digļsakne 90

Digļstumbrs 90

Dobradžu dzimta 220

Dominešana

— nepilnīga 360, 361

Drostalošanās 49

Dzeltenuma maiss 52

Dziedzeri

— aizkuņģa 287

— čiekurveida 308

— dzimumdziedzeri 288

— iekšējās sekrēcijas 284—288

— sviedru 283, 284

— tauku 283

Dzimta 99, 137, 332

Dzimuma ģenētiskā determinācija 355

Dzimumgatavība 215, 216

Dzimumhromosomas 355

Dzimumvairošanās 43, 44

Dzīvības rašanās 334—337

Dzīvnieku

— daudzveidība 135, 136

— sistematika 136—139

Eikarioti 98, 147

Eiribionti 395

Ekoloģija 332, 333, 383—409

Ekoloģiskās sistēmas 383—393

Ekoloģiskie faktori 394—405

— abiotiskie 396—402

— antropogēnie 397

— biotiskie 396, 402—405

— edafiskie 396, 401, 402

— fitogēnie 396, 402

— klimatiskie 396—401

— mikrobogēnie 397, 402

— zoogēnie 397, 402

Ekosfera 386

Ekosistēmas 388, 401, 402

— primārā produkcija 389, 390

— sekundārā produkcija 390

— trofiskā struktūra 405—408

Elpošana 262—267

Elpošanas ceļi 263—266

Embrioloģija 332

Endokards 258

Endoplazmatiskais tīkls 9, 18

Entomofilija 87, 88, 403

Epiderma 58, 78, 282

Epiģize 308

Epiģiti 399

Epikards 257

Epitēlijķermenīši 286

Eritrociti 251, 252

Erozija 400

Evolūcija 312—316, 322—334, 337—340

— augu valsts 336

— dzīvnieku valsts 336, 337

Evolūcijas

— mācība 312, 313

— teorija 313—316

Ežu dzimta 217

Ēncieši 401

Ēnmiļi 401

Ērces 175, 176

Erkšķi 70, 71, 77

Fagocitoze 252

Faneroģiti 399

Fāgi 4

Fibrinogēns 253



Fibrins 253  
 Filoklādiji 77  
 Fitocenoze 133  
 Fitofāgi 390  
 Fizioloģija 235, 333  
 Fotofili 401  
 Fotofobi 401  
 Fotoperiodisms 401  
 Fotosintēze 29—31, 73  
 Fototrofi 390  
  
**Galas**madzenes 306, 308  
 Galvaskauss 247  
 Galvhordaiņu klase 188, 189  
 Galviņa 85, 86  
 Gametas 43, 82, 348—351  
 Gametu  
   — attīstība 45, 46  
   — tīrības likums 350  
 Gametofīts 88, 117, 119, 120  
 Gangliji 303  
 Gastrula 49, 50  
 Gastrulācija 50  
 Gaujas nacionālais parks 226, 227  
 Genoms 32  
 Genotips 349, 360—362, 364, 365  
 Gēni 32, 344  
   — alēlie 360—362  
 Gēnu  
   — funkcijas 362—364  
   — inženierija 381, 382  
   — krustmija 359  
   — mijiedarbība 360—362  
   — saistība 358, 359  
   — struktūra 362—364  
 Giboni 218  
 Ginecejs 82, 84  
 Gliemeņu klase 164, 165  
 Gliemežu klase 165  
 Gliemju tips 163—166  
 Glikogēns 21  
 Glikoproteīdi 22  
 Goldži komplekss 10, 11, 18  
 Govslopi 222  
 Grauds 93  
 Graudzāļu dzimta 130, 131  
 Grauzēju kārta 218, 219  
 Gremošana 267—274

Gremošanas  
   — fermenti 268, 272  
   — higiēna 274  
   — kanāls 268, 269  
   — orgāni 269—272  
   — sulas 269, 272  
 Grupas efekts 404, 405

**Ģenētika** 333, 344—372  
   — cilvēka 371, 372

Ģenētikas nozīme medicīnā 371, 372  
 Ģints 99, 137, 332

**Hamefiti** 399  
 Hemikriptofiti 399  
 Hemofilija 254  
 Hemotrofi 390  
 Hesperids 94  
 Heteroplōidija 368  
 Heterostilija 87  
 Heterotrofi 26  
 Heteroze 378  
 Hibridizācija 375, 376  
   — attālā 378, 379  
 Hibridi 345—351  
 Hibridoloģiskā metode 345, 346  
 Hidras 149—152  
 Hidrofilija 87, 88  
 Hidrofīti 400  
 Hidrohorija 95, 96  
 Hidrozoju klase 152  
 Hidrosfēra 385, 386  
 Higiēna 235  
   — ādas un apģērba 284  
   — dzirdes 294  
   — redzes 291, 292

Higrofīti 400  
 Hipervitaminoze 275  
 Hipofīze 287, 288, 308  
 Hipotalāms 308  
 Hipovitaminoze 275  
 Hlamidomonādas 108—110  
 Hlorellas 110  
 Hlorofīls 29—31  
 Hloroplasti 14  
 Holesterīns 21  
 Homeostāze 280  
 Hordaiņu tips 187—221

Hormoni 285—288

Hromatins 17

Hromoplasti 14

Iedzimšanas likumības 350, 352, 353

Iedzimtība 344, 345, 353—355

Iedzimtības hromosomālā teorija 360

Ieelpa 266

Iegarenās smadzenes 305, 306

Ieslēgumi 16

Imunitāte 252, 253

Informātika bioloģijā 408, 409

Irdenie šķiedrainie saistaudi 238

Izelpa 266

Izīdijas 81, 114.

Izlase 315, 318—321, 329

— dabiskā 375

— individuālā 374, 375

— masveida 374

— mākslīgā 374, 375

Izolācija 328

Izvadorgānu sistēma 277—282

Ipatņu grupas 392, 393

Īstā āda 282—284

Īstās miltrasas sēnes 105

Kailamēbas 142, 143

Kailsēkļu apakšnodalījums 121—124

Kaitīgā ietekme

— alkohola, nikotīna 53—56, 371

Kaķu dzimta 219

Kapilāri 256

Karotīns 275

Karpveidīgo zivju kārta 199

Kartupeļi 128

Katagenēze 334

Kaulenis 94

Kaulzivju klase 197

Kauli 242, 243

Kaulu

— savienojumi 243—245

— smadzenes 243

Kavēšana 300, 301

Kārta 137, 332

Kāposti 125

Kātspurzivju apakšklase 197

Klase 99, 137, 332

Klejoņtājnervs 306

Kloakaņi 216

Knābjgalvju kārta 205

Koakcijas 402—405

Kodoliņš 17

Kodolokoksne 80

Kodols 16—18, 58, 140

Kokaugi 122—124

Koksne 62, 80

Kolenhima 60, 61

Kolrābji 125

Komensālisms 403

Konjugātas 108, 110

Konsorcijas sk. biogrupas

Konsumenti 390

Kopaugļi 94, 95

Koraļļu klase 152

Kosas 120, 121

Kreve 79

Kriptofiti 399

Krokodilu kārta 206

Kromanjonieši 340

Krustošana

— dihibridiskā 350—352

— monohibridiskā 346—350

— neradnieciskā 377, 378

— polihibridiskā 352

— radnieciskā 376, 377

Krustziežu dzimta 124, 125

Krūškurvis 246, 247

Kserofiti 400

Kukaiņēdāju kārta 216, 217

Kukaiņi 179—187

Kukaiņu klase 179—187

Kukurūza 131

Kumulatīvā polimērija 361, 362

Kuņģis 270

Kurmju dzimta 217

Kurvītis 85, 86

Kurvjuzeņu dzimta 129

Kustību zonas 309, 310

Kvieši 131

Ķekars 85

Ķērpji 112—115

Ķirši 126

Ķirzakas 205

Ķīļlapjveidīgo klase 120, 121



- Lapa 58, 69—74
- Lapas
- anatomiskā uzbūve 71—73
  - ēnas augu 72, 73
  - gaismas augu 72, 73
  - kukaiņēdāju augu 70, 71
  - saliktās 70
  - vienkāršās 70
- Lapkājveži 177
- Lapkritis 74
- Laponis 57
- Lapu
- funkcijas 73
  - pārveidnes 70, 71
  - sakārtojums 69, 70
  - veidi 69, 70
- Lašveidīgo zivju kārta 199
- Lāču dzimta 219
- Lefkojas 125
- Leikocīti 252, 253
- Leikoplasti 14
- Lenteņi 157—159
- Lenticeles 59
- Liegumi 227
- Lilijas 130
- Limfa 261, 262
- Limfocīti 252
- Lipoidi 21
- Lipoproteīdi 22
- Litosfēra 385
- Lizosomas 11, 18
- Locītavas 244, 245
- Lūksne 62
- Mainība** 315, 324, 325, 344, 345
- fenotipiskā 364
  - genotipiskā 370
  - kombinatīvā 365
  - mutatīvā 365—369
- Makroekosistēma 391
- Makroenerģētiskie savienojumi 18
- Makroklimats 397
- Malpigija kamoliņi 279, 281
- Masas efekts 404, 405
- Mati 284
- Matiolas 125
- Matoņi 162
- Mazsartārpi 169
- Mājas
- cūkas 222
  - kazas 222
  - tītari 210
  - zosis 209
- Maņskorpioni 173
- Māpzirnekļi 173
- Medinas rišta 162
- Megasporoģenēze 88, 89
- Mejoze 46, 47
- Melnplaukas sēnes 107
- Membrāna 139
- plazmatiskā 18, 58
- Mencveidīgo zivju kārta 200
- Mendelis G. 346—354, 360
- Metabolisms 27
- Mezoekosistēma 391
- Mezofiti 400
- Mezoklimats 397
- Mezosfēra 386
- Mērkaķi 218
- Miegs 310, 311
- Mietsakne 63, 64
- Mikoriza 403
- Mikroekosistēma 391
- Mikroevolūcija 324
- Mikroklimats 397
- Miksinas 195
- Miksotrofi 26
- Minerālmesli 68
- Miokards 257
- Mitohondriji 13, 14, 18
- Mitoze 39—41
- Monogeneji 157
- Monosaharīdi 21
- Morfoloģija 331, 332
- Morula 50
- Mugurkaulnieku apakštips 189—221
- Mugurkauls 245
- Muskuļi 241, 248—251
- Mušķērāju dzimta 211
- Mutagēni 370, 371
- Mutagēnie faktori 366
- Mutagēnēze
- eksperimentālā 369
  - inducētā 380
- Mutācijas 325—329
- genoma 365, 368
  - ģēnu 365, 367

- generatīvās 365, 366
- hromosomu aberācijas 365, 368
- inducētās 366
- somatiskās, 365, 366
- spontānās 366

Mutes dobums 269

Mutuālisms 402, 403

**Nacionālie parki** 226, 227

Nagi 284

Nakšu dzimta 128, 129

Neatgremotāju apakškārta 220

Nefrons 279

Neironi 239—240

Neoantropi 340

Nepārnadžu kārta 221

Nervu sistēma 296—311

Nervu sistēmas

- klasifikācija 301—303

- reflektorā darbība 297—301

Neveroņi 93

Nēgi 195

Nieres 278—282

Nilzirgu dzimta 220

Nodalījumi 99, 332

Nukleīnskābes 18, 23—26

Nukleoproteīdi 22

Nukleotīdi 24

**Oga** 94

Olbaltumvielu sintēze šūnā 31—37

Olnīcas 288

Olšūnas 288

Oogoniji 45, 46

Ooģenēze 46

Organismi

- determinantie 407
- heterotermiskie 398
- homotermiskie 398
- konsortie 407
- kriofilie 398
- poikilotermiskie 398
- termofilie 397, 398

Organisms 241

Organismu

- taksonomiskā struktūra 387
- telpiskais sadalījums 387
- tiešā un netiešā attīstība 44

- vairošanās formas 43, 44

- vairošanās un individuālā attīstība 43—56

Organoīdi 9, 140

- speciālie 15

Orgāni 241

Orgānu sistēmas 241—311

Ornitofilija 87, 88

**Pakalējās smadzenes** 306

Paleoantropi 340

Pamataudi 78

Papardes 118, 119

Paparžaugi 118—121

Papildtaksoni 137

Paprika 129

Parastais kadiķis 123, 124

Parasta

- egle 123

- īve 124

- priede 123

Parazītisms 403, 404

Parazoju apakšvalsts 146—148

Partenogēnēze 44

Pašappute 86, 87

Pavadītājšūnas 62

Pazīmju iedzimšana 356—358

Pākstenis 93, 94

Pākstenītis 93, 94

Pāksts 93

Pārnadžu kārta 220, 221

Peļu dzimta 219

Peniciliji 105

Periderma 59, 79

Perikards 257

Persiki 126

Piekūnveidīgo putnu kārta 203

Piepes 106, 107

Piesaknes 64

Pingvīnveidīgo putnu kārta 208

Pirmzīdītāju apakšklase 216

Piles 209

Placenta 52

Placentāļu apakšklase 216

Plakantārpu tips 152—159

Plastīdas 14, 15, 18

Platdegūnpērtiķi 217

Plaušas 266, 267, 277



Pleira 266  
 Pleirokoki 110  
 Plejotropija 362  
 Plekstveidīgo zivju kārta 200  
 Plēsēju kārta 219  
 Plēsonība 403, 404  
 Plēvspārņi 186  
 Plūmes 126  
 Pogaļa 93  
 Polimorfisms 136  
 Poliploīdija 368, 379  
 Polisaharīdi 21  
 Polutanti 390  
 Populācija 326, 391—393  
 Populāciju viļņi 327  
 Posmkāju tips 170—187  
 Posmtārpu tips 166—170  
 Primārā miza 78, 79  
 Primātu kārta 217, 218  
 Prokarioti 98  
 Proteīdi 21  
 Proteīni 22  
 Protokooperācija 402, 403  
 Protoplasts 58  
 Pumpuri  
     — adventīvie 76, 82  
     — dīglpumpurs 90  
     — galotnes 75, 77  
     — lapu 75  
     — snaudošie 76  
     — ziedu 75  
     — žakļu 75  
 Pumpurzivīņas 70, 71  
 Pupas 128  
 Pupiņas 128  
 Puspērtiķi 217  
 Putekšņlapas 84  
 Putnu  
     — izcelšanās un evolūcija 211, 212  
     — klase 206—212  
 Pūčveidīgo putnu kārta 209, 210  
 Rahīts 276  
 Rauga sēnes 105  
 Rāpuļu klase 203—206  
 Reakcijas norma 364, 365  
 Redisi 125  
 Redzes traucējumi 291, 292

Refleksi 248, 299—301

Refleksu

— centri 306

— loki 305

Regulētāģēni 364

Rezervāti 226

Ribonukleīnskābe 24—26

Ribosomas 10, 18

Riekstiņš 93

Rieksts 93

Rinda 99, 332

Rizoderma 59

Rīkle 264, 270

Rīss 131

Rozes 126

Rutki 125

Rūsas sēnes 107

Sakne 58, 62—68

Saknenis 77

Saknes

— anatomiskā uzbūve 65—67

— attīstība 63, 64

— centrālais cilindrs 66

— joslas 64, 65

— loma auga dzīvē 67, 68

— primārā miza 65, 66

— rizoderma 65, 66

Sakņu

— pārveidnes 67

— tipi 63, 64

Samveidīgo zivju kārta 199

Sarkanā grāmata 228—233

Sarkodinvaicaiņu tips 142—144

Sarkodīnu klase 142, 143

Saulmīļi 401

Sānpeldvēži 178

Scifozoju klase 152

Segaudi 78

Segsēkļu apakšnodalījums 124—131

Segžokļaiņi 184

Selekcija 333, 372—382

Selekcijas

— galvenās metodes 373—380

— izejmateriāla izvēle 373, 374

Sensorās zonas 309

Serde 80

Sermuļu dzimta 219

- Seroza 52
- Sezonālās parādības putnu dzīvē 207, 208
- Seklapvalks 91
- Seklas uzbūve 90, 91
- Sēklenis 93
- Sēklinieki 288
- Sēklu digšana 97, 98
- Sēnes 103—107
- Sēņotne 103
- Sietstobri 62
- Sikspārņu kārta 217
- Silķveidīgo zivju kārta 198
- Simbioze 102, 402, 403
- Simplasti 4
- Sinoikija 403
- Sirds 257, 258
- Sirds darbība 260, 261
- Sistemātika 332
- Sistole 260, 261
- Sipols 77, 82
- Skaldaugļi 93, 94
- Skara 86
- Skeleta uzbūve 245—248
- Skelets 241—248
- Sklereīdas 60, 61
- Sklerehīma 60, 61
- Sklerofiti 400, 401
- Skriemelis 245
- Skrimslis 241
- Skrimšzivju klase 196, 197
- Skropstīntārpi 155
- Smadzenes
- galvas 305—311
  - muguras 303—305
  - pakalējās 306
- Smadzenītes 305, 306
- Smadzeņu tilts 305, 306
- Soja 128
- Solpūgas 173
- Somaiņi 216
- Somenis 93
- Sorēdijas 81, 114
- Spāres 184
- Spermatogoniji 45
- Spermatogēnēze 45, 46
- Spermatozoīdi 45, 46, 288
- Spirogīras 110, 111
- Sporaiņu tips 144
- Sporofīts 119
- Sprogbājvēži 178
- Spurdze 85, 86
- Staipekņveidīgo klase 119, 120
- Starpsmadzenes 306—308
- Starspurzivju apakšklase 197—201
- Stārķveidīgo putnu kārta 208
- Stenobionti 395
- Stīgas 77, 82
- Storveidīgo putnu kārta 198
- Stratosfēra 386
- Strausveidīgo putnu kārta 208
- Strazdu dzimta 211
- Struktūrgēni 363, 364
- Stumbra anatomiskā uzbūve 78—80
- Stumbrs 58, 74—80
- Stumbru veidi 77, 78
- Suga 99, 137, 316—321, 332
- Sukulenti 400
- Suņu dzimta 219
- Sūkļu tips 146—148
- Sūnaugi 115—118
- Svešappute 87
- Sviedri 277
- Šaurdegunpērtiķi 217, 218
- Šķirnes 321, 322
- Šumļanska—Boumena kapsula 279, 280
- Šūna 58, 235, 241
- Šūnapvalks 58
- Šūnas
- eikariotu 4, 98
  - elementārais sastāvs 18—21
  - enerģijas maiņa 26—28
  - kairināmība un kustība 37, 38
  - ķīmiskais sastāvs 18—26
  - prokariotu 4, 98, 131
  - uzbūve 3, 5—17, 58—62
  - vielmaiņa 26—28
- Šūnu
- adenozintrifosforskābe 3, 23—26
  - dalīšanās 38—42
  - dzīvības cikls 38, 39
  - inženierija 381
  - lipīdi 3, 21
  - neorganiskās vielas 3, 20
  - nukleīnskābes 3, 23—26



- ogļhidrāti 21
- olbaltumvielas 3, 18, 21—23
- ūdens 3, 20
- Taisnspārņi** 184, 185
- Taksoni** 99
- Tauriņi** 185
- Tauriņziežu dzimta** 127, 128
- Tālrudzība** 291
- Tārtiņveidīgo putnu kārta** 210, 211
- Terofīti** 399
- Termosfēra** 386
- Tips** 137, 332
- Tomāti** 128
- Toposfēra** 386
- Traheīdas** 62
- Traheja** 62, 265
- Transkripcija** 34, 35
- Translācija** 36
- Transpirācija** 73
- Trematodes** 155—157
- Trihinellas** 162
- Trofiskais tīkls** 406
- Tromboze** 254
- Tulpes** 131
- Tupelīte** 145, 146
- Tuvredzība** 291
- Urīna veidošanās** 279—282
- Urīnizvadkanāls** 279
- Urīnpūslis** 279
- Urīnvads** 279
- Uztura normas** 273, 274
- Vaboles** 185, 186
- Vadaudi** 78
- Vairogdziedzeris** 286
- Vairogs** 85
- Vairošanās**
  - baktēriju 101
  - bezdzimumvairošanās 80, 81
  - dzimumvairošanās 43, 44, 81, 82
- Vakuolas** 15, 18, 58
- Vavilovs N.** 373, 374
- Vasa** 74—77
- Vasas**
  - attīstība 75, 76
  - pārveidnes 76, 77
  - zarošanās 75, 76
- Vāveru dzimta** 218
- Vārpskara** 86
- Vārpa** 85
  - salikta 86
- Vārnu dzimta** 211
- Valīte** 85, 86
- Veltnārtiņu tips** 160—162
- Veroņi** 93, 94
- Vestibulārais aparāts** 294
- Vējzivjveidīgo kārta** 199, 200
- Vēnas** 256
- Vēršu apakšdzimta** 221
- Vēži** 176—179
- Vēžu klase** 176—179
- Vicaīņu klase** 143
- Vidussmadzenes** 306, 307
- Vielmaiņa** 2, 4
- Viendīgļlapju klase** 130, 131
- Viensūņu apakšvalsts** 139—148
- Viendienītes** 184
- Vienādkājvēži** 178
- Vihuholu dzimta** 217
- Vilkābeles** 127
- Virsnieres** 287
- Vistas** 210
- Vistveidīgo putnu kārta** 210
- Vitamīni**
  - A 275, 276
  - B grupas 277
  - D 276
  - E 276
- Vīrusi** 4, 5
- Vītne** 70, 71
- Volvoksi** 144
- Zaķu kārta** 218
- Zaļalģes** 108
- Zaļā eglēna** 144
- Zarna**
  - resnā 271
  - tievā 270, 271
- Zarndobumaīņu tips** 148—152
- Zemāda** 284
- Zieda uzbūve** 82—84
- Ziedgultne** 82
- Ziedkopas** 85, 86
- Zieds** 77, 85, 86
- Zigota** 43, 82

Zirgi 222, 223  
Zirgu dzimta 221  
Zirnekļu klase 172—176  
Zirņi 127  
Zivju virsklase 196—201  
Ziditāju  
— evolūcija 223, 224  
— klase 212—223  
— praktiskā nozīme 221—223  
Zilišu dzimta 211  
Zobi 269  
Zoofāgi 390

Zoohorija 95, 96  
Zooloģija 135—224  
Zosveidīgo putnu kārta 208, 209  
Zušveidīgo zivju kārta 199  
Zvirbuļu dzimta 211  
Zvirbuļveidīgo putnu kārta 211  
Zvīņrāpuļu kārta 205, 206

**Z**aunastvēži 178  
Žokļaiņu nodalījums 196—221  
Žubīšu dzimta 211



|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Mācība par šūnu (Z. Viksne)</b>                               | <b>3</b>  |
| Šūnas uzbūve                                                        | 5         |
| Šūnas ārējā plazmatiskā membrāna                                    | 7         |
| Citoplazma, šūnas organoīdi un ieslēgumi                            | 9         |
| Kodols                                                              | 16        |
| Augu un dzīvnieku šūnu uzbūves līdzība un atšķirības                | 17        |
| Šūnas ķīmiskais sastāvs                                             | 18        |
| Ūdens un neorganiskās vielas                                        | 20        |
| Ogļhidrāti un lipīdi                                                | 21        |
| Olbaltumvielas                                                      | 21        |
| Nukleīnskābes. Adenozintrifosforskābe                               | 23        |
| Energijas maiņa un vielmaiņa šūnā                                   | 26        |
| Vielmaiņas īpatnības augu šūnās: Fotosintēze                        | 29        |
| Olbaltumvielu sintēze šūnā                                          | 31        |
| Šūnu kairināmība un kustība                                         | 37        |
| Šūnu dalīšanās                                                      | 38        |
| Šūnu dzīvības cikls. DNS sintēze                                    | 38        |
| Mitoze                                                              | 39        |
| Šūnu dalīšanās veidi, diferenciācija, novecošana un nāve            | 42        |
| <b>2. Organismu vairošanās un individuālā attīstība (Z. Viksne)</b> | <b>43</b> |
| Organismu vairošanās formas                                         | 43        |
| Tiešā un netiešā attīstība                                          | 44        |
| Dzimumšūnu (gametu) attīstība                                       | 45        |
| Mejoze                                                              | 46        |
| Apaugļošanās un tās bioloģiskā nozīme                               | 47        |
| Apaugļotās olšūnas attīstība                                        | 49        |
| Blastulas un gastrulas stadijas                                     | 49        |
| Dīgļlapas un dīgļa ass orgānu aizmetņu veidošanās                   | 50        |
| Abinieku un putnu embrionālās attīstības īpatnības                  | 51        |
| Cilvēku un citu zīdītāju attīstības īpatnības                       | 52        |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Alkohola un smēķēšanas kaitīgā ietekme uz cilvēka organisma attīstību . . . | 54        |
| <b>3. Botānika (E. Vimba) . . . . .</b>                                     | <b>57</b> |
| Augu šūnu uzbūve . . . . .                                                  | 58        |
| Jēdziens par audiem . . . . .                                               | 58        |
| Segaudi . . . . .                                                           | 58        |
| Veidotājadi . . . . .                                                       | 59        |
| Pamataudi . . . . .                                                         | 60        |
| Mehāniskie audi . . . . .                                                   | 60        |
| Vadaudi . . . . .                                                           | 61        |
| Sakne . . . . .                                                             | 62        |
| Saknes attīstība no diglsaknes. Sakņu tipi . . . . .                        | 63        |
| Saknes joslas . . . . .                                                     | 64        |
| Saknes anatomiskā uzbūve . . . . .                                          | 65        |
| Sakņu pārveidnes . . . . .                                                  | 67        |
| Saknes loma auga dzīvē. Mēslojumi . . . . .                                 | 67        |
| Lapa . . . . .                                                              | 69        |
| Lapu veidi un sakārtojums . . . . .                                         | 69        |
| Lapu pārveidnes . . . . .                                                   | 70        |
| Lapas anatomiskā uzbūve . . . . .                                           | 71        |
| Lapu funkcijas . . . . .                                                    | 73        |
| Augu barošanās caur lapām . . . . .                                         | 73        |
| Lapkritis . . . . .                                                         | 74        |
| Vasa un stumbrs . . . . .                                                   | 74        |
| Vasas attīstība un zarošanās . . . . .                                      | 75        |
| Vasas pārveidnes . . . . .                                                  | 76        |
| Stumbru veidi . . . . .                                                     | 77        |
| Stumbra anatomiskā uzbūve . . . . .                                         | 78        |
| Augu vairošanās . . . . .                                                   | 80        |
| Bezdzimumvairošanās . . . . .                                               | 81        |
| Dzimumvairošanās . . . . .                                                  | 82        |
| Zieds. Sēkla. Auglis . . . . .                                              | 82        |
| Zieda uzbūve . . . . .                                                      | 82        |
| Viendzimuma un divdzimumu ziedi . . . . .                                   | 85        |
| Ziedkopas un to bioloģiskā nozīme . . . . .                                 | 85        |
| Apputeksnēšanās . . . . .                                                   | 86        |
| Segsēkļu apaugļošanās . . . . .                                             | 88        |
| Sēklas uzbūve . . . . .                                                     | 90        |
| Augļu attīstība un uzbūve . . . . .                                         | 91        |
| Augļu klasifikācija . . . . .                                               | 91        |
| Augļu un sēkļu izplatīšanās . . . . .                                       | 95        |
| Sēkļu digšana un tai nepieciešamie apstākļi . . . . .                       | 97        |
| Augu klasifikācija . . . . .                                                | 98        |
| Baktērijas . . . . .                                                        | 100       |
| Sēnes . . . . .                                                             | 103       |
| Aļģseņu un askuseņu nodalījumi . . . . .                                    | 104       |



|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| Bazīdījsēņu nodalījums . . . . .                  | 106        |
| Alģes . . . . .                                   | 108        |
| Ķērpju nodalījums . . . . .                       | 112        |
| Sūnaugu nodalījums . . . . .                      | 115        |
| Sfagni . . . . .                                  | 116        |
| Lačsūnas . . . . .                                | 117        |
| Paparžaugu nodalījums . . . . .                   | 118        |
| Paparžveidīgo klase . . . . .                     | 118        |
| Staipekņveidīgo klase . . . . .                   | 119        |
| Ķīllapjveidīgo klase . . . . .                    | 120        |
| Paparžaugu nozīme . . . . .                       | 121        |
| Sēkļaugu nodalījums . . . . .                     | 121        |
| Kailsēkļu apakšnodalījums . . . . .               | 121        |
| Segsēkļu (magnolijaugu) apakšnodalījums . . . . . | 124        |
| Divdīgļlapju klase . . . . .                      | 124        |
| Krustziežu dzimta . . . . .                       | 124        |
| Rožu dzimta . . . . .                             | 126        |
| Tauriņziežu dzimta . . . . .                      | 127        |
| Nakšu dzimta . . . . .                            | 128        |
| Kurvjziežu dzimta . . . . .                       | 129        |
| Viendīgļlapju klase . . . . .                     | 130        |
| Liliju dzimta . . . . .                           | 130        |
| Graudzāļu dzimta . . . . .                        | 130        |
| Augu valsts attīstība uz Zemes . . . . .          | 131        |
| Augu kopas . . . . .                              | 133        |
| <b>4. Zoologija (N. Sloka) . . . . .</b>          | <b>135</b> |
| Zoologija un tās iedalījums . . . . .             | 135        |
| Dzīvnieku daudzveidība . . . . .                  | 135        |
| Dzīvnieku sistematika . . . . .                   | 137        |
| Vienšūņu apakšvalsts . . . . .                    | 139        |
| Sarkodīnvaicūņu tips . . . . .                    | 142        |
| Sporaiņu tips . . . . .                           | 144        |
| Dzelšporaiņu tips . . . . .                       | 144        |
| Sīksporaiņu tips . . . . .                        | 145        |
| Skropstaiņu jeb infuzoriju tips . . . . .         | 145        |
| Daudzšūņu izcelšanās . . . . .                    | 146        |
| Parazoju apakšvalsts . . . . .                    | 146        |
| Sūkļu tips . . . . .                              | 146        |
| Daudzšūņu apakšvalsts . . . . .                   | 148        |
| Zarndobumaiņu tips . . . . .                      | 148        |
| Plakantārpu tips . . . . .                        | 152        |
| Veltņtārpu tips . . . . .                         | 160        |
| Gliemju tips . . . . .                            | 163        |
| Posmtārpu tips . . . . .                          | 166        |
| Posmkāju tips . . . . .                           | 170        |
| Hordaiņu tips (C. Tima) . . . . .                 | 187        |

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| Bezgalvaskausaiņu apakštips . . . . .                                     | 188        |
| Mugurkaulnieku apakštips . . . . .                                        | 188        |
| Bezzokļaiņu nodalījums . . . . .                                          | 194        |
| Žokļaiņu nodalījums . . . . .                                             | 196        |
| Zivju virsklase . . . . .                                                 | 196        |
| Abinieku klase . . . . .                                                  | 201        |
| Rāpuļu klase . . . . .                                                    | 203        |
| Putnu klase . . . . .                                                     | 206        |
| Zīdītāju klase . . . . .                                                  | 212        |
| Kukaiņēdāju kārta . . . . .                                               | 216        |
| Sikspārņu kārta . . . . .                                                 | 217        |
| Primātu kārta . . . . .                                                   | 217        |
| Zaķu kārta . . . . .                                                      | 218        |
| Grazēju kārta . . . . .                                                   | 218        |
| Plēsēju kārta . . . . .                                                   | 219        |
| Pārnadžu kārta . . . . .                                                  | 220        |
| Nepārnadžu kārta . . . . .                                                | 221        |
| Zīdītāju praktiskā nozīme . . . . .                                       | 221        |
| Zīdītāju evolūcija . . . . .                                              | 223        |
| Augu un dzīvnieku līdzība un atšķirība . . . . .                          | 224        |
| <b>5. Floras un faunas aizsardzība (E. Vimba, N. Sloka) . . . . .</b>     | <b>225</b> |
| <b>6. Cilvēka anatomija, fizioloģija un higiēna (A. Ilziņa) . . . . .</b> | <b>235</b> |
| Audi . . . . .                                                            | 235        |
| Epitēlijaudi . . . . .                                                    | 236        |
| Saistaudi . . . . .                                                       | 237        |
| Muskulaudi . . . . .                                                      | 238        |
| Nervaudi . . . . .                                                        | 239        |
| Orgāni un orgānu sistēmas . . . . .                                       | 241        |
| Balsta un kustību orgānu sistēma . . . . .                                | 241        |
| Skelets . . . . .                                                         | 241        |
| Kauli . . . . .                                                           | 242        |
| Kaulu savienojumi . . . . .                                               | 243        |
| Cilvēka skeleta uzbūve . . . . .                                          | 245        |
| Muskuli . . . . .                                                         | 248        |
| Asinis . . . . .                                                          | 251        |
| Asins sastāvs . . . . .                                                   | 251        |
| Asins grupas . . . . .                                                    | 254        |
| Asins funkcijas organismā . . . . .                                       | 255        |
| Asinsrite . . . . .                                                       | 255        |
| Asinsvadu sistēma . . . . .                                               | 256        |
| Sirds . . . . .                                                           | 257        |
| Asinsrites loki . . . . .                                                 | 258        |
| Sirds darbība un tās regulācija . . . . .                                 | 260        |
| Audu šķidrums un limfa . . . . .                                          | 261        |
| Elpošana . . . . .                                                        | 262        |
| Elpošanas ceļi . . . . .                                                  | 263        |



|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| Plaušas . . . . .                                                     | 266        |
| Gremošana . . . . .                                                   | 267        |
| Gremošanas kanāla uzbūve . . . . .                                    | 268        |
| Gremošanas orgāni un gremošana . . . . .                              | 269        |
| Uztura normas . . . . .                                               | 273        |
| Gremošanas higiēna . . . . .                                          | 274        |
| Vitamīni . . . . .                                                    | 274        |
| Taukos šķīstošie vitamīni . . . . .                                   | 275        |
| Ūdenī šķīstošie vitamīni . . . . .                                    | 276        |
| Izvadorgānu sistēma . . . . .                                         | 277        |
| Nieres . . . . .                                                      | 278        |
| Nieres mikroskopiskā uzbūve un urīna veidošanās . . . . .             | 279        |
| Āda . . . . .                                                         | 282        |
| Ādas uzbūve . . . . .                                                 | 282        |
| Ādas un apģērba higiēna . . . . .                                     | 284        |
| Iekšējās sekrēcijas dziedzeri . . . . .                               | 284        |
| Hormoni un to darbība . . . . .                                       | 285        |
| Hipofīze . . . . .                                                    | 285        |
| Vairogdziedzeris un epitēlijkermenīši . . . . .                       | 286        |
| Aizkuņģa dziedzeris . . . . .                                         | 287        |
| Virsnieres . . . . .                                                  | 287        |
| Dzimunddziedzeri . . . . .                                            | 288        |
| Analizatori . . . . .                                                 | 288        |
| Redzes analizators . . . . .                                          | 289        |
| Redzes traucējumi un redzes higiēna . . . . .                         | 291        |
| Dzirdes analizators . . . . .                                         | 292        |
| Dzirdes higiēna . . . . .                                             | 294        |
| Līdzsvara analizators . . . . .                                       | 294        |
| Ādas analizators . . . . .                                            | 295        |
| Ožas un garšas analizatori . . . . .                                  | 296        |
| Nervu sistēma . . . . .                                               | 296        |
| Nervu sistēmas reflektorā darbība . . . . .                           | 297        |
| Nervu sistēmas klasifikācija . . . . .                                | 301        |
| Centrālā nervu sistēma . . . . .                                      | 303        |
| Muguras smadzenes . . . . .                                           | 303        |
| Galvas smadzenes un augstākā neirālā darbība . . . . .                | 305        |
| Miegas . . . . .                                                      | 310        |
| <b>7. Vispārīgā bioloģija (A. Mauriņš) . . . . .</b>                  | <b>312</b> |
| Evolūcijas mācība . . . . .                                           | 312        |
| Evolūcija un tās izpētes nozīme . . . . .                             | 312        |
| Evolūcijas teorijas tapšanas priekšnosacījumi . . . . .               | 313        |
| Č. Darvina evolūcijas mācības pamattēzes un tās novērtējums . . . . . | 314        |
| Suga, tās kritēriji un sugu veidošanās . . . . .                      | 316        |
| Dabiskā izlase — evolūcijas virzītājspēks . . . . .                   | 318        |
| Mājdzīvnieku un kultūraugu šķirņu radišana . . . . .                  | 321        |
| Evolūcijas pielāgotības raksturs un tās izveidošanās . . . . .        | 322        |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Mikroevolūcija. Jaunu sugu veidošanās . . . . .                                                 | 324        |
| Evolūcijas rezultāti . . . . .                                                                  | 329        |
| Organiskās pasaules attīstība . . . . .                                                         | 330        |
| Evolūcijas esamības pierādījumi un evolūcijas pētīšanas metodes . . . . .                       | 330        |
| Evolūcijas galvenie virzieni . . . . .                                                          | 334        |
| Dzīvības rašanās un attīstības īsa vēsture . . . . .                                            | 334        |
| Antropogēnā ietekme uz dzīvās dabas evolūciju . . . . .                                         | 337        |
| Cilvēka izcelšanās un evolūcija . . . . .                                                       | 338        |
| Cilvēka izcelšanās problēmas . . . . .                                                          | 338        |
| Antropogēnēze . . . . .                                                                         | 339        |
| Cilvēku rases, to izcelšanās un vienotība . . . . .                                             | 341        |
| <b>8. Ģenētikas un selekcijas pamati (A. Krūmiņa) . . . . .</b>                                 | <b>344</b> |
| Ģenētikas pamati . . . . .                                                                      | 344        |
| Iedzimtības pētīšanas hibridoloģiskā metode . . . . .                                           | 345        |
| Monohibrīdiskā krustošana. Mendeļa pirmais un otrais likums. Gametu<br>tīrības likums . . . . . | 346        |
| Iedzimšanas likumību statistiskais raksturs . . . . .                                           | 350        |
| Dihibrīdiskā krustošana. Mendeļa trešais likums . . . . .                                       | 350        |
| Polihibrīdiskā krustošana . . . . .                                                             | 352        |
| Iedzimšanas likumību universālais raksturs . . . . .                                            | 352        |
| Iedzimtības likumu citoloģiskie pamati . . . . .                                                | 353        |
| Dzimuma ģenētiskā determinācija un tās hromosomu mehānisms . . . . .                            | 355        |
| Ar dzimumu saistīto pazīmju iedzimšana . . . . .                                                | 356        |
| Ģēnu saistība. Krustmija . . . . .                                                              | 358        |
| Iedzimtības hromosomālā teorija . . . . .                                                       | 360        |
| Ģēnu mijiedarbība. Genotips kā vienota vēsturiski izveidojusies sistēma . . . . .               | 360        |
| Ģēni, to struktūra un funkcijas . . . . .                                                       | 362        |
| Genotipa un ārējās vides apstākļu nozīme pazīmju attīstībā un izpausmē . . . . .                | 364        |
| Mutatīvā mainība . . . . .                                                                      | 365        |
| Ģēnu (punktveida) mutācijas . . . . .                                                           | 367        |
| Hromosomu aberācijas . . . . .                                                                  | 368        |
| Genoma mutācijas . . . . .                                                                      | 368        |
| Mutatīvās mainības homologo rindu likums . . . . .                                              | 369        |
| Eksperimentālā mutagēnēze . . . . .                                                             | 369        |
| Genotipiskā mainība — dabiskās un mākslīgās izlases materiāls . . . . .                         | 370        |
| Vides piesārņojums ar mutagēniem un tā sekas . . . . .                                          | 370        |
| Alkohola un nikotīna ietekme uz cilvēka iedzimtību . . . . .                                    | 371        |
| Cilvēka ģenētika. Ģenētikas nozīme medicīnā . . . . .                                           | 371        |
| Selekcijas ģenētiskie pamati . . . . .                                                          | 372        |
| Selekcija kā zinātne . . . . .                                                                  | 372        |
| Augu un dzīvnieku selekcijas galvenās metodes . . . . .                                         | 373        |
| Selekcijas izejmateriāla izvēle. N. Vavilova atklātie kultūraugu<br>izcelšanās centri . . . . . | 373        |
| Mākslīgā izlase . . . . .                                                                       | 374        |
| Hibridizācija . . . . .                                                                         | 375        |
| Radnieciskā krustošana . . . . .                                                                | 376        |
| Neradnieciskā krustošana . . . . .                                                              | 377        |



|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| Attāla hibridizācija                               | 378        |
| Poliploidija selekcijā                             | 379        |
| Selekcijas darbs Latvijā                           | 380        |
| Biotehnoloģija                                     | 381        |
| <b>9. Ekoloģija (I. Liepa)</b>                     | <b>383</b> |
| Ekoloģiskās sistēmas                               | 383        |
| Ekoloģisko faktoru ietekmes kopīgās likumsakarības | 394        |
| Ekoloģisko faktoru klasifikācija                   | 396        |
| Abiotiskie faktori                                 | 396        |
| Biotiskie faktori                                  | 402        |
| Ekosistēmas trofiskā struktūra                     | 405        |
| Informātika bioloģijā                              | 408        |
| Literatūra                                         | 410        |
| Alfabētiskais rādītājs                             | 411        |

Ausma Ilziņa, Astrida Krūmiņa, Imants Liepa u.c.

### BIOLOĢIJAS ROKASGRĀMATA

Redaktores: I. Kindzule un R. Akmene.

Māksl. redaktore A. Lubgāne.

Tehn. redaktore A. Svilpe.

Apgāds "Zvaigzne ABC", SIA, K. Valdemāra ielā 105,  
 LV-1013, Rīgā. Reģistr. Nr. 2-1060. Red. Nr. E-129. Formāts  
 60x90/16. Iespiests valsts uzņēmumā Rīgas Paraugtipogrāfija,  
 Vienības gatvē 11, LV-1004, Rīgā. Pasūt. Nr. 102310.

ODARĀNĀJUMS

## PIEZĪMĒM

---





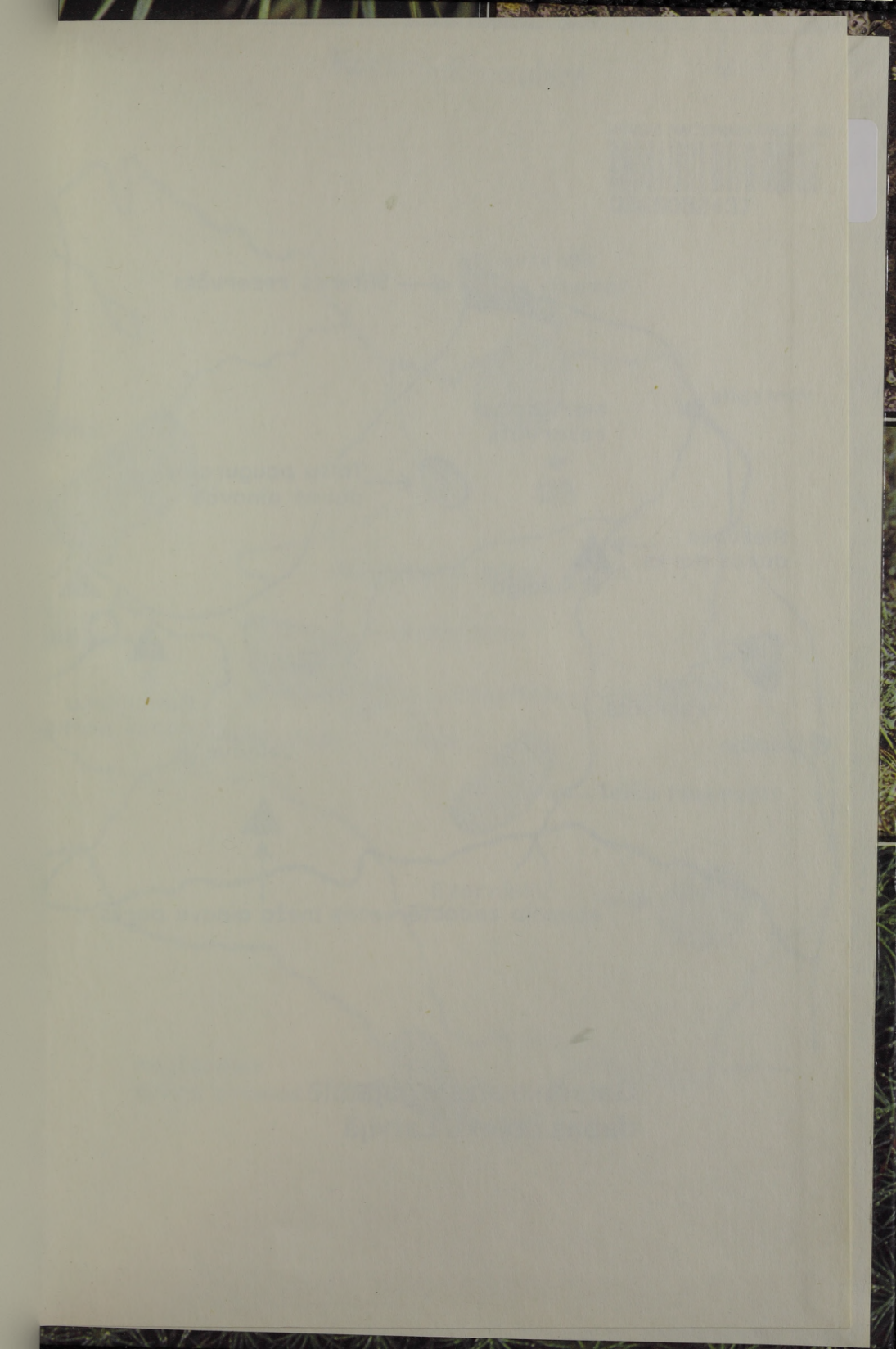
## PIEZĪMĒM

---

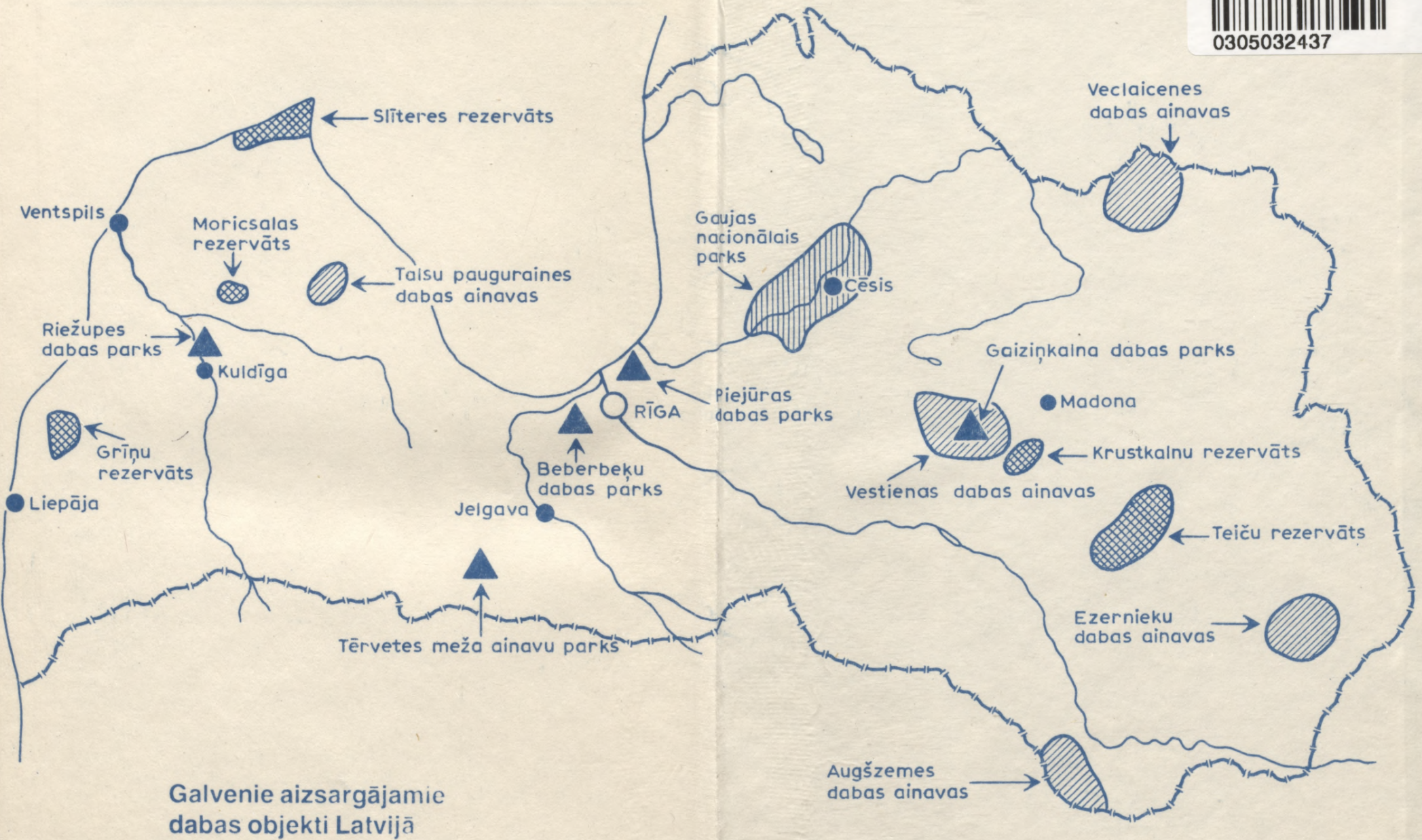


## PIEZĪMĒM

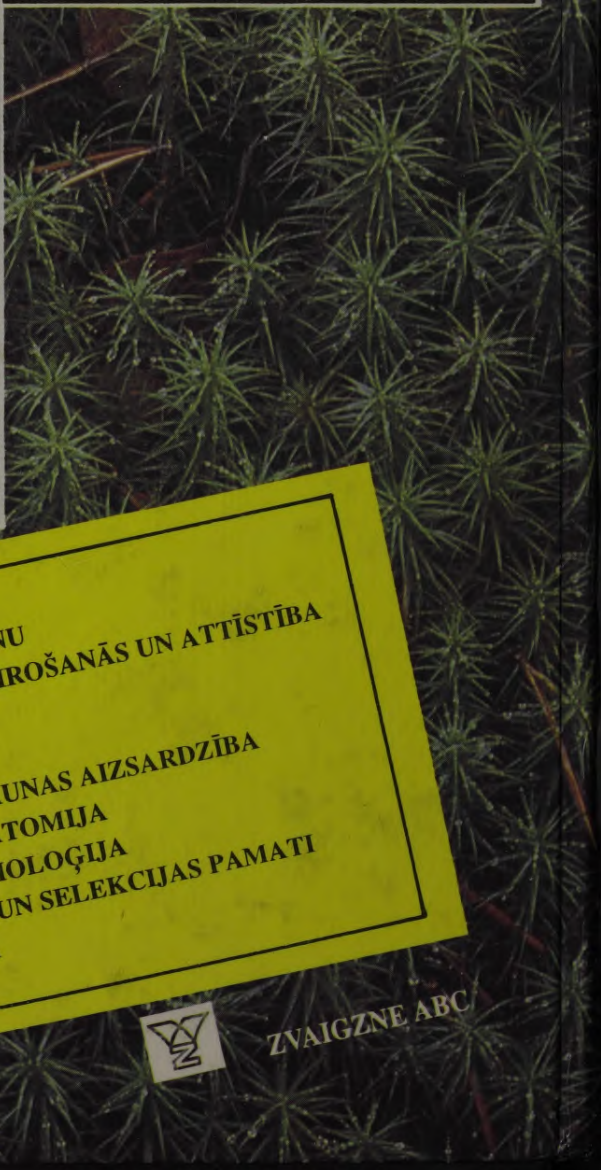
---











- MĀCĪBA PAR ŠŪNU
- ORGANISMU VAIROŠANĀS UN ATTĪSTĪBA
- BOTĀNIKA
- ZOOLOĢIJA
- FLORAS UN FAUNAS AIZSARDZĪBA
- CILVĒKA ANATOMIJA
- VISPARĪGĀ BIOLOĢIJA
- ĢENĒTIKAS UN SELEKCIJAS PAMATI
- EKOLOĢIJA



ZVAIGZNE ABC