Универзитет
Сингидунум

Биологија са екологијом



Лидија Амиџић
Гордана Дражић
Даниела Цветковић

Београд, 2022.

УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ
ЖИВОТНА СРЕДИНА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

Лидија Амиџић
Гордана Дражић
Даниела Цветковић

БИОЛОГИЈА СА ЕКОЛОГИЈОМ

Прво издање

Београд, 2022.

БИОЛОГИЈА СА ЕКОЛОГИЈОМ

Аутори:
Проф. др Лидија Амиџић
Проф. др Гордана Дражић
Мр Даниела Цветковић

Рецезенти:
Проф. др Јелена Миловановић
Проф. др Данијела Продановић

Издавач:
УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУНУМ
Београд, Данијелова 32
www.singidunum.ac.rs

За издавача:
Проф. др Милован Станишић

Припрема за штампу:
Милош Вишњић

Дизајн корица:
Александар Михајловић, МА

Година издања:
2022.

Тираж:
300 примерака

Штампа:
Birograf, Београд

ISBN: 978-86-7912-785-3

Copyright:

© 2022. Univerzitet Singidunum
Izdavač zadržava sva prava.
Reprodukcija pojedinih delova ili celine ove publikacije nije dozvoljena.

Садржај

1. Увод **1**
1.1. Дефиниција и предмет проучавања биологије 1
1.2. Развој биологије као науке 4
1.3. Опште карактеристике организама 9

2. Цитологија **15**
2.1. Подела организама према ћелијској грађи 15
2.2. Хемијски састав ћелије 20
2.3. Грађа еукариотске ћелије 30
2.3.1. Цитоплазма 31
2.3.2. Ћелијске органеле 33
2.3.3. Ћелијске вакуоле 55
2.3.4. Ћелијски зид 56

3. Наслеђивање, размножавање и развиће **59**
3.1. Нуклеинске киселине 59
3.2. Хроматин и хромозоми 63
3.3. Деоба ћелије 66
3.4. Гаметогенеза 73
3.5. Оплођење 76
3.6. Ембриогенеза 77
3.7. Правила наслеђивања 79
3.8. Мутације 91

4. Биљна ткива **97**
4.1. Меристемска ткива 98
4.2. Трајна ткива 102
4.2.1. Паренхимско ткиво 102
4.2.2. Механичко ткиво 103
4.2.3. Покорично ткиво 106
4.2.4. Проводно ткиво 111
4.2.5. Секреторно ткиво 114

5. Биљни органи **117**
5.1. Клица 117
5.2. Корен 119
5.3. Изданак 124
5.4. Стабло 125
5.5. Лист 130
5.6. Цвет 137
5.7. Плод 147

6. Животињска ткива **153**
6.1. Везивно ткиво 153
6.2. Мишићно ткиво 162
6.3. Нервно ткиво 165
6.4. Епително ткиво 168

7. Органи и системи органа животиња **171**
7.1. Скелетни систем 171
7.2. Мишићни систем 175
7.3. Нервни систем 177
7. 4. Кардиоваскуларни систем 191
7. 5. Респираторни систем 194
7. 6. Дигестивни систем 198
7. 7. Уринарни систем 202
7. 8. Репродуктивни систем 204
7. 9. Ендокрини систем 208
7.10. Покровни систем 210

8. Биолошка еволуција **212**
8.1. Етапе еволуције материје 213
8.2. Дарвинова теорија биолошке еволуције 215
8.3. Механизми биолошке еволуције 218

9. Систематика и таксономија савремених врста **221**
9.1. Основни принципи класификације живог света 221
9.2. Класификација савремених врста 224

10. О екологији **263**
10.1. Дефиниција и историјски развој екологије 263
10.2. Подела екологије 265

11. Организација живог света **269**
11.1. Нивои организације живог света 269
11.2. Популација 275
11.3. Односи исхране у екосистему 279
11.4. Еколошке валенце 283
11.5. Еколошке адаптације и животне форме 287

12. Еколошки фактори **293**
12.1. Абиотички еколошки фактори 294
12.1.1. Време, клима и климатски појасеви 294
12.1.2. Сунчево зрачење као еколошки фактор 296
12.1.3. Температура као еколошки фактор 299
12.1.4. Ваздух и ветар као еколошки фактор 305
12.1.5. Едафски фактори 318
12.1.6. Орографски фактори 323
12.1.7. Геофизички фактори 331
12.2. Биотички еколошки фактори 331
12.2.1. Хетеротипски (интерспецијски) односи 332
12.2.2. Хомотипски (интраспецијски) односи 342

13. Распростирање и распрострањеност врста **345**
13.1. Појам ареала 345
13.2. Границе и облик ареала 347
13.3. Космополити, ендемити и реликти 350

14. Просторна и временска организација животних заједница **355**
14.1. Просторна организација животних заједница 356
14.2. Временска организација животних заједница 360
14.3. Класификација животних заједница 363
14.4. Хоризонтално и вертикално распрострањење вегетације 365
14.5. Зоналност вегетације 368

Литература, извори слика и табела **370**



УВОД

1. УВОД

1.1. ДЕФИНИЦИЈА И ПРЕДМЕТ ПРОУЧАВАЊА БИОЛОГИЈЕ

Биологија је мултидисциплинарна наука које се бави проучавањем живота – његовим настанком, еволуцијом, структурно-функционалном организацијом и интеракцијама са окружујућом абиотичком средином. Сам израз биологија (βιολογια) потиче од старогрчких речи биос (гр. βιος – живот) и логос (гр. λογος – наука). Овај израз званично се у науци појавио на почетку XIX века мада прва искуствена сазнања о живом свету сежу у праисторију. У време буђења човечанства, наши далеки преци постајали су свесни своје повезаности са другим бићима од којих су добијали храну, лек, ватру, одећу и остале сировине неопходне за опстанак. Касније, у време успона древних цивилизација, прва формална изучавања природе и човека била су у вези са развојем традиционалне медицине и природњаштва.

У биолошким наукама термин биологија везује се за француског природњака Жана-Батисте Ламарка (Jean-Baptiste Lamarck) који је 1802. године у студији Хидрогеологија (Hydrogéologie) биологију описао као дисциплину „терестричне физике“ која проучава све што је у вези са живим телима. Исте године немачки природњак Готфрид Тревиранус (Gottfried Treviranus) у студији под називом Биологија (Biologie), дефинисао је биологију као науку о животу.

Сви облици и манифестације живота данас се проучавају од субћелијског нивоа до нивоа биосфере. Широк спектар тема везаних за структуре, процесе и појаве у живом свету довео је до развоја биологије као система сродних научних дисциплина специфичних по проблематици којом се баве и методологији која се примењује.

Биологија са екологијом

Све биолошке дисциплине међу собом су тесно повезане и прожете, тако да свако откриће у једној дисциплини омогућава јасније сагледавање одређеног проблема у осталим дисциплинама. Навешћемо основне биолошке дисциплине.

- **Биохемија** проучава хемијске процесе у организмима.
- **Биофизика** проучава физичке процесе и појаве у организмима.
- **Генетика** проучава структуру наследног материјала, механизме његовог преношења, комбиновања и променљивости.
- **Молекуларна биологија** проучава структуре и процесе на молекуларном нивоу.
- **Цитологија** проучава структуру и функције ћелија.
- **Хистологија** проучава структуру и функције ткива.
- **Анатомија** проучава телесну структуру и организацију организама.
- **Морфологија** проучава грађу и облик организама.
- **Физиологија** проучава животне процесе и начин функционисања организама.
- **Ембриологија** проучава морфо-анатомске и функционалне особине ембриона.
- **Систематика** проучава сродничке односе између појединих група организама, односно, бави се филогенијом, упоређивањем, разграничавањем, хијерархијом и класификацијом организама. Научна дисциплина сродна систематици је таксономија која именује и разврстава групе живих и измурлих организама у одређене таксономске категорије (врсте, родове, породице итд.).
- **Еволуциона биологија** проучава процесе који доводе до променљивости врста и биолошке разноврсности.
- **Екологија** проучава односе између организама, животних заједница и абиотичке средине.
- **Биогеографија** проучава процесе географског распростирања и распрострањеност организама.
- **Етологија** проучава понашање животиња.
- **Конзервациона биологија** проучава теорију и праксу заштите, очувања и унапређења органских врста и природних екосистема.

- **Космичка биологија** проучава утицаје космичке средине на биолошке процесе у организму човека и других бића, као и могућности развоја и постојања ванземаљског живота.

С обзиром да је живи свет разноврстан, у зависности од тога које групе организама проучава, биологија се такође дели на одређене научне дисциплине.

- **Микробиологија** проучава микроорганизме.
- **Микологија** проучава гљиве.
- **Алгологија** проучава алге.
- **Лихенологија** проучава лишаје.
- **Бриологија** проучава маховине.
- **Ботаника** проучава папрати, голосеменице и скривеносеменице.
- **Зоологија** проучава животиње (бескичмењаке и кичмењаке).
- **Антропологија** проучава човека.

Наведене дисциплине укључују не само систематику и таксономију појединих група организама, него и њихове карактеристике са аспекта генетике, анатомије, морфологије, физиологије, екологије и других грана биологије. Из биологије као фундаменталне науке, развиле су се и примењене научне дисциплине као што су медицина, ветерина, фармакологија, пољопривреда, шумарство, заштита животне средине.

1.2. РАЗВОЈ БИОЛОГИЈЕ КАО НАУКЕ

Развоју савремене биологије као мултидисциплинарне науке претходило је дуго гомилање, систематизовање, преношење и продубљивање сазнања о живом свету. Још у древној Кини, у *Књизи цара Шен Нунга о корењу и травама* из 2.800 године п.н.е. описано је 365 врста биљака. У древном Египту 1.550 године п.н.е. написан је *Медицински папирус из Тебе*. Представљао је збирку раније насталих, систематизованих и преписаних текстова о људском телу, о хигијени, о физичким и менталним болестима и њиховом лечењу медикаментима биљног и животињског порекла.

У античко доба, захваљујући старогрчким, а потом и римским филозофима и природњацима, постављени су темељи многих природних наука.

Анаксимандар (610-546. године п.н.е.), филозоф природе, писао је о неодређеној материји – апеирону, из које је услед супротности топло-хладно настао свет. По њему, прве животиње настале су из морског муља у време када на копну није било услова за живот. Биле су прекривене бодљикавим оклопом који су одбацивале прелазећи на копно. На копну је настао и човек од „животиња другачије врсте".

Демокрит (460–370. године п.н.е.), филозоф природе, под утицајем свог учитеља Леукипа изнео је идеју о атому (гр. *atom* – недељив). Сматрао је да у универзуму постоје само празан простор и атоми који су невидљиво мали, чврсти, вечни и у бесконачном кретању. У складу са овим материјалистичким гледиштем објаснио је укус, мирис, звук, ватру и смрт.

Аристотел (384–322. године п.н.е.), филозоф и беседник, сматра се и зачетником зоологије. Он је дефинисао и описао пет главних биолошких процеса – метаболизам, регулацију температуре, обраду информација, ембриогенезу и наслеђивање. Његов допринос зоологији између осталог, огледа се и у томе што је описао око 500 врста птица, сисара и риба, и што је указао на разлику између десетина врста инсеката и других бескичмењака.

Теофраст (381–287. године п.н.е.), фолозоф и природњак, сматра се зачетником ботанике. На основу биљног материјала донетог са освајачких похода Александра Македонског, дошао је до значајних података о до тада непознатим биљним врстама и о утицају климе на њихову разноликост и распрострањење. Написао је два обимна дела (*Историја биљака* и *Порекло биљака*) у којима је описао и класификовао 480 врста биљака на основу њиховог изгледа и еколошких одлика. У односу на животне форме, биљке је поделио на траве, полужбуње, жбуње и дрвеће. У односу на број клициних листића поделио их је на монокотиле и дикотиле, а на основу дужине живота на једногодишње, двогодишње и вишегодишње.

Након средњег века који је у Европи обележен јаким утицајем цркве и стагнирањем природних наука, нови век је донео развој морепловства, много већу мобилност људи, упознавање са новим континентима, њиховом природом, људима и културама. Све то пробудило је знатижељу природњака и буђење научног погледа на свет.

Вилијам Харви (William Harvey, 1578–1657), енглески лекар и биолог, био је један од оснивача анималне физиологије. Захваљујући експериментима које је увео у свој свакодневни рад, успео је да до детаља објасни путеве и механизме циркулације крви. Такође, анализирајући ембрионе животиња, поставио је темеље савремене анималне ембриологије.

Антони ван Левенхук (Antonie van Leeuwenhoek, 1632–1723), холандски трговац и природњак, конструисао је прве микроскопе. Неки његови микроскопи увеличавали су објекте и до 500 пута тако да је био први човек који је посматрао бактерије, протозое и делове ткива. Између осталог, открио је да су бактерије узрочници колере и тетануса, а протозое узрочници маларије.

Роберт Хук (Robert Hooke, 1635–1703), енглески физичар, захваљујући микроскопу 1665. године открио је ћелију. Посматрајући кроз микроскоп слојеве плуте храста плутњака (*Quercus suber*), запазио је коморице које су међу собом одвојене преградама. Ове коморице су га подсетиле на пчелиње саће. Дао им је име ћелије по латинском називу *cellula* за мале монашке собице (келије). Ћелијске органеле није могао да уочи пошто су ћелије плуте мртве.

Матијас Шлајден (Matthias Jakob Schleiden, 1804–1881) и **Теодор Шван** (Theodor Schwann, 1810–1882), немачки биолози, поставили су целуларну теорију по којој су сви организми изграђени од ћелија као њихових основних јединица. У приближно исто време италијански професор медицине **Марчело Малпиги** истраживао је ћелијску мембрану, италијански ботаничар **Бонавенути Кортија** проучавао је ћелијски садржај, чешки зоолог **Јоханес Пуркиње** увео је у науку појам протоплазма, а шкотски ботаничар **Роберт Браун** описао је ћелијско једро.

Жорж Буфон (Georges-Louis de Buffon, 1707–1788), француски природњак, написао је 36 томова капиталног дела *Историја природе* (*Histoire Naturelle*, 1749–1788) у коме је образложио став о заједничком пореклу животиња које су се временом мењале и дивергирале под дејством спољашње средине. Изнео је претпоставку да се врсте могу „побољшати“ или могу „дегенерисати“ током њиховог ширења из центра „креације“.

Карл Лине (Carl von Linné, 1707–1778), шведски лекар и природњак, сматра се оснивачем модерне систематике и таксономије. У раду *Природни системи* (*Systema Naturae*, 1735) систематизовао је 4.400 врста животиња и 7.700 врста биљака. У биологију је увео биноминални систем номенклатуре, односно, општи систем именовања врста по коме се назив сваке врсте састоји из две речи, из назива рода коме врста припада и из личног имена саме врсте. Захваљујући Линеу свака врста у природи добила је своје филогенетско стабло по систему од појединачног ка општем: врста – род – фамилија – ред – класа – раздео – царство.

Жан-Батист Ламарк (Jean-Baptiste Lamarck, 1744–1829), француски природњак, био је зачетник ране теорије органске еволуције. У делу *Зоолошка филозофија* (*Philosophie zoologique*, 1809), изложио је своју теорију о променљивости врста под утицајем спољашње средине засновану на претпоставци о могућности наслеђивања стечених својстава. Сматрао је да врсте не изумиру, него да се мењају под утицајем фактора спољашње средине и на тај начин прелазе у друге врсте.

Александар Хумболт (Alexander von Humboldt, 1769–1859), пруски истраживач, зачетник је савремене биогеографије. Најобимнија истраживања спровео је у Јужној Америци где се бавио геологијом, вулканизмом, хидрологијом, земљиним магнетним пољем, климом, вегетацијом. Велики део времена посветио је и истраживању Азије, а у Сибиру је успоставио низ магнетних и метеоролошких станица. Између осталог, Хумболт је објавио *Есеје о ботаничкој географији* (*Essais de Geographie botanique*, 1805). У овим есејима као и у бројним другим радовима, писао је о утицају климе и надморске висине на распрострањење биљака.

Алфред Волас (Alfred Wallace, 1823–1913), британски биолог и географ, проучавао је фауну широм света, нарочито у сливу Амазона, у Аустралији и на Малајском архипелагу. Он је независно од Дарвина развио своју теорију о природној селекцији што је између осталог, подстакло Дарвина да објави књигу *О пореклу врста*. Воласова двотомна књига *Географско распрострањење животиња* (*The Geographical Distribution of Animals*, 1876) резултат је дугогодишњег истраживања екологије и географског распрострањења животиња. Посебну вредност наведеног издања представљала је подела животињског света на зоогеографске области. Кроз ову поделу Волас је приказао распоред појединих животињских група у контексту природних историјских процеса и промена.

Грегор Мендел (Gregor Johann Mendel, 1822–1884), аустријски свештеник и биолог, сматра се зачетником генетике. Мендел је проучавао механизме наслеђивања што је било веома незахвално с обзиром да свет науке још увек није познавао структуру наследног материјала. Он је вршио контролисана укрштања између различитих сорти домаћег грашка на основу чега су створене прве представе о правилима наслеђивања родитељских особина. Кроз свој рад успео је да дефинише хомозиготне и хетерозиготне организме, као и доминантне и рецесивне карактеристике организама.

Чарлс Дарвин (Charles Darwin, 1809–1882), британски природњак, био је један од најзнаменитијих научника XIX века. Током дугогодишњег научног рада проучавао је геолошке формације, фосиле и савремене врсте географски удаљених подручја, нарочито Јужне Америке и Галапагоских острва, пратио је научна открића својих савременика и са многима од њих је тесно сарађивао, анализирао је искуства селекционара домаћих животиња. Круна његовог научног опуса била је дело *О пореклу врста* (*On the Origin of Species*, 1859) којом су постављени темељи савремене теорије органске еволуције. У овој књизи Дарвин је образложио идеју о променљивости врста кроз борбу за опстанак, односно, идеју о еволуцији живог света под утицајем промена наследног материјала и природне селекције. Дарвинова теорија о променљивости врста представљала је популацијски став који је своје упориште нашао у природном одабирању чиме је указано да биолошка еволуција има адаптивни карактер.

У XX веку развиле су се биолошке дисциплине које су омогућиле да се Дарвинова теорија практично докаже и допуни. Рецимо, велики допринос у сагледавању процеса преношења информација са родитеља на потомке, дали су молекуларни биолози **Џејмс Вотсон** (James Watson), **Френсис Крик** (Francis Crick) и **Морис Вилкинс** (Maurice Wilkins) који су 1953. године уз помоћ својих колега открили молекуларну структуру дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК) и механизме преношења наследних информација у живом свету. Ово откриће им је 1962. године донело Нобелову награду.

Све учесталије увођење експеримента и биолошке науке током XIX и XX века, дало је значајне резултате и у борби против болести изазваних микроорганизмима.

Луј Пастер (Louis Pasteur, 1822–1895), француски микробиолог и хемичар, заједно са Робертом Кохом сматра се оснивачем бактериологије. У борби против патогених микроорганизама допринео је развоју антисептичких метода у хирургији. Захваљујући експерименталним пробама, у медицину и ветерину увео је методе имунизације и развио вакцине против беснила и антракса. Пастер је иновирао и методу заштите хране од микроорганизама применом високих температура. Ова метода по њему је названа пастеризација.

Роберт Кох (Heinrich Hermann Robert Koch, 1843–1910), немачки лекар и бактериолог, открио је бактерије изазиваче туберкулозе и колере. Покушао је да пронађе лек против туберкулозе, али му то није пошло за руком. Међутим, његови ученици су захваљујући примени метода које је разрадио, успели да открију узрочнике тифуса, дифтерије, пнеумоније, гонореје, тетануса, сифилиса, менингитиса, лепре и других заразних болести.

Александар Флеминг (Alexander Fleming, 1881–1955), шкотски микробиолог, 1928. године је из гљивице *Penicillium notatum* (syn. *Penicillium chrysogenum*) изоловао први антибиотик – пеницилин. Пре тога, Флеминг је у лабораторијским условима уочио да многе бактерије, нарочито Грам-позитивне, бивају елиминисане ако се њихове културе гаје у близини ове гљивице из групе плесни. Шира производња и клиничка примена пеницилина који је спасио животе многих људи широм света, започела је 1943. године. Убрзо потом, 1945. године, Флеминг је добио Нобелову награду за медицину. Ово престижно признање поделио је са немачким биохемичарем **Чејном** (Ernst Boris Chain) и аустралијским фармакологом **Флоријем** (Howard Walter Florey), који су први применили пеницилин у лечењу пацијената.

Кроз даљи развој теоријских и апликативних биолошких дисциплина, формирана је богата научна база која данас даје широку слику о биолошким процесима и појавама у светлу историјских промена и могућих перспектива живог света у будућности. Развоју савремене биологије допринела су многа открића и у области физике и хемије, као и конструкција електронског микроскопа који је шире почео да се користи средином прошлог века. Једна од дисциплина савремене биологије, молекуларна биологија, као синтеза класичних грана биологије, првенствено биохемије и генетике, даје све већи број одговора на многа питања везана за интеракције између субћелијских структура укључујући интеракције између ДНК, РНК и протеина,

као и питања регулације тих интеракција. Захваљујући томе, све се шире примењује генетички инжењеринг који представља технологију вештачког образовања нових комбинација наследног материјала. Ова технологија може пружити многе услуге човечанству, али само под условом да се примењује сврсисходно и контролисано, и да не ремети равнотежу коју је природа успоставила на самом почетку органске еволуције.

1.3. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОРГАНИЗАМА

Живот представља најсложенију форму кретања и трансформисања материје и енергије. Једна од најзначајнијих карактеристика свих бића на Земљи је њихово монофилетско порекло, односно, порекло од заједничких прапредака. Управо тај заједнички корен који сеже у далеку прошлост, као и еволуција под утицајем сличних фактора природне селекције, учинили су да живи свет наше планете има многе заједничке особине.

Опште карактеристике свих организама почев од бактерија па до човека, јесу ћелијска грађа, размена материје и енергије са спољашњом средином, ауторегулација, размножавање, раст, развиће, променљивост, покретљивост, организованост, надражљивост, старење и смрт.

Ћелијска грађа

Сви организми састоје се од ћелија. Код једноћелијских организама (бактерија, једноћелијских алги, праживотиња, неких гљивица) ћелија представља организам у малом, док код вишећелијских организама ћелије граде ткива која омогућују функционисање органа и организма у целини. Ћелијску грађу не поседују само вируси који се налазе на граници између живе и неживе природе.

Размене материје и енергије са спољашњом средином

Бића су отворени системи у сталној интеракцији са спољашњом средином. Свако биће из спољашње средине селективно узима потребне материје и у њима ускладиштену енергију, а у спољашњу средину такође селективно избацује непотребне материје и израчује део претходно усвојене и трансформисане енергије. Све биохемијске реакције које омогућују промет материје и енергије у организму означавају се појмом **метаболизам**.

Метаболизам карактеришу два основна процеса: анаболизам и катаболизам. **Анаболизам** обухвата процесе синтезе сложених из простих једињења уз везивање енергије. **Катаболизам** представља процесе разградње сложених једињења на проста, уз ослобађање енергије. У ћелији се непрекидно одвијају тесно повезани процеси разлагања органске материје уз ослобађање енергије, и процеси синтезе сложених материја уз везивање (утрошак) енергије. Пошто се анаболизам одвија у континуитету, ћелија има сталну потребу за енергијом.

Ћелија **аеробних организама** потребну енергију добија оксидацијом органских једињења, првенствено угљених хидрата, тј. њиховим сагоревањем што представља катаболички процес. Да би дошло до оксидације неопходно је да аеробни организми у процесу **дисања** усвајају атмосферски кисеоник. Органска једињења се полако и поступно оксидишу тако да се енергија из њих отпушта делом у облику топлоте, а делом као хемијска енергија депонована у аденозин-трифосфату (АТР). Општа формула оксидације глукозе као извора енергије је следећа:

$$C_6H_{12}O_6 \text{ (глукоза)} + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{енергија (2830 kJ)}.$$

Ћелија **анаеробних организама** до потребне енергије долазе у процесу ферментације, односно, такозване анаеробне респирације. Код гљива и биљака ферментација се најчешће одвија по формули:

$$C_6H_{12}O_6 \text{ (глукоза)} \rightarrow 2C_2H_5OH \text{ (етанол)} + 2CO_2 + \text{енергија}$$

Код животиња ферментација се најчешће одвија по формули:

$$C_6H_{12}O_6 \text{ (глукоза)} \rightarrow 2C_3H_6O_3 \text{ (млечна киселина)} + \text{енергија}$$

Ауторегулација

Сваки организам понаособ основна је јединица егзистенције у живој природи. Он је аутономна организационо-функционална целина под сталним утицајем променљивих елемената спољашње абиотичко-биотичке средине. И поред различитих утицаја спољашње средине, сваки организам до одређених граница задржава своју структуру и унутрашњу организацију.

Ова способност одржавања стабилних или релативно стабилних услова унутрашње средине (температуре, хидрираности, концентрације јона, киселости...), најчешће независних од промена у спољашњој средини, назива се **хомеостаза**.

Размножавање

Размножавање (репродукција) је процес током кога родитељске јединке преко генетичког материјала стварају слично или идентично потомство. Сва бића остављају потомке на које преносе своје наследне особине чиме се обезбеђује продужетак, односно, континуитет врсте. Ипак, нове јединке углавном нису идентичне копије родитеља, тако да готово никад наредна генерација није проста копија претходне. То значи да су нове генерације подложне постепеним променама. У природи постоје два облика размножавања – сексуално (генеративно) и асексуално (вегетативно) размножавање.

Сексуално размножавање је биолошки процес током кога услед мејотичке деобе полних родитељских ћелија нови организми неке особине наслеђују мајке, а неке од оца.

Асексуално размножавање је биолошки процес током кога организми током митотичке деобе стварају генетички идентичну копију (клон) без комбинације генетичког материјала са другим родитељским организмом.

Раст и развиће

Сваки организам настаје из једне ћелије. Код једноћелијских организама та једна ћелија представља организам у малом и обавља све функције које су неопходне за његов опстанак и каснију деобу у процесу размножавања. Када је реч о вишећелијским организмима, узастопним деобама телесних ћелија ови организми прогресивно увећавају своју масу и достижу одређене, за дату врсту карактеристичне размере. Током раста и развића организама истовремено тече морфолошка и физиолошка диференцијација њихових ткива која граде поједине органе и системе органа.

Променљивост

Кроз низ генерација бића се постепено мењају како структурално, тако и функционално. Основни механизми тих промена су генетичка варијабилност (мутације и генетички дрифт) и деловање фактора природне селекције (свих фактора окружујуће средине). Променљивост бића је особина која омогућава

прилагођавање популација и врста варијабилним еколошким условима. То значи да је жива материја пластична и да поседује моћ прилагођавања условима окружења.

Покретљивост

Сви организми се крећу на одређени, њима својствен начин. Већина животиња се активно креће и на тај начин мења своје место у простору. Изузетак су само сесилне животиње које су везане за подлогу – сунђери, кринови, плашташи... Функционална покретљивост животиња омогућава успешније проналажење хране, освајање животног простора, директан контакт између јединки, ефикаснији напад и одбрану током борбе за опстанак. Већина биљака се не креће у простору осим појединих алги које су снабдевене бичевима или трепљицама за кретање кроз воду. Иако се не крећу у простору, биљке повремено мењају положај својих органа (изданака, листова, цветова), и то углавном у односу на извор светлости.

Организованост

Све животне форме и процеси испољавају организованост. Организованост живе материје огледа се пре свега у појави разних органских облика и структура које представљају реалне форме њене егзистенције у природи. Организованост се испољава и у процесима размножавања и подизања младих, у процесима прилагођавања условима променљиве средине, у трофичким односима који се могу изразити кроз ланце и мреже исхране.

Надражљивост

Организми имају способност да преко појединих рецептора примају различите **дражи** (хемијске, физичке, механичке) из спољашње и унутрашње средине. Примљене дражи код њих изазивају надражаје. **Надражаји** представљају промене у организму изазване дражима. Те промене доводе до одговарајућих реакција организама на дражи. Ова способност реаговања организама на дражи означава се као **надражљивост**. Дакле, захваљујући рецепторима организми реагују на промене у спољашњој и унутрашњој (телесној) средини и адекватно реагују на њих.

Старење и смрт

Сви организми старе и умиру. То су универзалне природне фазе у животном циклусу сваког организма. Процес старења везан је за генетички програмирано отказивање механизама који одржавају хомеостазу. У процесу старења долази до опадања нивоа многих животних процеса и функција, као и укупне виталности организма што временом доводи до смрти. Смрт је квалитативна промена функционалног стања протоплазме која се превасходно испољава кроз престанак способности њене саморегулације, као и кроз престанак способности контролисане размене материје и енергије са спољашњом средином.

ЦИТОЛОГИЈА

2. ЦИТОЛОГИЈА

2.1. ПОДЕЛА ОРГАНИЗАМА ПРЕМА ЋЕЛИЈСКОЈ ГРАЂИ

Биолошка дисциплина која се бави проучавањем структуре, састава, организације, метаболизма и деобе ћелија, назива се **цитологија**.

Сви организми састављени су од ћелија. **Ћелија** је основна јединица грађе и функције свих организама осим вируса. У односу на број ћелија које их граде, организми могу бити једноћелијски и вишећелијски. Код једноћелијских организама једна ћелија обавља све животне функције. У том случају она представља организам у малом. За разлику од једноћелијских, вишећелијски организми састоје се од релативно великог или веома великог броја ћелија. Код сложенијих вишећелијских организама ћелије се групишу у ткива. У том случају свако ткиво изграђено је од специјализованих типова ћелија. Прелазну групу између једноћелијских и вишећелијских организама представљају колонијални организми. То су једноћелијски организми код којих су групице самосталних ћелија међу собом повезане цитоплазматичним концима или слузавим материјама.

Организми се на основу организације ћелије могу поделити на 1) прећелијске, 2) прокариотске и 3) еукариотске.

1) Прећелијски организми немају ћелијску структуру. Овакав случај је са вирусима (лат. *virus* – отров). Вируси су сићушни инфективни микроорганизми који се репликују само унутар живих ћелија домаћина. Изван домаћина не показују знаке живота и могу да кристализују. Вируси нису способни да расту, да синтетишу протеине, да обављају метаболичке процесе. Пошто испољавају особине живих бића само кад се нађу у ћелијама других организама, називају се организмима на граници живота.

Величина вируса креће се од 10–300 nm (1 nm или нанометар = 0,000001 mm) тако да се могу видети само електронским микроскопом. Вируси који нападају ћелије биљака и животиња углавном се састоје од само једног молекула рибонуклеинске (РНК) или дезоксирибонуклеинске (ДНК) киселине који је прекривен беланчевинастом опном. Ова опна назива се капсид, а састоји се од протеинских јединица капсомера. Поједини вируси садрже још један омотач састављен од гликопротеина и липида који потичу од мембране ћелије домаћина (Сл. 1).

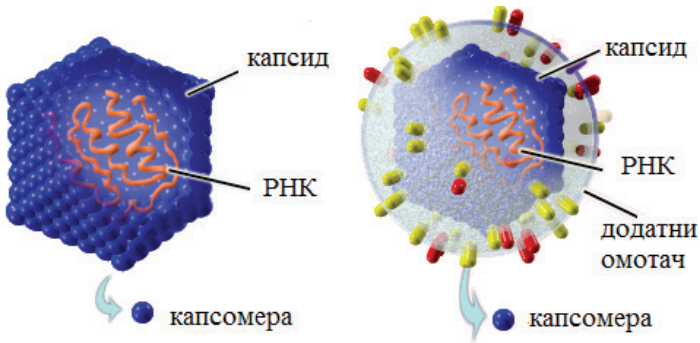
Вируси који нападају бактерије називају се бактериофаги. По грађи бактериофаги се разликују од осталих вируса јер се састоје од главе, врата, репа и плочице са кукицама (Сл. 2). Главу бактериофага чине нуклеинска киселина (ДНК или РНК) и капсид. Врат и реп су издужене протеинске цевчице са ензимима који разлажу ћелијски зид бактерије. Плочица је хексагонална, са кукицама које служе за причвршћивање вируса за ћелију бактерије.

Према нуклеинској киселини коју садрже, вируси се деле на ДНК и РНК вирусе. РНК вируси размножавају се у цитоплазми ћелије домаћина, док се ДНК вируси углавном размножавају у једру ћелије домаћина.

Начин уласка вируса у ћелију домаћина зависи од структуре самог вируса. Вируси без додатног омотача од гликопротеина и липида улазе у ћелију процесом пиноцитозе. Вируси са омотачем улазе у ћелију такође процесом пиноцитозе с тим што се овај омотач стапа са ћелијском мембраном, а остатак вируса се убацује у ћелију. Бактериофаги својим ензимима разлажу зид бактерије и праве отвор кроз који убацују своју нуклеинску киселину. Када вирус доспе у ћелију, капсид се разлаже, а вирусна нуклеинска киселина мења и подређује метаболизам ћелије домаћина у своју корист. Ћелија домаћина даље обавља репликацију вирусне ДНК или РНК и обезбеђује синтезу протеина који образује капсид. На тај начин ћелија домаћина продукује нове вирусе. Новоформирани вируси потом могу изаћи из ћелије или могу остати у њој и мировати неко време све до активације изазване неким унутрашњим или спољашњим агенсом. Овакви мирујући вируси присутни у ћелијама домаћина називају се провируси.

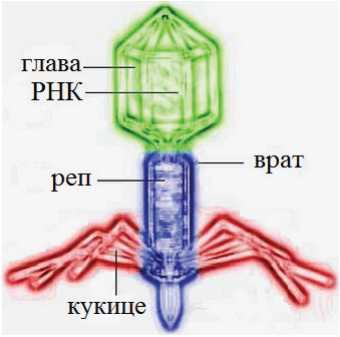
Код човека вируси су узрочници многих оболења као што су кијавица, грип, заушке, беснило, рубеоле (црвенке), варичеле (овчије богиње), морбиле (мале богиње), вариоле (велике богиње), мононуклеоза, дечја парализа, бенигни и малигни тумори итд.

Слика 1. Грађа вируса без и са додатним омотачем



2) Прокариотски организми или **прокариоте** (грч. *pro* – пре, *karyon* – језгро) су једноћелијски организми без ћелијског језгра. Овој групи организама припадају прабактерије (археје), бактерије и модрозелене бактерије које се називају и модрозелене алге с обзиром да имају хлорофил.

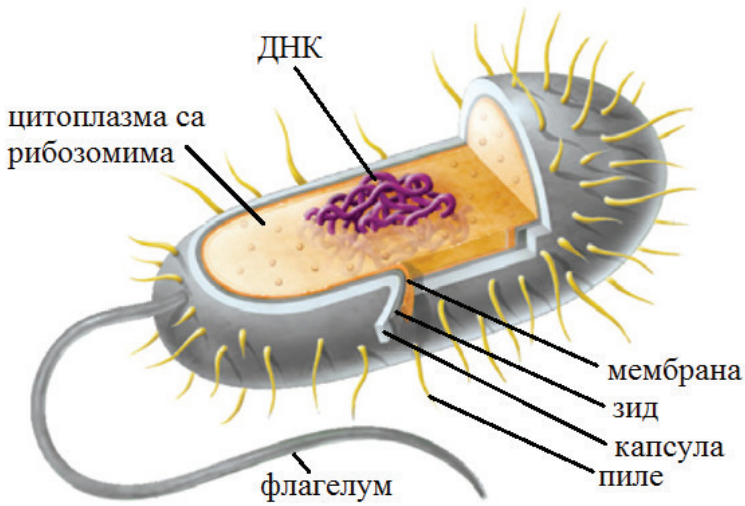
Слика 2. Бактериофаг



Пошто прокариоте немају језгро, њихов молекул ДНК налази се непосредно у цитоплазми, везан за макромолекуле протеина. Углавном имају само један кружни или изувијани макромолекул ДНК (један хромозом) који игра основну улогу у деоби ћелије. Поред овог главног молекула ДНК, у ћелијама прокариота могу се наћи и плазмиди. То су мањи, кружни молекули ДНК који немају никакву улогу у деоби ћелија али дају ћелијама нека корисна својства.

Поред тога што немају језгро, прокариотске ћелије немају ни друге ћелијске органеле осим рибозома. На њиховој површини налазе се ћелијска мембрана и ћелијски зид. Ћелијски зид садржи полимере пептидогликане који су специфични за ову групу организама. Неке бактерије додатно су обавијене и капсулом од полисахарида или полипептида. Такође, извесне бактерије образују и велики број протеинских филамената (пила), који служе за причвршћивање за подлогу. Покретљиве бактерије образују и дугачке протеинске бичеве (флагелуме) који им обезбеђују кретање (Сл. 3).

Слика 3. Прокариотски организам



Прокариоте се размножавају простом ћелијском деобом (амитозом). Пре деобе долази до репликације макромолекула ДНК. Репликација представља процес дуплирања молекула ДНК при коме од једног настају два потпуно идентична молекула. Након тога се ћелија дели на две ћелије. У свакој од њих налази се по један молекул ДНК.

3) Еукариотски организми или **еукариоте** (грч. *eu* – добро, *karyon* – језгро) су једноћелијски или вишећелијски организми у чијим се ћелијама налази језгро. Језгро је од околне цитоплазме одвојено језгровом опном. У њему су смештени макромолекули ДНК који граде хромозоме. Поред језгра, у ћелијама еукариота налазе се и ћелијске органеле (митохондрије, Голџијев апарат, ендоплазматични ретикулум, рибозоми, пластиди код биљака....). На површини животињских ћелија налази се ћелијска мембрана, док се на површини биљних ћелија налази и ћелијски зид.

У еукариотске организме спадају све алге осим модрозелених, маховине, папрати, голосеменице, скривеносеменице, гљиве, бескичмењаци и кичмењаци. Једноћелијски еукариотски организми означени су као протисти (Protista). Овој групи припадају како аутотрофни, тако и хетеротрофни организми – представници силикатних (*Bacillariophyta*), златастих (*Chrysophyta*), ватрених (*Pyrrophyta*) и еугленофитих (*Euglenophyta*) алги, затим слузаве гљиве (*Myxomycota*), водене буђи (*Oomycota*), бичари (*Zooflagelata*), саркодине (*Sarcodina*), спорозое (*Sporozoa*), трепљари (*Ciliophora*) итд.

Величина еукариотских ћелија варира у зависности од њихових функција. Пречник прокариотских ћелија креће се од 1 до 10 μm (1 μм или микрометар = 0,001 mm). Еукариотске ћелије су веће, просечног пречника од 5 до 100 μm. Међутим, постоје и много веће ћелије попут попречно-пругастих мишићних влакана која су дугачка неколико сантиметара, моторних неурона који су дугачки и до 80 cm, ликиних влакана која код неких биљака достижу и 20 cm.

Облик ћелија код једноћелијских организама најчешће је лоптаст или елипсоидан. Код вишећелијских организама облик ћелија је знатно разноврснији јер су се ћелије специјализовале за одређене функције. На пример, код мрких алги може се разликовати око 10 основних облика ћелија, код маховина око 20, код папрати око 40, код цветница чак око 80, а код кичмењака и преко 200. Најчешћи облик ћелија је лоптаст, елипсоидан, плочаст, призматичан, цилиндричан, вретенаст, штапићаст, влакнаст, звездаст, разгранат, амебоидан итд.

Еукариотске ћелије могу се репродуковати асексуално (митозом) и сексуално (мејозом). Током митозе ћелија се дели на две генетски идентичне ћелије. У мејози која се дешава током формирања полних ћелија, након два циклуса ћелијске деобе настају ћелије од којих свака садржи јединствене комбинације родитељских хромозома.

2.2. ХЕМИЈСКИ САСТАВ ЋЕЛИЈЕ

Ћелију граде бројни елементи, неорганска и органска једињења.

Вода

Вода је најзаступљеније једињење у ћелији. Она у просеку чини 65–85% ћелијске масе активних ћелија. У мирујућим ћелијама семена и спора воде је знатно мање, 5–15%.

Градивна улога воде у ћелији огледа се у њеном својству да се везује са молекулима протеина и да гради хидрофилне колоиде. Протоплазма као основна градивна маса сваке ћелије састоји се од сложеног комплекса хидрофилних колоида. Вода која се везује за протеине чини такозвану везану воду. Остала количина воде је такозвана слободна вода.

Транспортна улога воде испољава се кроз њену способност да се активно укључи у процес преноса свих материја. Сви елементи и једињења која циркулишу кроз ћелије, ткива и организам у целини, налазе се у облику воденог раствора.

Метаболичка улога воде огледа се у њеној особини да активира биохемијске реакције у ћелији. Ћелија је активна и функционална само док је њена протоплазма прожета водом. Један од разлога лежи и у чињеници да је вода универзални растварач који усмерава активност катализатора (фермената) при чему и сама има улогу катализатора. Што је више воде у ћелији, то су и животни процеси динамичнији. У случајевима кад ћелија губи воду, она прелази у стање мировања (анабиозе) или још чешће, постепено умире.

Структурална улога воде заснива се на њеној способности да одржава унутарћелијски притисак (тургор). Вршећи притисак на унутрашњу површину ћелијске мембране, вода ћелији обезбеђује чврстину и облик. Смањење количине воде у ћелији изазива опадања њеног тургора што даље доводи до смежуравања не само ћелија, него и ткива. Ова појава је нарочито изражена код биљака.

Терморегулаторна улога воде огледа се у њеној способности да стабилизује телесну температуру. Стално струјање воде кроз организам и испаравање преко епидермиса и стома код копнених биљака, односно, преко коже и епитела код копнених животиња, омогућава очување њихове уравнотежене температуре. Током преласка воде из течног у гасовито стање и њеног испаравања са површине организама, троши се телесна топлота што је нарочито значајно за копнене организме изложене јаком сунчевом зрачењу и високим температурама.

Вода је код аутотрофних биљака **давалац водоника** за изградњу простих шећера у процесу фотосинтезе. При томе, кисеоник који се из ње ослобађа, одлази у атмосферу.

Биоелементи

Биоелементи (биогени елементи) као и вода, чине неорганску компоненту ћелије коју организми усвајају из спољашње средине у јонском стању или у облику соли. Након усвајања биоелементи се уграђују у ћелијска једињења или врше каталитичку функцију. У зависности од њихове заступљености и улоге у организму, биоелементи се могу поделити на три групе.

Прву групу чине елементи који су неопходни за изградњу ћелијске масе и нормално функционисање ћелија јер су саставни део ензима, хормона и витамина. У елементе прве групе спадају O, C, H, N, P, Ca, S, K, Cl, Na, Mg, Zn, Fe, Cu, J, Mn, Mo, Co и Se. Неки елементи из ове групе потребни су у већим количинама. То су такозвани **макроелементи** (C, O, H, N, P, Ca, S, K, Cl, Na и Mg). Неки елементи су потребни у мањим количинама. То су такозвани **микроелементи** (Zn, Fe, Cu, J, Mn, Mo, Co и Se.). Елементи најзаступљенији у ћелијама су кисеоник (O) – око 63%, угљеник (C) – око 20%, водоник (H) – око 10%, азот (N) – око 3%, калцијум (Ca) – око 1% и фосфор (P) – око 1%.

Другу групу чине елементи чија биолошка улога није довољно проучена. То су Sr, Br, F, B, Si, Cr, Be, Ni, Li, Cs, Sn, Al, Ba, Rb, Ti, Ag, Ga, Ge, As, Sb, U, Th...

Трећу групу чине елементи чије се присуство сматра случајним. Јављају се углавном код биљака. То су Tl, Nb, Te, In, La, Pr, Nd, Eu, Tb, Er, Hg, Pb, Cd, Re...

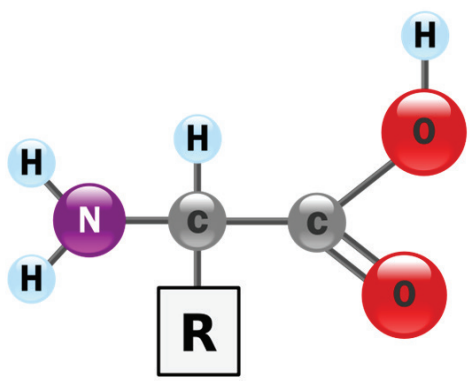
Многи биоелементи поред тога што се налазе у јонском стању или у облику неорганских соли, налазе се и у органским једињењима каква су протеини, угљени хидрати, липиди. На пример, гвожђе налазимо у хемоглобину, магнезијум у хлорофилу, а фосфор у фосфолипидима.

Од **органских једињења**, ћелију првенствено граде протеини, угљени хидрати и масти, а поред њих, у мањим количинама јављају се и друге органске материје – нуклеинске киселине, хормони, ензими, витамини, органске киселине, алкалоиди, танини, смоле, етарска уља, гликозиди итд. Прости органски молекули називају се **мономери**, док се сложени органски молекули називају **полимери**. Макромолекул полимера изграђен је од више молекула мономера.

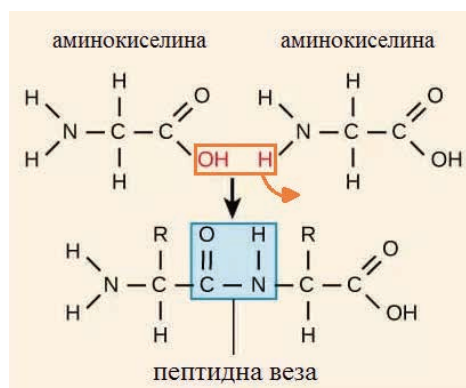
Протеини

Протеини (беланчевине) су органски полимери састављени од аминокиселина које се везују у полипептидне ланце. Молекул протеина може бити састављен од већег броја полипептидних ланаца.

Аминокиселине су органски мономери у чији састав улазе угљеник (C), водоник (H), азот (N) и кисеоник (O). У састав појединих аминокиселина улази и сумпор (S). Представљају органске киселине изграђене од киселинске карбоксилне групе (COOH), базне амино групе (NH_2) и бочног ланца (R) чији је састав специфичан за сваку аминокиселину (Сл. 4). Пошто имају и карбоксилну и амино групу, аминокиселине се понашају и као киселине, и као базе. До везивања аминокиселина у полипептидне ланце долази успостављањем пептидних веза (Сл. 5). То су ковалентне хемијске везе између атома неметала до којих долази стварањем заједничких електронских парова. Пептидне везе између аминокиселина успостављају се тако што се карбоксилна грипа једног молекула аминокиселине везује са амино групом другог молекула аминокиселине уз отпуштање молекула воде. С обзиром да током образовања полипептидног ланца долази до ослобађања молекула воде, обично се каже да су протеини изграђени од аминокиселинских остатака.



Слика 4. Структурна формула аминокиселине



Слика 5. Успостављање пептидне везе

Можемо разликовати две групе аминокиселина. Првој групи припадају аминокиселине које изграђују протеине и истовремено учествују у метаболичким процесима. То су протеиногене аминокиселине. Другој групи припадају аминокиселине које учествују само у метаболичким процесима.

То су непротеиногене аминокиселине. У природи постоји око 300 аминокиселина, међутим, протеине изграђују само 22 аминокиселине. Њихов редослед у полипептидним ланцима даје велики број комбинација од којих зависи структура и функција сваког макромолекула протеина.

У односу на то да ли се аминокиселине могу синтетисати у људском организму или не, оне се деле на есенцијалне и неесенцијалне. **Есенцијалне** аминокиселине не могу се синтетисати у ћелијама човека, него се уносе храном. Има их укупно 11. То су фенилаланин, хистидин, леуцин, изолеуцин, лизин, метионин, селеноцистеин, триптофан, треонин, тирозин и валин. **Неесенцијалне** аминокиселине могу се синтетисати у ћелијама човека од једињења која се уносе храном. И њих такође има 11. То су аланин, аргинин, аспаргин, аспартат, цистеин, глутамат, глутамин, глицин, пролин, пиролизин и серин.У зависности од састава и распореда аминокиселина, као и од структуре макромолекула, протеини имају специфичне улоге у организму. Градивни и структурни протеини представљју основну градивну масу цироплазме и скелет ћелијских органела и структура. Хормонски и ензиматски протеини имају регулаторну улогу јер усмеравају биохемијске реакције и регулишу укупан метаболизам. Одбрамбени протеини имају улогу антитела која ступају у контакт са страним макромолекулима и честицама и неутралишу њихово штетно деловање. Контрактилни протеини омогућују контракцију појединих ћелија (нарочито мишићних влакана), као и пренос сигнала из ћелије у ћелију.

За животне процесе у ћелији значајно је и присуство коњугованих протеина. Они се означавају као **протеиди**. Макромолекул протеида поред аминокиселина садржи и непротеинске компоненте које чине такозвану простатичну групу. У протеиде убрајамо липопротеиде који поред аминокиселина садрже и липиде, гликопротеиде који садрже и полисахариде, фосфопротеиде који садрже и фосфорну киселину (H_3PO_4), хромопротеиде који садрже и феропротопорфирин, флавопротеиде који садрже и рибофлавин, као и нуклеопротеиде који садрже и нуклеинске киселине.

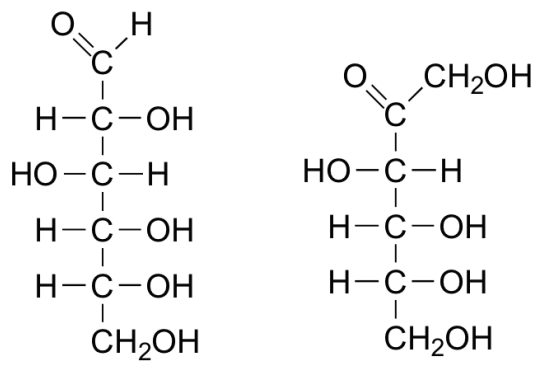
Угљени хидрати

Угљени хидрати су органска једињења која се састоје од атома угљеника (C), водоника (H) и кисеоника (O). По својој хемијској природи, то су полихидрокси алдехиди, кетони, алкохоли, киселине, њихови деривати и њихови полимери. Према степену полимеризације, односно степену сложености молекула, угљени хидрати се деле на моносахариде, олигосахариде и полисахариде. Моносахариди и олигосахариди познати су као шећери.

Моносахариди су прости шећери који се не могу разложити на простије шећере. По хемијском саставу моносахариди су алдехиди или кетони са две или више хидроксилних група. Њихова општа формула је $(CH_2O)n$, при чему је n три или више. Ако је у молекулу моносахарида карбонилна група алдехидна, онда се моносахарид назива алдоза. Ако је карбонилна група кетонска, онда се моносахарид назива кетоза (Сл. 6). Према броју угљеникових атома у молекулу, моносахариди могу бити триозе (глицералдехид и кетотриоза), тетрозе (еритроза, триоза и еритрулоза), пентозе (рибоза и дезоксирибоза), хексозе (глукоза, фруктоза, галактоза, маноза, идоза, алтоза...) итд.

Олигосахариди су изграђени од два до десет молекула моносахарида. На пример, фруктоолигосахарид се састоји од краћих ланаца молекула фруктозе, галактоолигосахарид се састоји од краћих ланаца молекула галактозе. Од свих олигосахарида, у природи су најзаступљенији дисахариди који су састављени од два молекула моносахарида. Најпознатији су малтоза која је изграђена од два молекула глукозе, лактоза која је изграђена од два молекула галактозе и сахароза која је изграђена од једног молекула глукозе и једног молекула фруктозе.

Слика 6. Структурна формула глукозе (алдозе) и фруктозе (кетозе)



глукоза фруктоза

Моносахариди и олигосахариди учествују у ћелијском дисању, у складиштењу хемијске енергије, у изградњи сложених угљених хидрата и регулацији многих метаболичких процеса.

Полисахариди су макромолекули настали везивањем великог броја моносахарида у дугачке ланце (могу да садрже више стотина или хиљада молекула моносахарида). Према биолошкој функцији деле се на резервне и структурне полисахариде.

Резервни полисахариди представљају макромолекуле у којима се складишти хемијска енергија. Најраспрострањенији резервни полисахарид је **скроб** (лат. *amylum*). Настаје сложеном синтезом великог броја молекула глукозе која се синтетише током процеса фотосинтезе. Скроб који се гомила у листовима биљака даље се транспортује до органа за складиштење. Како би могао да се транспортује, он се под дејством фермента амилазе разлаже на просте шећере и у таквом облику путује до органа за складиштење (кртоле, ризоме...) где се поново преобраћа у скроб.

Структурни полисахариди учествују у изградњи делова ћелија. Међу њима су најраспрострањенији целулоза, хемицелулоза, агар, и хитин. **Целулоза** је полимер састављен од више хиљада молекула глукозе. То је најзаступљенији органски полимер на нашој планети јер је основни градивни материјал ћелијских зидова биљака. **Хемицелулоза** такође учествује у грађи ћелијског зида. **Агар** је полимер састављен од великог броја молекула галактозе. Учествује у грађи ћелијских зидова црвених алги. **Пектин** је дугачак полисахарид који гради средишњу ламелу ћелијског зида. **Гуме** су полимери пентоза, хексоза и уронске киселине. Обично затварају ране на биљкама. **Слузи** су по хемијском саставу сличне гумама. У додиру са водом бубре, и имају различите улоге у биљкама. **Хитин** је модификовани полисахарид који садржи азот, а који је по извесним особинама сличан целулози. Гради спољашњи заштитни омотач (егзоскелет) зглавкара, гљива и неких бактерија. Такође, учествује у изградњи радуле мекушаца и заштитних творевина неких главоножаца.

Липиди

Липиди су полимери различитог састава који су нерастворив у води, а растворив у органским растварачима. У зависности од састава и структуре њихових макромолекула, разликујемо просте и сложене липиде.

Прости липиди су масти, уља, кутин и воскови. Масти и уља једним именом се називају триглицериди. То су естри трихидроксилног алкохола глицерола и масних киселина. Естри иначе представљају органска једињења која у својим молекулима садрже остатак молекула киселине и остатак молекула алкохола. **Масти** су естри палмитинске или стеаринске масне киселине и глицерола. **Уља** су естри олеинске масне киселине и глицерола. **Кутин** је полимер олеинске и линолеинске масне киселине. Има улогу површинског заштитног слоја. **Воскови** су естри виших масних киселина и дуголанчаних алкохола. Јављају се уз кутин и са њим граде кутикуларно–воштане слојеве. У природи су најзаступљенији биљни восак са површине листова, стабала, цветова и плодова неких биљака, пчелињи восак, ланолин (восак са вуне) и спермацет (восак из китова уљешара – *Physeter catadon*).

Сложени липиди (липоиди) настају када се прости липиди везују са другим једињењима. Липопротеини настају везивањем липида са протеинима, фосфолипиди настају везивањем липида са дериватима фосфорне киселине, гликолипиди настају везивањем липида са остацима угљених хидрата.

Липиди имају важну улогу у организму. Представљају енергетске резерве јер се њиховим разлагањем ослобађа велика количина телесне енергије. Они су и градивни материјал јер учествују у изградњи биомембрана (фосфолипиди) и у обнови делова ћелија. Липиди регулишу значајне сегменте метаболизма јер остварују везу међу ћелијама, посредују у преношењу нервних импулса, регулишу полупропустљивост биомембрана, обављају транспорт многих једињења, потпомажу синтезу хормона, растварају многе витамине. Липиди штите поједине органе и цео организам од механичких повреда и истовремено имају улогу термоизолационог слоја. Кутин и воскови поред тога што штите организме од паразита, предатора и механичких повреда, имају значај и у спречавању дехидратације.

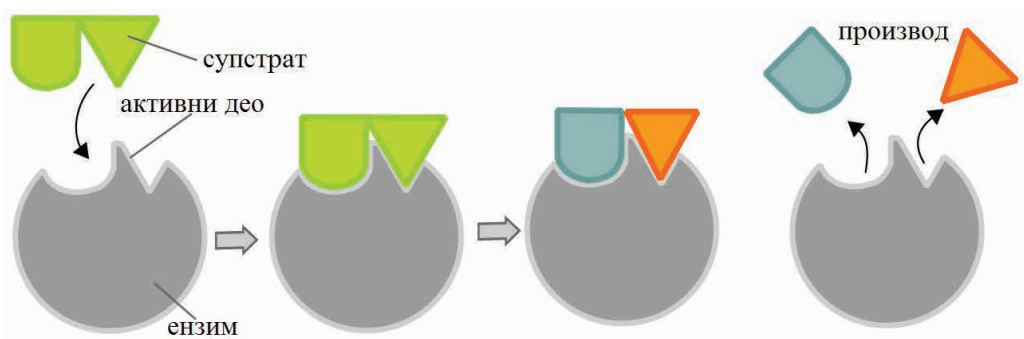
Ензими

Ензими (ферменти) су биокатализатори различите, најчешће протеинске природе. Учествују у многим процесима промета материје и енергије у организму. Утичу на биохемијске и физиолошке процесе као што су дисање, фотосинтеза, синтеза или разлагање протеина, масти и угљених хидрата. Активирајући одређена органска једињења, ензими биохемијске процесе усмеравају и убрзавају тако да имају велики утицај на метаболизам организма.

Сваку специфичну реакцију регулишу ензими који су такође специфични по хемијском саставу, структури, наелектрисању и селективности у односу на супстрат. Ензими се према супстрату (једињењу) на који делују понашају као кључ и брава (Сл. 7). То значи да је за свако једињење одговоран одређени ензим. Током реакција у којима учествују они остају непромењени тако да одмах након једне, могу да се укључе у следећу реакцију.

По саставу, ензими могу да буду једнокомпонентни или двокомпонентни. Једнокомпонентни ензими се углавном састоје само од протеина. Двокомпонентни ензими се састоје од протеина и непротеинске групе – коензима. Коензими могу бити јони метала (Fe^{+2}, Cu^{+2}, Zn^{+2}, Mo^{+2}), витамини или неки други мали органски молекули.

Слика 7. Деловање ензима на супстрат



Ензими добијају називе према једињењима на која делују или према реакцији коју катализују. На пример, ако разлажу протеине онда се називају протеазе, ако разлажу липиде називају се липазе, ако разлажу фосфорне естре називају се фосфатазе, ако раскидају ковалентне везе уз учешће воде називају се хидролазе, ако катализују синтезу органских једињења уз учешће аденозин трофосфата (АТР) називају се синтетазе, ако полимеризују молекул ДНК називају се полимеразе итд.

Хормони

Хормони су органска једињења различите природе која преносе одређене сигнале са једне до друге групе ћелија и ткива. Њихово деловање је специфично, тако да њихов недостатак или вишак доводе до нежељених промена у организму. Хормони које синтетишу неурони представљају неурохормоне, а хормони које синтетишу друге посебне ћелије, представљају такозване класичне хормоне.

Ефекти хормона су различити. То могу бити стимулација или инхибиција раста, активирање или инхибиција имуног система, регулисање метаболизма, стимулација неких активности и стања организма (борбеност, страх, парење), стимулација животних фаза (пубертет, менопауза), контролисање репродуктивног циклуса итд. У доста случајева један хормон може регулисати производњу и ослобађање других хормона. На пример, код сисара је присутна хипофиза, мала ендокрина жлезда на бази мозга која контролише лучење неких хормона коре надбубрежне жлезде (пре свега кортикостероида) који утичу на метаболизам глукозе, протеина и масти, као и на лучење тиреотропина. Тиреотропин даље стимулише рад тироидне жлезде и синтезу њеног хормона тироксина који контролише интензитет хемијских реакција већине телесних ћелија, гонадотропних хормона који регулишу рад мушких и женских гонада, хормон раста који покреће ћелијску деобу, диференцијацију и раст целог тела.

Исту функцију имају и хормони биљака (фитохормони). На пример, хормони ауксини стварају се у вршним деловима стабла и корена. Они утичу на убрзану деобу и раст ћелија, на издуживање органа и на задржавање опадања листова. Цитокинини стимулишу деобу ћелија, стимулишу раст стаблових пупољака, активирају клијање семена. С друге стране, абсцисинска киселина убрзава опадање листова и успорава клијање семена.

Витамини

Витамини су органска једињења различите хемијске природе од значаја за многе метаболичке процесе. На пример, витамин А утиче на синтезу специфичних протеина, на развој епителног ткива, на контролу раста, на стварање видног пигмента родопсина у мрежњачи. Витамин Д подстиче ресорпцију калцијума и фосфора из црева, омогућава њихово депоновање у костима, правилан раст костију и зуба и нормално функционисање мишићног и нервног ткива. Деловање витамина тесно је повезано са ензимима јер недостатак витамина нарушава функцију појединих ензима и промет материја.

Витамини углавном настају органском синтезом или ферментацијом. У већини случајева витамини нису појединачни молекули него агрегати сродних молекула. На пример, витамин Е састоји се од четири молекула токоферола (алфа, бета, гама и делта) и четири молекула токотриенола (алфа, бета, гама и делта).

У биљним и животињским организмима синтетише се 13 витамина. Они се могу поделити на витамине растворљиве у мастима и на витамине растворљиве у води. Растворљиви у мастима су витамини А (аксерофтол), Д (калциферол), Е (токоферол) и К (филохинон). Растворљиви у води су витамини Б1 (тиамин), Б2 (рибофлавин), Б3 (нијацинамид), Б5 (пантотенска киселина), Б6 (пиридоксин), Б7 (биотин), Б9 (фолна киселина), Б12 (цијанокобаламин) и витамин Ц (аскорбинска киселина).

Етарска уља

Етарска уља су органске материје различитог хемијског састава које се синтетишу у ћелијама појединих биљних врста. Углавном су то производи реакција терпеноида, алдехида, кетона, масних киселина, алкохола... Најчешће се јављају у течном, ређе и у чврстом агрегатном стању.

Етарска уља играју велику улогу у опрашивању биљака и разношењу семена јер привлаче инсекте и друге крупније животиње. Представљају и заштиту од појединих микроорганизама и биљоједа.

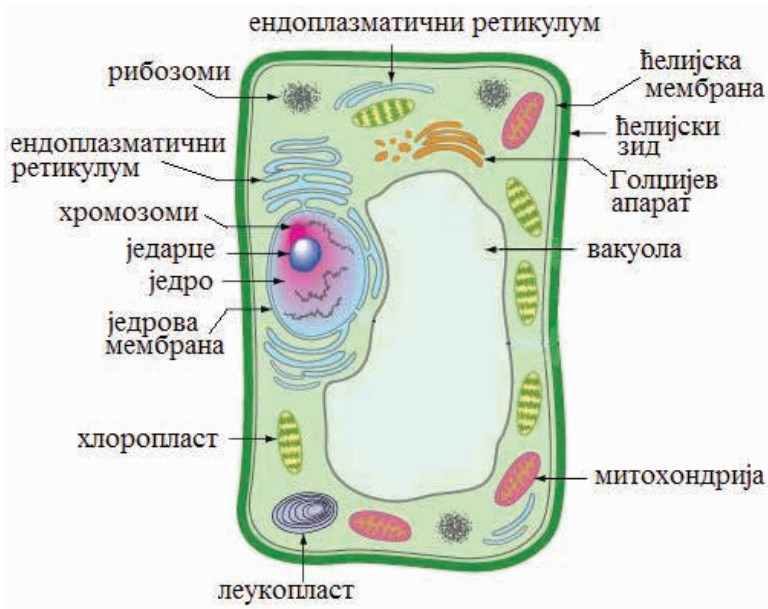
Биљке које садрже етарска (етерична) уља називају се ароматичне биљке. Велики број њих има својства лековитих или зачинских биљака које се користе у фармацеутској, козметичкој или прехрамбеној индустрији (жалфија, босиљак, нана, каранфилић, оригано, мајчина душица, цимет, клека...).

2.3. ГРАЂА ЕУКАРИОТСКЕ ЋЕЛИЈЕ

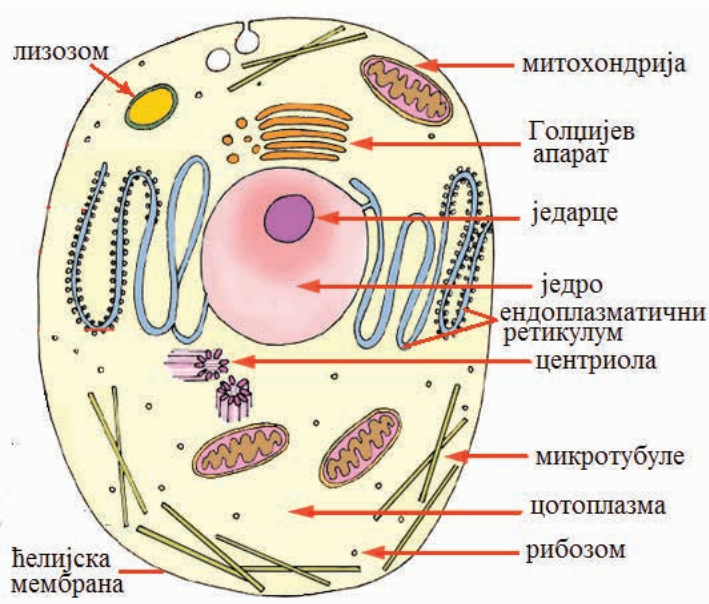
Еукариотске ћелије биљака и животиња су сличне грађе (Сл. 8 и Сл. 9). Основне разлике присутне су у следећим особинама:

- животињске ћелије на површини имају само ћелијску мембрану док биљне ћелије преко ћелијске мембране имају и ћелијски зид;
- биљне ћелије имају углавном крупне вакуоле испуњене ћелијским соком, док их животињске ћелије немају или ако их имају, оне су ситне;
- биљне и животињске ћелије имају исте органеле осим пластида који се јављају само у биљним ћелијама и центрозома који се јављају само у животињским ћелијама.

Слика 8. Делови биљне ћелије



Слика 9. Делови животињске ћелије



2.3.1. ЦИТОПЛАЗМА

Цитоплазма је унутрашња жива маса ћелије у којој су смештени једро и све остале ћелијске органеле. Заједно са органелама изграђује протоплазму (протопласт).

Цитоплазма по саставу представља сложен колоидни систем претежно изграђен од макромолекула протеина и воде. Протеини се групишу у крупне колоидне честице или мицеле. Мицеле су носиоци електричног набоја и због те особине имају велики афинитет према диполарним молекулима воде са којима граде такозване хидрофилне колоиде који су једноставно речено, густи водени раствор протеина. Поред хидрофилних колоида, цитоплазму чине и ензими, хормони, витамини, резервне масти, резервни шећери и друге материје које се укључују у ћелијски метаболизам. Када се ради о ћелијама које служе за депоновање резервних материја, може се десити да преовлађујуће органске материје цитоплазме буду угљени хидрати или липиди који се обично јављају у виду капљица уља.

У структурном погледу цитоплазма представља ситнозрнасту, безбојну, прозрачну, полутечну, еластичну, слузаву супстанцу. Читава цитоплазма се на основу структуре може поделити на периферну гушћу масу, такозвану **ектоплазму** (хијалоплазму), и унутрашњу ређу масу, такозвану **ендоплазму** (грануларну плазму). У зависности од степена хидратисаности, цитоплазма се може појавити у два стања – сол и гел. **Сол стање** цитоплазме је њено житкије стање. **Гел стање** цитоплазме је њено гушће, пихтијасто стање. Ова два стања цитоплазме се смењују што је повезано са физиолошком активношћу ћелије. Обично, код млађих и метаболички активних ћелија у којима има довољно воде, цитиплазма се налази у сол стању.

Еластичност цитоплазме је једна од њених физичких особина која представља способност враћања у претходно стање након неког деформитета. Цитоплазма се може растезати под дејством механичких сила, међутим, чим престане дејство тих сила, она поново поприма првобитне димензије и облик. Еластичност цитоплазме условљавају фибриларни протеини.

Тургесцентност је физичка особина цитоплазме која се манифестује кроз постојање унутрашњег притиска у ћелијама. Унутрашњи ћелијски притисак назива се **тургор**. До повећања тургора и напрегнутог стања цитоплазме долази услед уласка воде кроз полупропустљиву ћелијску мембрану по законима осмозе. Усисавање воде од стране ћелије зависи од концентрације воденог раствора у спољашњој средини и од концентрације саме цитоплазме. Што је концентрација органских и неорганских молекула у цитоплазми већа, то је и снага усисавања воде већа.

Покретљивост цитоплазме се огледа у промени положаја њених саставних компоненти. Кретање цитоплазме може бити ротационо (у једном правцу уз ћелијску мембрану када је у центру ћелије крупна вакуола) или циркулаторно (у више различитих праваца). Захваљујући кретању цитоплазме одређене материје се транспортују из једног дела ћелије у други, као и из једне ћелије у другу преко цитоплазматичних конаца који повезују цитоплазму суседних ћелија.

2.3.2. ЋЕЛИЈСКЕ ОРГАНЕЛЕ

1) Биомембране

Мембрански систем ћелије изграђен је од биомембрана. У ове плазматичне мембране спадају плазмалема, тонопласт, једрова мембрана и мембране ћелијских органела.

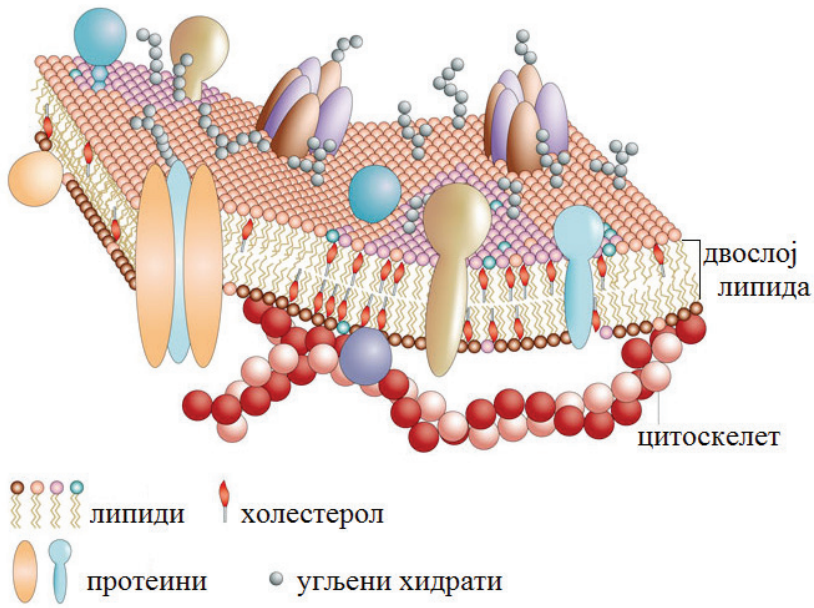
Плазмалема је спољашња ћелијска мембрана која обавија цитоплазму и одваја је од околоћелијске (екстрацелуларне) средине. **Тонопласт** је унутарћелијска мембрана која обавија ћелијску вакуолу и одваја ћелијски сок вакуоле од цитоплазме у којој је вакуола смештена. Углавном се јавља у биљним ћелијама, али се може појавити и у ћелијама других организама. У том случају то су углавном ћелије које имају вакуоле за складиштење појединих материја. **Једрова мембрана** одваја садржај једра од околне цитоплазме. **Мембране ћелијских органела** одвајају садржај органела такође од околне цитоплазме.

Биомембране су селективно пропустљиве опне липопротеинске природе. Поред липида и протеина, у њиховој изградњи учествују и угљени хидрати, и то углавном олигосахариди. Од липида у мембранама су најзаступљенији фосфолипиди, гликолипиди и холестерол.

У биомембранама молекули липида поређани су у два слоја (Сл. 10). Хидрофобни крајеви молекула липида су у овом двослоју окренути један према другом и налазе се у средишту биомембране, док су хидрофилни крајеви окренути према периферији (према унутарћелијској и према ванћелијској средини). У двослој липида мозаично су урођени макромолекули протеина. Поједини протеини су потпуно урођени у липидни двослој из кога извирују и са спољашње, и са унутрашње стране биомембране. Ови протеини образују канале кроз које у оба смера пролазе мали молекули. Поред њих присутни су и протеини који су смештени само на спољашњој или само на унутрашњој страни биомембране. Они могу бити структурни протеини, ензими, носачи и рецептори. **Структурни протеини** образују структурне везе између суседних ћелија. **Ензими** катализују реакције које се одвијају на биомембрани и у њој. **Носачи** преносе одређене молекуле кроз биомембрану. **Рецептори** учествују у процесу преношења надражаја из спољашње средине у ћелију. За преношење надражаја нарочито је значајна промена електричног потенцијала биомембране. Електрични потенцијал биомембране представља разлику у наелектрисању између њене унитрашње и спољашње стране. Када ћелија мирује унутрашња страна биомембране је електронегативна, а спољашња страна је електропозитивна

услед разлика у концентрацији анјона (-) и катјона (+) у интрацелуларној и екстрацелуларној течности. Овакво стање наелектрисања познато као мирујући електрични потенцијал, одржава се све док је проток јона кроз биомембрану уравнотежен. Када дође до механичког, физичког или хемијског надражаја мембране, мења се пропустљивост протеинских носача за одређене јоне што доводи до промена мембранског потенцијала и појаве биострује која се у облику надражајних таласа даље преноси са једне ћелије на другу.

Слика10. Структура биомембране

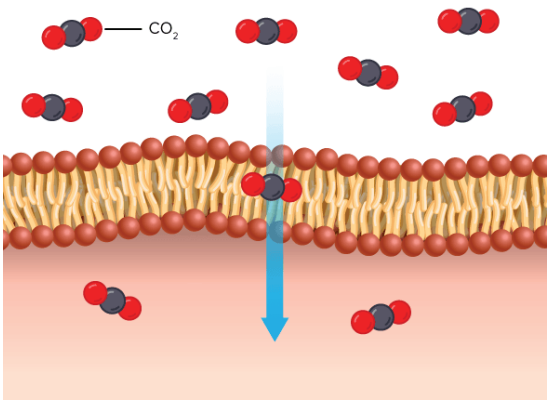


Способност контролисаног кретања органских и неорганских материја кроз биомембрану заснива се на њеној селективној пропустљивости (семипермеабилности). Транспорт молекула и јона кроз биомембрану може да буде пасиван и активан.

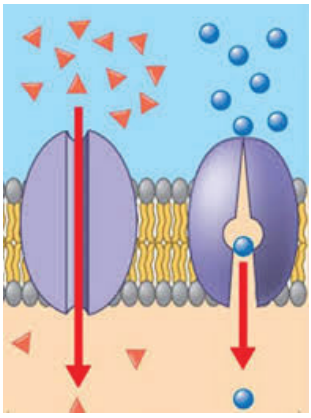
Пасиван транспорт молекула и јона кроз биомембрану заснива се на дифузији, олакшаној дифузији и осмози.

Дифузија представља спонтани транспорт молекула и јона кроз биомембрану из средине са њиховом већом концетрацијом у средину са њиховом мањом концетрацијом (Сл. 11). Брзина дифузије зависи од величине, облика и наелектрисања честица и њихове растворљивости у липидима. Кроз липидни слој мембране брзо дифундују мали ненаелектрисани молекули растворљиви у липидима (O_2, CO_2, N_2...). Већи молекули дифундују спорије, док је двослој липида непропустљив за наелектрисане честице (јоне) без обзира колико су мали.

Слика 11. Дифузија



Слика 12. Олакшана дифузија



Олакшана дифузија је процес преношења молекула и јона кроз протеинске канале у биомембрани или помоћу транспортних протеина (Сл. 12). Током овог процеса не долази до потрошње енергије. Олакшаном дифузијом се кроз биомембрану преносе молекули и јони који не могу да прођу кроз липидни слој јер су нерастворљиви у липидима (глукоза, аминокиселине, јонски комплекси...). Када се олакшана дифузија одвија помоћу транспортних протеина, ови протеински носачи пролазе кроз липидни слој и садрже место за које се везује молекул који се преноси. Овакав начин транспорта регулишу хормони. На пример, олакшану дифузију глукозе регулише инсулин.

Осмоза је процес дифузије воде кроз биомембрану. У овом случају биомембрана пропушта молекуле воде (растварача), али не пропушта молекуле супстанци растворених у води.

Слика13. Стање еритоцита у растворима са различитим осмотским вредностима



Осмоза се јавља кад су концентрације раствора са две стране мембране различите. У том случају молекули воде која је основни растварач у ћелијама, крећу се кроз биомембрану и то из средине са мањом концентрацијом растворених материја у средину са већом концентрацијом растворених материја. Пошто полупропустљива мембрана пропушта само молекуле воде, али не и честице растворене у води, проток воде траје све док се не изједначи концентрација воденог раствора са обе стране биомембране. У овом процесу осмотски притисак је увек већи са оне стране ћелијске мембране иза које се налази концентрованији раствор. Ако се ћелија нађе у раствору чија је концентрација већа од концентрације цитоплазме (хипертоничном раствору), вода ће тежити да прође кроз биомембрану и изађе из ћелије ради изједначавања осмотског притиска са обе стране мембране. У том случају долази до скупљања ћелије. Ако се ћелија нађе у раствору чија је концентрација мања од концентрације цитоплазме (хипотоничаном раствору), вода ће тежити да уђе у ћелију. У том случају долази до бубрења ћелије. Уколико је концентрација растворених материја једнака у ћелији и ван ње, односно, ако се ћелија налази у изотоничном раствору, количина воде која дифундује у ћелију и из ћелије, биће приближно једнака. Услов да ћелија нормално функционише је да се у њој одржава стабилан осмотски притисак. Овај процес назива се осморегулација.

Активан транспорт молекула и јона кроз биомембрану одвија се преко протеина носача или у процесу ендоцитозе и егзоцитозе.

Активан транспорт преко протеина носача омогућава пренос молекула и јона (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, HCO_3^-, $H(PO_4)^{2-}$, SO_4^{2-}) кроз биомембрану онда када су они у унутарћелијској или околоћелијској средини присутни у врло малој концентрацији. Тада их је потребно пренети са места мање на место веће концентрације, односно, у супротном правцу од градијента концентрације. Транспортни протеини, односно, протеини носачи који учествују у овом процесу, имају једно или више специфичних рецепторних места за које се везују молекули и јони који се преносе. За разлику од олакшане дифузије, за активан транспорт неопходна је енергија која се добија хидролизом аденозин трифосфата (АТР – $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$). Активан транспорт одвија се кроз неколико фаза:

- везивање молекула или јона за протеин носач на унутрашњој или спољашњој површини биомембране;
- везивање АТР-а за транспортни протеин;
- ослобађање енергије из АТР-а за транспорт при чему се потребна енергија ослобађа хидролизом АТР-а на аденозин дифосфат (ADP) и неорганski фосфат;
- везивање молекула који се преноси за протеин носач и промена конфигурације протеина носача;
- транспорт молекула или јона кроз биомембрану.

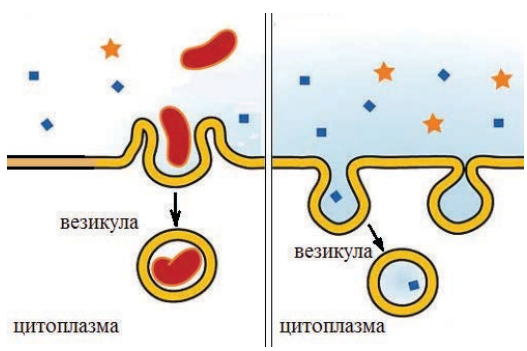
Транспорт појединих молекула или честица кроз биомембране може да се одвија и у процесу ендоцитозе и егзоцитозе. Ћелије у процесу ендоцитозе усвајају различите материје из околне средине, а у процесу егзоцитозе у околну средину избацују сувишне производе метаболичке активности.

Ендоцитоза је процес уношења молекула, колоида и честица из околоћелијско средине. На основу величине и природе честица које се уносе, у оквиру ендоцитозе разликујемо фагоцитозу и пиноцитозу (Сл. 14). За оба процеса потребна је енергија из АТП-а.

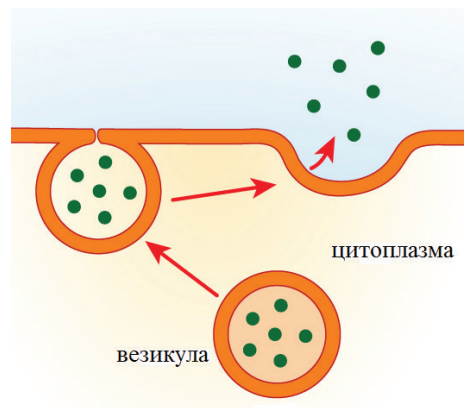
- **Фагоцитоза** (буквално значење – ћелија једе) је процес карактеристичан само за одређене врсте ћелија у које се уносе макромолекули веће масе или честице. Услов за транспорт је да честица додирне спољашњу страну плазмалеме. Тада се плазмалема савија око честице и чим је целу окружи гради фагоцитну везикулу у облику балончића. Везикула се одваја од осталог дела ћелијске мембране и заједно са честицом улази у цитоплазму. Везикула се потом спаја са лизозомом чији ензими разлажу унети супстрат.

- **Пиноцитоза** (буквално значење – ћелија пије) је активан процес током кога долази до инвагинације (удубљивања) плазмалеме и увлачења из екстрацелуларне средине одређене количине воденог раствора појединих једињења или честица. Супротни крајеви удубљене плазмалеме се спајају и стварају пиноцитну везикулу у којој се налази водени раствор доспео из ванћелијске средине. Ова везикула се затим спаја са лизозомом у коме ензими разлажу унети супстрат.

Слика 14. Ендоцитоза (фагоцитоза и пиноцитоза)



Слика 15. Егзоцитоза



Фагоцитоза и пиноцитоза су својствене ћелијама свих група организама. На пример, амеба се захваљујући фагоцитози храни ситним протозоама и бактеријама, а код човека је фагоцитоза најчешћа код ћелија одбрамбеног система које неутралишу стране честице, микроорганизме, оштећене или мртве ћелије. То су такозване ћелије чистачи. На пример, код сисара неутрофилни леукоцити фагоцитозом неутралишу микроорганизме који су доспели у организам. На исти начин делују и макрофаге, крупне

ћелије које имају способност да фагоцитирају и разлажу микроорганизме, стране честице и дотрајале ћелије. Оне се налазе у плућима (алвеолусне ћелије), јетри (Купферове ћелије), слезини, мозгу, костима, везивном ткиву (хистоцити), лимфним чворовима итд.

Егзоцитоза супротно ендоцитози представља процес избацивања одређених материја из ћелије. Око молекула, колоида или честица који треба да се избаце, прво се образује мембрана која ствара везикулу. Везикула са садржајем се даље креће ка површини ћелије. Кад додирне унутрашњу страну плазмалеме, везикула се спаја са плазмалемом и на том се месту размичу липиди ове биомембране. На тај се начин на плазмалеми ствара отвор преко кога у спољашњу средину излазе одређене материје (Сл. 15).

Захваљујући егзоцитози из ћелија се избацују сувишни продукти метаболизма или материје створене у одређеним ћелијама које даље треба да делују на суседне ћелије, односно ткива. На пример, егзоцитозом се ослобађа хормон инсулин из ћелија панкреаса или молекули неуротрансмитера из нервних ћелија.

2) Цитоскелет

Цитоскелет је ћелијска влакнаста протеинска структура смештена у цитоплазми између ћелијских органела. Влакна цитоскелета нису чврста и фиксна. Подложна су променама и реорганизацији у складу са физиолошким и функционалним стањем ћелије.

Цитоскелет се састоји од три основна структурна елемента: микротубула, микрофиламената и прелазних (интермедијарних) филамената.

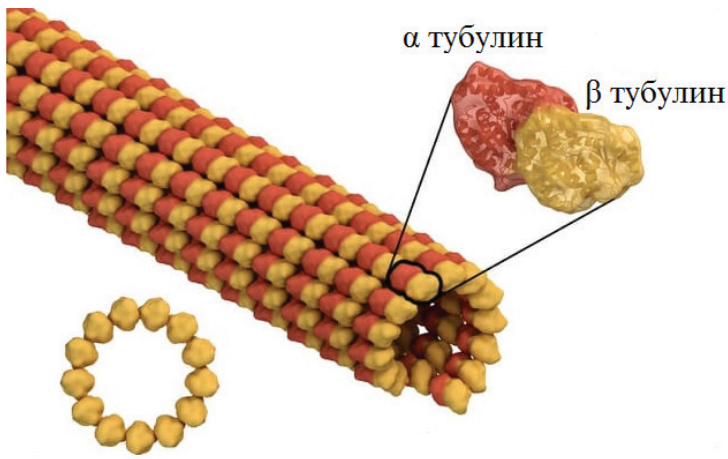
Микротубуле (лат. *tubulus* – цевчица) су шупље цевасте поларизоване ћелијске структуре изграђене од протеина тубулина (α тубулина и β тубулина). Цевчица микротубуле обично се састоји од 13 повезаних нити тубулина (Сл. 16).

Микротубуле у ћелијама имају механичку улогу јер заједно са микрофиламентима граде њихов унутрашњи скелет који им обезбеђује стабилну форму. Ове органеле својим контракцијама изазивају струјање цитоплазме и кретање органела. Важна улога микротубула је и њихово учешће у процесу унутарћелијског транспорта током кога је кретање материја у ћелији одређено положајем и правцем микротубула. Транспорт материја се обавља моторним протеинима који се крећу по површини микротубула. Микротубуле код појединих ћелија (нарочито једноћелијских организама), чине унутрашњу структуру ћелијских израштаја – трепљица (цилија) и

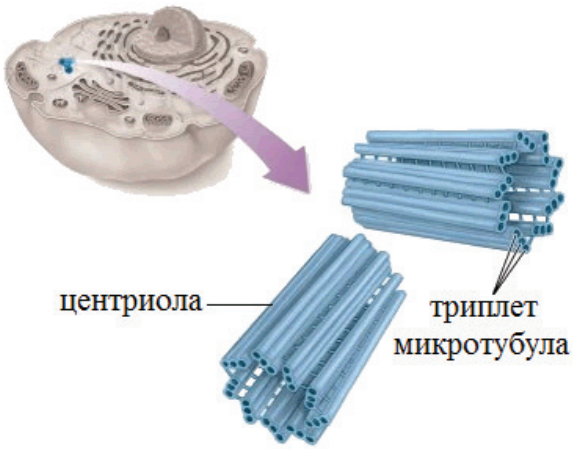
бичева (флагелума). Такође, микротубуле су укључене у процес митозе и мејозе јер изграђују **центриоле**, шупље цевасте структуре које се састоје од по девет триплета микротубула (Сл. 17). Центриоле учествују у изградњи влакна деобног вретена и у раздвајању хромозома током деобе ћелије. У животињским ћелијама налази се пар центриола постављен под правим углом. Овај пар који је смештен у близини једра, представља ситну органелу која се назива **центрозом**. Центрозом има истоветну улогу као центриоле.

Микрофиламенти (лат. *filamentum* – конац, нит) су кончасте структуре састављене од двоструког спиралног ланца протеина актина. У мишићним ћелијама поред актинских нити присутне су и миозинске нити састављене од протеина миозина. Миозинске нити клизе преко актинских нити што изазива контракцију мишићних ћелија. Осим што изазивају контракције, микрофиламенти могу да граде густу мрежу испод плазмалеме (спољашње ћелијске мембране) дајући јој потпору. Такође, ове нити омогућују чвршће повезивање суседних ћелија, учествују у процесу фагоцитозе и утичу на полимеризацију и деполимеризацију протеинских молекула.

Слика 16. Микротубула



Слика 17. Центриоле

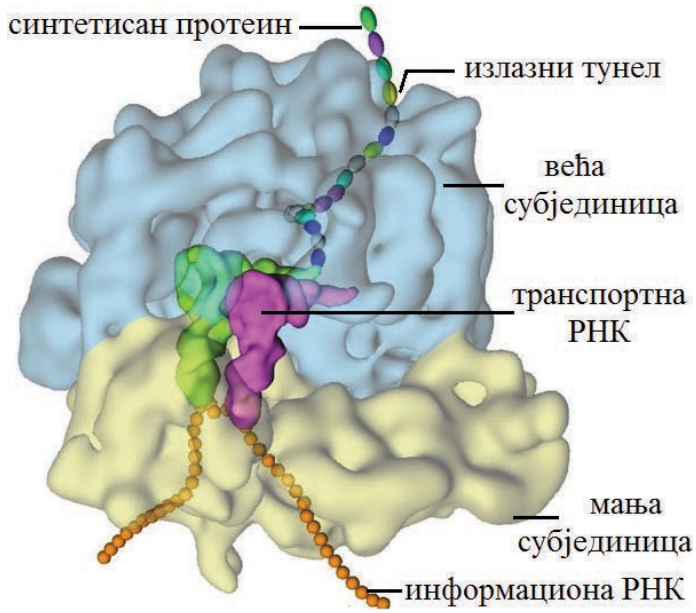


Прелазни (интермедијарни) филаменти су постојана протеинска влакна која граде разгранату мрежу, такозвану микротрабекуларну решетку. Она је присутна искључиво у животињским ћелијама где обавија једро и остале ћелијске органеле обезбеђујући им механичку потпору. Даље се грана по читавој цитоплазми и пружа се према периферији све до плазмалеме. На тај начин и читавој ћелији пружа механичку потпору, заштиту од механичких оштећења и бољу повезаност са суседним ћелијама.

3) Рибозоми

Рибозоми су ситне органеле лоптасте форме, без биомембране. Јављају се како у еукариотским, тако и у прокариотским ћелијама. Смештени су у цитоплазми као слободне органеле или на спољашњој страни биомембрана гранулираног ендоплазматичног ретикулума и једра. Изграђени су од две протеинске субјединице, мање и веће. Између ове две субјединице налази се тунел кроз који пролазе рибонуклеинске киселине и синтетисани полипептиди (Сл. 18). Уколико се већи број рибозома повезује истим ланцем (макромолекулом) информационе РНК, тада се образује структура названа полирибозом (полизом).

Слика 18. Рибозом



Основна функција рибозома је синтеза протеина, односно, повезивање аминиокиселина у полипептидне ланце на основу инструкција које долазе са ДНК смештене у једру. Синтеза протеина почиње када иРНК из једра уђе у рибозом и активира тРНК која потом на основу шифара које јој је са ДНК пренела иРНК, везује по одређеном редоследу молекуле аминокиселина у одговарајуће полипептидне ланце. Током ове синтезе у самом рибозому тРНК носи активиране аминокиселине, а на периферији рибозома тРНК носи растући полипептидни ланац.

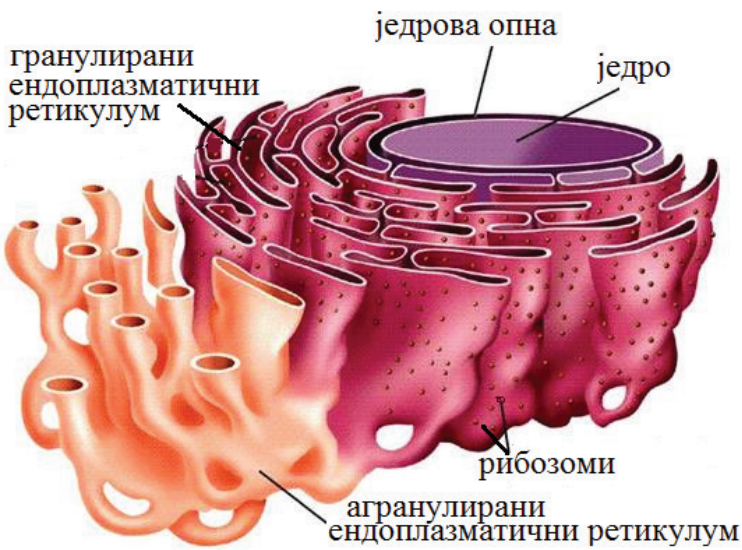
4) Ендоплазматични ретикулум

Ендоплазматични ретикулум представља мрежасту структуру карактеристичну за све еукариотске ћелије. Састоји се од међусобно повезаних цистерни (издужених и спљоштених кеса), везикула (проширених кеса) и тубула (разгранатих кеса) које мрежасто прожимају цитоплазму. Све ове структуре обавијене су биомембраном тако да је њихова унутрашњост одвојена од цитоплазме. Истовремено, биоембрана ретику-лума у вези је са једровом мембраном.

Постоје два типа ендоплазматичног ретикулума – гранулирани (зрнаст) и агранулирани (гладак). **Гранулирани** ендоплазматични ретикулум на спољашњој страни мембране носи рибозоме. **Агранулирани** ендоплазматични ретикулум не носи рибозоме (Сл. 19).

Основна улога гранулираног ендоплазматичног ретикулума је учешће у синтези протеина самим тим што носи рибозоме који представљају централна места те синтезе. У следећој фази синтетисани протеини се убацују у унутрашњост ендоплазматичног ретикулума. Ту долази до савијања протеинских ланаца како би се образовала структура потребна за њихово правилно функционисање. У унутрашњости ендоплазматичног ретикулума врши се и контрола квалитета протеина. Протеини који су неправилно формирани одбацују се и депонују у лумену ендоплазматичног ретикулума како би се касније разложили на аминокиселине. Грануларни ендоплазматични ретикулум има и друге функције. Он омогућује транспорт материја унутар ћелије и између ћелија, служи као центар образовања ћелијских мембрана, отпочиње стварање појединих органела (сферозома и цитозома) и разградњу угљених хидрата.

Слика 19. Ендоплазматични ретикулум



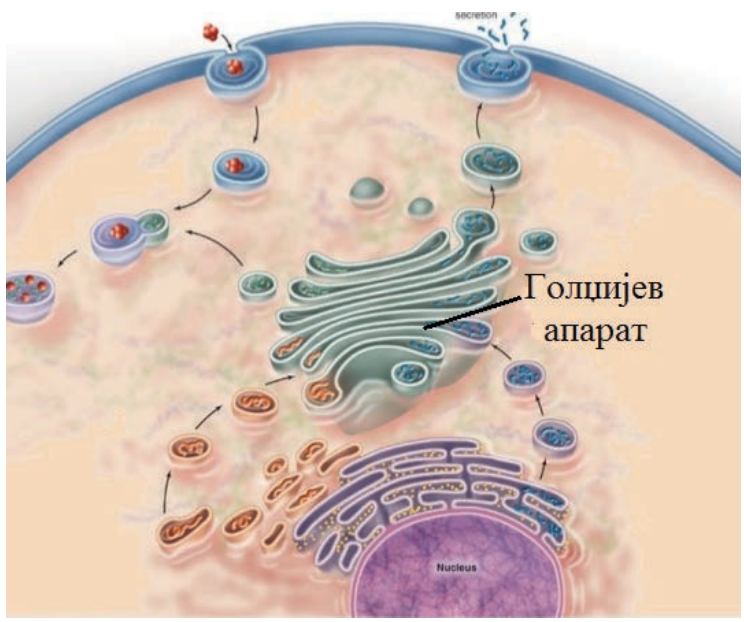
Агрануларни ендоплазматични ретикулум има улогу у синтези липида, фосфолипида, стероида и угљених хидрата, као и у регулисању концентрације јона калцијума и хлора.

5) Голџијев апарат

Голџијев апарат је органела састављена од две основне структурне целине – кесица (сакула) и мехурића (везикула) распоређених на крајевима цистерни (Сл. 20). Сакуле су од цитоплазме одвојене биомембраном, а њихов унутрашњи лумен означава се као цистерна. Сакуле су у облику дискова који су на крајевима проширени. Међу собом су паралелно постављене и лучно савијене. Са њихових крајева се одвајају везикуле. Везикуле су транспортне или секреторне (Сл. 21). Основна функционална јединица Голџијевог апарата је диктиозом који се састоји од система сакула и везикула. Иначе, ове органеле добиле су име по италијанском лекару Камилу Голџију (Camillo Golgi) који их је открио 1898. године.

Голџијев апарат управља кретањем материја у ћелији. Материје синтетисане у ендоплазматичном ретикулуму допремају се транспортним везикулама до Голџијевог апарата где се врши њихова додатна обрада, сортирање и обележавање. Крајњи продукти се потом секреторним везикулама допремају до одредишта у ћелији.

Слика 20. Голџијев апарат



Слика 21. Структура Голџијевог апарата



Из ендоплазматичног ретикулума у Голџијев апарат доспевају секреторни протеини који се након обраде егзоцитозом избацују у међућелијски простор. Такође, у ову органелу доспевају и непотребне материје које се транспортним везикулама допремају до вакуола, градивни протеини и липиди који се везикулама преносе до ћелијских мембрана и ћелијских зидова код биљака, као и ензиматски протеини који образују лизозоме.

б) Лизозоми

Лизозоми су ситне органеле у виду мехурића обавијене биомембраном (Сл. 22). Настају од Голџијевог апарата одвајањем везикула са њихове периферије. Ове органеле су центри разлагања појединих молекула, честица и микроорганизама у ћелији. У њиховој унутрашњости налази се око 60 ензима задужених за разлагање различитог супстрата. На пример, протеазе разлажу протеине, нуклеазе разлажу нуклеинске киселине, липазе разлажу липиде, фосфолипазе разлажу фосфолипиде, фосфатазе уклањају фосфатну групу из појединих једињења итд. Дакле, улога лизозома је одбранбена и метаболичка. Када у процесу фагоцитозе или пиноцитозе неки страни макромолекул, честица или микроорганизам уђе у ћелију, захваљујући лизозомима он се разлаже и неутралише. На исти начин у лизозому се разлажу и непотребни цитоплазматични молекули, као и дотрајали, оштећени или непотребни делови ћелије.

У зависности од степена активности, разликују се примарни и секундарни лизозоми. У примарним лизозомима нема супстрата на који ензими треба да делују тако да су они неактивни. Када поједини молекули, честице или микроорганизми треба да буду сварени, око њих се образује биомембрану која гради мехурић – фагозом. Фагозом се даље спаја са примарним лизозомом и настаје секундарни лизозом у коме ензими делују на супстрат и разграђују га.

У појединим случајевима лизозоми врше аутолизу сопствене ћелије. Тада се мембрана лизозома разара или постаје пропустљива за ензиме који доспевају у цитоплазму и разлажу сопствену ћелију. Аутолиза може да буде повезана са појединим патолошким стањима или може да буде нормална фаза у некој етапи ћелијског метаболизма. На пример, аутолиза млечних жлезда сисара дешава се након одбијања младунчета од дојења.

7) Цитозоми

Цитозоми представљају мале лоптасте творевине са ситнозрнастим садржајем и ензимима, ограничене биомембраном. Као и лизозоми, и цитозоми су пореклом од Голџијевог апарата. Увек су причвршћени за канале ендоплазматичног ретикулума. У ћелијама се могу разликовати две врсте цитозома: пероксизоми и глиоксизоми.

Пероксизоми се налазе у животињским ћелијама. Садрже ензиме за оксидацију масних киселина и аминокиселина. Име су добили по ензиму пероксидази чија је основна улога оксидација масних киселина. У овој реакцији као примарни продукт појављује се отровни водоник-пероксид који се даље разлаже на воду и кисеоник уз ослобађање топлоте.

Глиоксизоми се налазе у биљним ћелијама, нарочито у ћелијама семена које су богате уљима. Улога им је разградња масних киселина током које се ослобађа енергија потребна за раст клице.

8) Сферозоми

Сферозоми су ситне лоптасте органеле обавијене биомембраном. Настају на завршецима ендоплазматичног ретикулума од кога се одвајају и почињу да егзистирају као самосталне органеле у цитоплазми. Поседују фермент киселу фосфатазу тако да представљају место синтезе и складиштења масти и уља.

9) Митохондрије

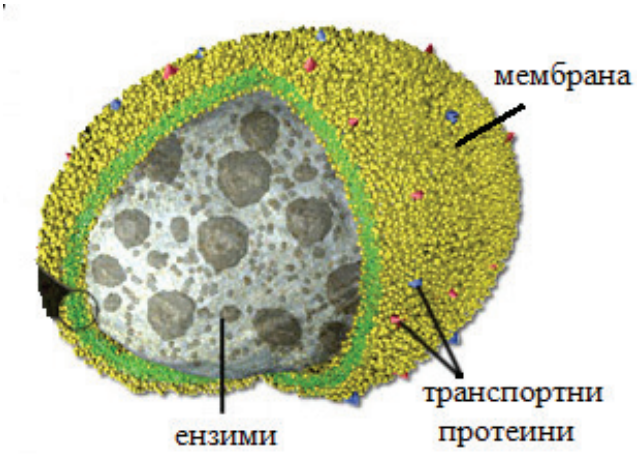
Митохондрије су елипсоидне или кончасте органеле са двојном биомембраном. Спољашња мембрана одваја митохондрију од цитоплазме и контролише проток материја, док унутрашња мембрана обавија унутрашњи митохондријални матрикс (хондриоплазму). Унутрашња мембрана има израштаје који плиће или дубље продиру у матрикс. Ти израштаји називају се кристе (Сл. 23). Кристе чине непотпуне преграде које не прекидају континуитет матрикса. Између спољашње и унутрашње мембране налази се интермембрански (перимитохондријални) простор испуњен течношћу.

Митохондријални матрикс је изграђен од протеина, липида, витамина, ензима и соли магнезијума и калцијума. У њему се налазе митохондријална ДНК (мДНК) и митохондријални рибозоми. Митохондријална ДНК има способност да се репликује независно од репликације ДНК у једру тако да се митохондрије самостално размножавају независно од деобе ћелије.

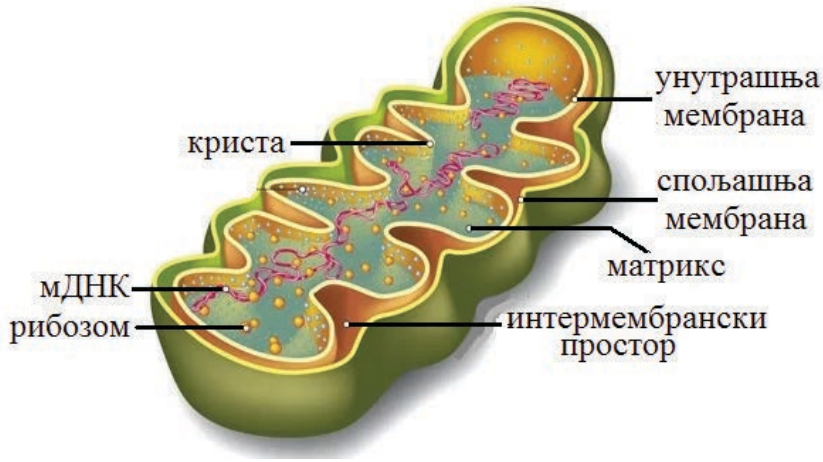
У митохондријама се налазе и ензими Кребсовог циклуса (циклуса лимунске киселине). **Кребсов циклус** је метаболички процес током кога се у аеробним условима добија енергија из глукозе. Енергија која се ослобађа оксидацијом глукозе складишти се у аденозин трифосфату (ATP) који се у случају енергетске глади ћелије разлаже на аденозин дифосфат (ADP) при чему се ослобађа енергија потребна ћелији.

Број митохондрија у ћелији варира од 50 до 5.000 у зависности од типа ћелије и њене активности.

Слика 22. Лизозом



Слика 23. Митохондрија



10) Пластиди

Пластиди су органеле присутне само у ћелијама биљака. Ограничени су двојном биомембраном, а њихова унутрашњост испуњена је течношћу која се назива строма. У строми се налазе РНК, ДНК, протеини, угљени хидрати, липиди, ензими, пигменти, минерали. Захваљујући присутним нуклеинским киселинама, деоба пластида је независна од деобе ћелије.

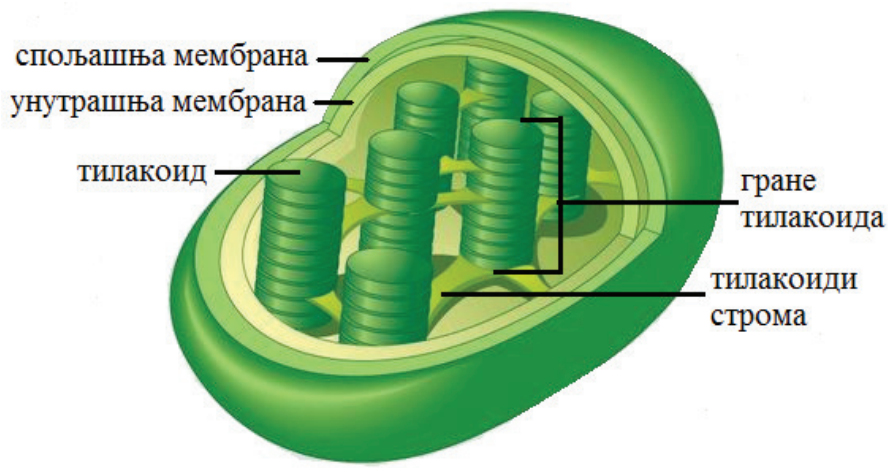
Пластиди настају од пропластида, ситних недиференцираних лоптастих телашаца. Диференцијацијом пропластида настају три врсте пластида: хлоропласти, леукопласти и хромопласти. Њихов број у ћелији варира од једног до више стотина.

Хлоропласти (гр. *chloros* – зелен, *plastos* – обликован) су зелени, фотосинтетички активни пластиди. Код алги су издужени, тракасти, звездасти, мрежасти или спирални. Код виших биљака су лоптасти или сочивасти, па се због тога називају хлорофилна зрна. Налазе се у ћелијама надземних органа копнених биљака, нарочито у листовима и једногодишњим изданцима.

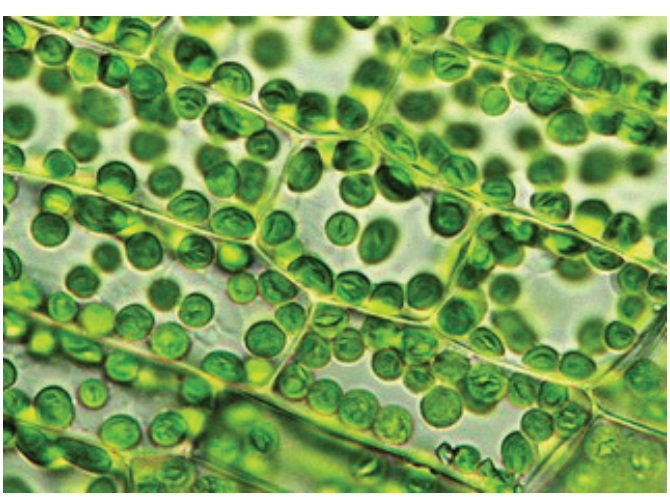
Строма (тело) хлоропласта ограничена је двојном биомембраном. У строми се налазе спљоштени мехурови – тилакоиди. Тилакоиди су постављени један на други тако да граде стубиће – гране тилакоида. Гране тилакоида повезане су међу собом тилакоидима строма. (Сл. 24).

Основни пигмент који хлоропластима даје зелену боју је **хлорофил**. Постоје четири врсте хлорофила које се обележавају словима (а, б, ц, д). Хлорофил а присутан је код свих биљака док се остале врсте хлорофила јављају код појединих група биљака. Осим њега, у хлоропластима се налазе и обојени пигменти каротеноиди (каротени и ксантофили). Они су нарочито заступљени у јесен кад количина хлорофила почиње да се смањује, а количина каротеноида повећава.

Слика 24. Грађа хлоропласта

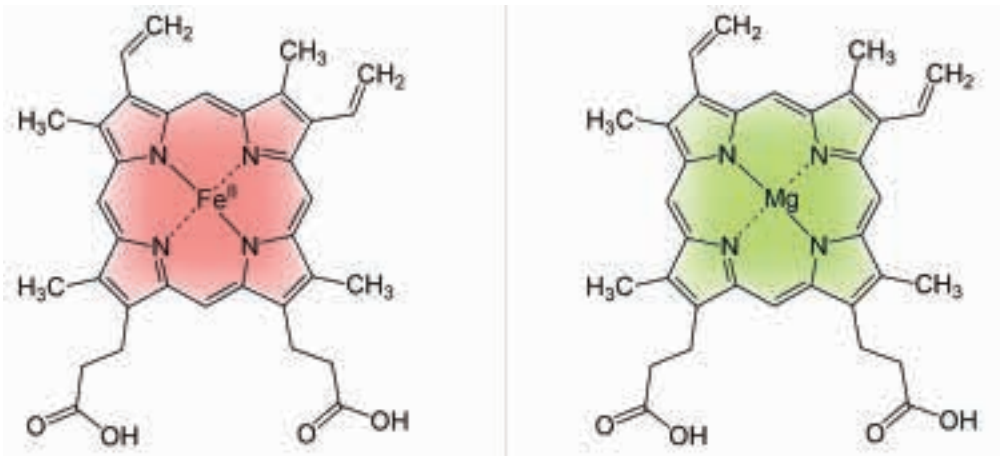


Слика 25. Хлоропласти у ћелијама



Зелени пигмент хлорофил састоји се од порфиринског прстена састављеног од четири мања пиролова прстена која су међу собом повезана метил-групама. У средини порфиринског прстена налази се магнезијум (Mg). Хлорофил је по својој молекуларној структури сличан крвном пигменту хемоглобину с том разликом што се у центру молекула хемоглобина налази гвожђе (Fe) (Сл. 26).

Слика 26. Структура молекула хемоглобина и хлорофила



У хлоропластима се одвија фотосинтеза. **Фотосинтеза** је процес претварања светлосне енергије Сунца у енергију хемијских веза унутар молекула моносахарида. Градивни материјал за синтезу моносахарида добија се разлагањем воде и угљен-диоксида. Током фотосинтезе одвија се оксидација H_2O и редукција CO_2, тако да фотосинтезу прате ланчане оксидо-редукционе реакције. Први део ових реакција захтева присуство светлости, док за други део реакција светлост није потребна. Због тога процес фотосинтезе може да се раздвоји на две фазе. Прва, за коју је светлост неопходна, назива се светла фаза, а друга, која се може одвијати без светлости, назива се тамна фаза фотосинтезе.

За време светле фазе фотосинтезе под утицајем енергије Сунца долази до активирања пигмента хлорофила. Наиме, када фотон удари у молекул хлорофила, електрон на његовој спољашњој орбитали услед вишка енергије коју добије постаје побуђен и нестабилан. Због тога напушта орбиту. Ослобођен електрон прихватају преносиоци електрона који су поређани тако да граде електрон-транспортни ланац. Дуж овог ланца

електрон постепено ослобађа вишак енергије и враћа се на нижи, почетни енергетски ниво. Енергију ослобођену из електрона даље прима аденозин дифосфат (ADP) који прелази у аденозин трифосфат (ATP). Овај процес се назива фотосинтетичка фосфорилација, а синтетисан ATP представља главни извор енергије. Под дејством фотона долази до разлагања (фотолизе) воде на кисеоник који одлази у атмосферу и водоникове јоне. Електрон који се вратио на почетни енергетски ниво поново се придружује матичном молекулу хлорофила или заједно са јонима водоника пореклом из воде редукује коензим никотинамид аденин динуклеотид фосфат (NADP → $NADPH_2$).

Крајњи производи светле фазе фотосинтезе су ATP (који садржи енергију) и $NADPH_2$ (који доноси водоник пореклом из воде). Они се користе како би се у тамној фази фотосинтезе неорганski угљеник и кисеоник из CO_2 заједно са водоником из воде уградили у молекуле моносахарида (триозе, а затим хексозе), потом дисахарида (сахарозе) и скроба који се даље могу трансформисати и у друге продукте. За асимилацију атмосферског CO_2 и превођење његовог угљеника у угљеник органских молекула, задужен је ензим рибулозо-бисфосфат-карбоксилаза-оксигеназа. Овај процес познат је као Калвинов циклус.

Фотосинтеза се одвија према следећој општој формули:

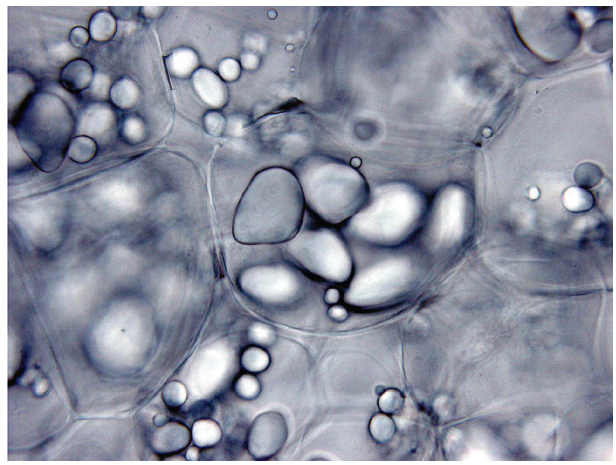
$$6CO_2 + 6H_2O + \text{светлост} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Организми који обављају процес фотосинтезе називају се фотоаутотрофи пошто су способни да сами себи производе храну. Производећи храну за себе, они производе храну и за све остале организме.

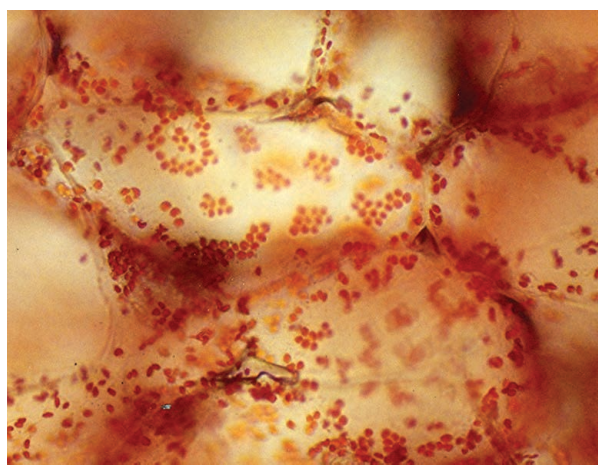
Леукопласти (гр. *leucos* – бео, *plastos* – обликован) су безбојни пластиди. Улога им је складиштење хранљивих материја тако да су масовно присутни у ћелијама које чувају резервна органска једињења. Те ћелије претежно се налазе у семењу, кртолама, ризомима, спорама и клицама, али су присутне и у другим биљним органима. У зависности од тога које материје складиште, леукопласти се деле на:

- амилопласте (гр. *amilum* – скроб) у којима се складишти скроб (Сл. 27);
- елајопласте (гр. *elaiolado* – маслиново уље) у којима се складиште масти и уља;
- протеинопласте (гр. *protos* – први) у којима се складиште протеини.

Слика 27. Амилопласти у ћелијама кромпира



Слика 28. Хромопласти у ћелијама паприке



Хромопласти (гр. *chromos* – боја, *plastos* – обликован) су обојени, фотосинтетички неактивни пластиди који обично настају од пропластида, леукопласта или хлоропласта. Могу бити различитог облика – лоптастог, вретенастог, штапићастог, мрежастог... Основна улога хромопласта је да синтетишу и депонују пигменте. Најчешћи пигменти хромопласта су каротеноиди (каротени и ксантофили) који су жуте, наранџасте и црвене боје.

Хромопласти су у маси присутни у ћелијама цветова и плодова, али код појединих биљака и у другим надземним и подземним органима (листовима, стаблима, кореновима, кртолама, луковицама). Сматра се да хромопласти имају пре свега, еколошки значај за биљке. Њихово присуство у круничним листићима цветова утиче на привлачење инсеката и других животињица што поспешује опрашивање. Такође, њихово присуство у плодовима утиче на привлачење животиња које се овим плодовима хране и доприносе расејавању семена.

11) Једро

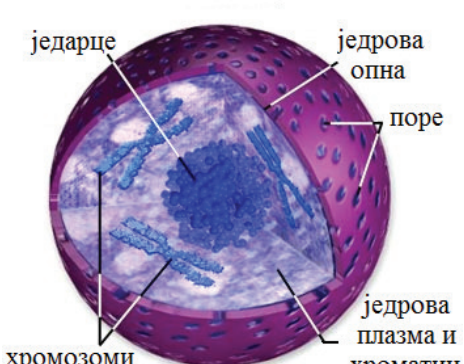
Једро (лат. *nucleus*; гр. *caryon* – језгро) је органела сваке еукариотске ћелије. Његова основна улога је чување наследног материјала садржаног у ДНК и синтеза ДНК у процесу репликације, синтеза РНК у процесу транскрипције, синтеза дела протеина, регулисање ћелијског дисања и других процеса у ћелији.

У младим ћелијама испуњеним цитоплазмом, једро се налази у центру ћелије. У току раста ћелије једро се обично налази на месту највеће активности цитоплазме. Код биљака, у старијим ћелијама у којима се јављају крупније вакуоле, једро се обично налази уз ћелијски зид.

Број једара у ћелији није увек исти. Најчешће се у ћелији налази једно једро (мононуклеарне ћелије). Међутим, постоје и двоједарне (бинуклеарне) и вишеједарне (полинуклеарне) ћелије које се јављају у остеоцитима, миоцитима и хепатоцитима код сисара, у хифама гљива, ћелијама неких алги, млечним цевима појединих биљака. Неке веома ретке врсте ћелија, на пример еритроцити скоро свих сисара, немају једро.

На једру се могу разликовати једрова опна, једрова плазма, хроматин, хромозоми и једарце (Сл. 29).

Слика 29. Грађа ћелијског једра



Једрова мембрана (кариотека) је танка двослојна творевина. Између два мембранска слоја налази се перинуклеарни простор. Спољашња мембрана која се граничи са цитоплазмом у тесној је вези са мембранама ендоплазматичног ретикулума и покривена је рибозомима. Унутрашња мембрана је у контакту са једровом плазмом. За њу су везани протеини који учествују у процесу репликације ДНК.

На једровој мембрани се налазе поре. По ободу поре, спољашња и унутрашња мембрана су спојене. Поре нису потпуно отворене. Преграђене су дијафрагмом која регулише промет материја између нуклеоплазме и цитоплазме.

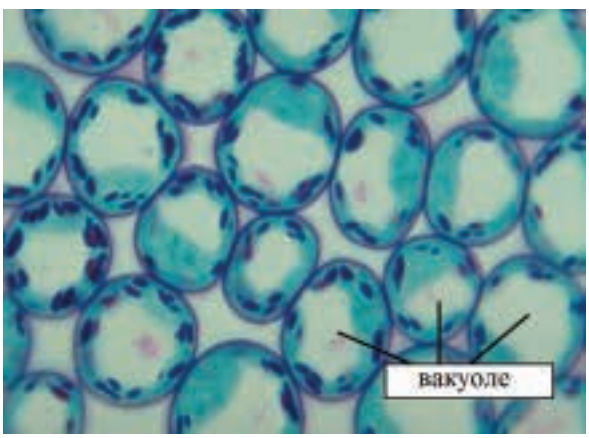
Једрова плазма (нуклеоплазма, кариоплазма) представља густу вискозну течност у којој су смештени нуклеотиди, хроматин, хромозоми и једарце. По хемијском саставу слична је цитоплазми с том разликом што је у њој много већа концентрација протеина и ензима. Хроматин се уочава у интерфази када једро мирује између две деобе. Он је у облику хроматинских нити. Ове се нити виде као ниска перли пошто се ланац ДНК обмотава око молекула хистона као конац око калема и гради нуклеозоме дуж хроматинских нити. У време ћелијске деобе долази до кондензовања хроматинских нити тако да она постају јасно видљива телашца – хромозоми. Хромозоми се најбоље виде у метафази митотичке деобе.

Једарце (нуклеолус) представља једрову органелу. Сферичног је облика, а од околне кариоплазме није одвојено мембраном. Видљиво је у интерфази и пред крај митозе, у телофази. Чине га ДНК, РНК, градивни и ензиматски протеини. Главна улога једарца је синтеза рРНК и рибозомалних протеина.

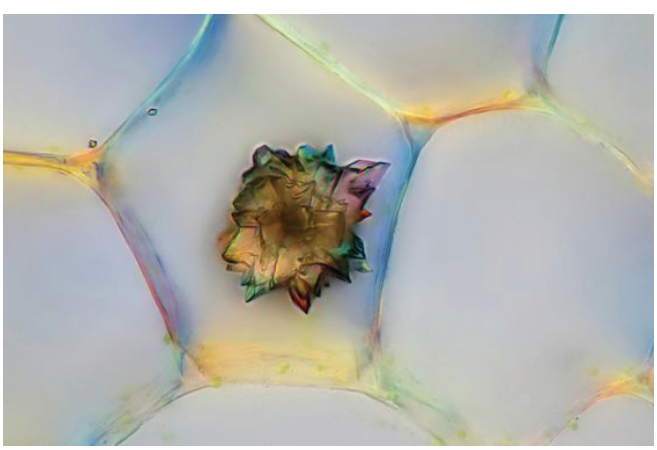
2.3.3. ЋЕЛИЈСКЕ ВАКУОЛЕ

Ћелијске вакуоле (лат. *vakuus* – празан) су неживи део ћелије испуњен ћелијским соком (Сл. 30) који представља продукте животних активности ћелије. Од околне цитоплазме раздваја их полупропустљива биомембрана – тонопласт. Углавном су присутне само у биљним ћелијама. Ако се нађу у појединим животињским ћелијама, онда су веома ситне. У младим биљним ћелијама такође су ситне. Са старењем ћелије ситне вакуоле се стапају у крупније и на крају образују једну крупну централну вакуолу. Оваква вакуола потискује цитоплазму са органелама уз ћелијски зид.

Слика 30. Ћелијске вакуоле



Слика 31. Кристална друза у вакуоли ћелије спанаћа



Састав ћелијског сока који испуњава вакуоле је различит у зависности од типа, функције и физиолошког стања ћелија. Најзаступљенија је вода, а поред ње присутне су материје које представљају крајње продукте метаболизма или материје које се складиште: моносахариди (глукоза и фруктоза), дисахариди (сахароза и малтоза), полисахариди (инулин, пектин), органске киселине (јабучна, лимунска, винска, оксална) и њихове соли, неке аминокиселине (аспарагин, тирозин, леуцин), танини, гликозиди (амигдалин, дигиталин), алкалоиди (морфин, папаверин, кофеин, кодеин, кокаин, кинин, стрихнин, никотин), етарска уља, витамини, ферменти, пигменти антоцијани од којих потиче црвена, љубичаста или плава боја многих цветова, плодова и изданака. Тонопласт не дозвољава да се ова једињења поново врате у цитоплазму јер су поједине у већим концентрацијама веома штетне или отровне.

У вакуолама се могу образовати и кристали појединих једињења која се налазе у већој концентрацији. Преовлађују кристали калцијум-оксалата који су у облику призме, октаедра, иглица, снопића иглица (рафида), гроздова, зрнаца, звездоликих телашаца (друза) (Сл. 31). Стварајући их, биљке везују оксалну киселину и на тај начин неутралишу њено штетно дејство.

2.3.4. ЋЕЛИЈСКИ ЗИД

Животињске ћелије на површини имају само ћелијску мембрану (плазмалему), док ћелије бактерија, гљива и биљака преко мембране имају и ћелијски зид. Ћелијски зид бактерија састављен је од пептидогликана, док је ћелијски зид гљива састављен од хитина који је по природи ацетилглукозаминski полимер. Ћелијски зид алги најчешће граде гликопротеини и полисахариди (агар, карагенан), док је ћелијски зид виших биљака изграђен од пектина, хемицелулозе и целулозе.

У структуралном погледу ћелијски зид биљака састоји се из средишње ламеле, примарног зида и секундарног зида (Сл. 32).

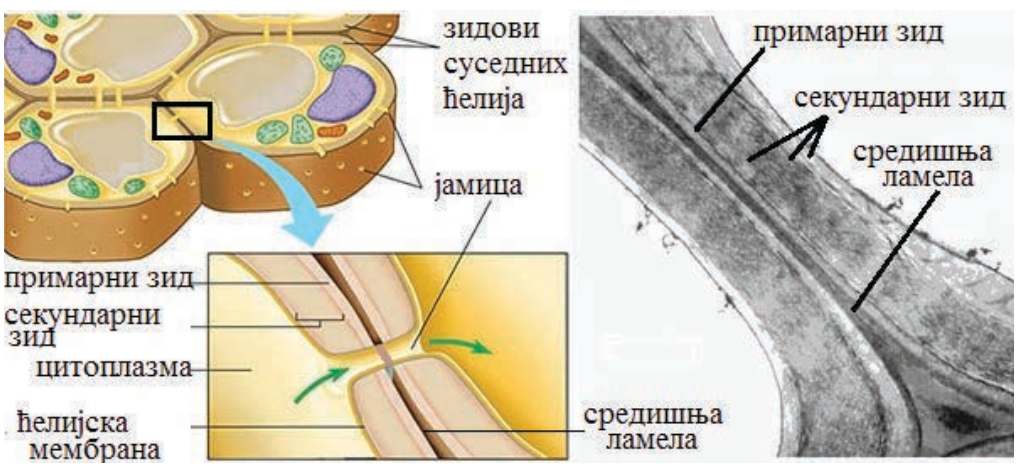
Средишња ламела је прва преграда која почиње да се формира између две ћелије у касној анафази ћелијске деобе. Јавља се у зони екваторијалне равни мајке ћелије која се дели на две ћерке ћелије. Настаје од делова мембрана ендоплазматичног ретикулума. Саграђена је од полисахарида пектина који служи за повезивање суседних ћерки ћелија.

Примарни зид настаје са унутрашње стране средишње ламеле (центрипетално). Изграђен је од пектина, хемицелулозе и целулозе. У примарном зиду садржај целулозе релативно је мали (8-14%) у односу на пектин и хемицелулозу.

Секундарни зид се надовезује на унутрашњу страну примарног зида. У њему за разлику од примарног зида, има највише целулозе (до 55%), а знатно мање хемицелулозе и пектина.

Ћелијски зид прати раст ћелије. У почетку се повећава његова површина, а кад ћелија достигне свој волумен, зид почиње секундарно да дебља. Дебљање ћелијског зида код неких ћелија може бити неравномерно. Та израженија локална задебљања могу се јавити са унутрашње стране зида (центрипетално) или са његове спољашње стране (центрифугално). При центрипеталном дебљању унутрашњи простор у ћелији се постепено смањује тако да у извесним случајевима, на пример код механичких ћелија, може бити сведен на веома мали волумен. При центрифугалном дебљању, на површини ћелијског зида могу да се јаве разноврсне перфорације.

Слика 32. Ћелијски зид



Током центрипеталног дебљања ћелијског зида поједина места остају незадебљала. Та незадебљала места која имају облик каналића, називају се **јамице**. Јамице суседних ћелија постављене су наспрамно и између њих се увек налази преграда коју чине полупропустљива средишња ламела и примарни ћелијски зид.

Ова два слоја чине такозвану опну за затварање. Кроз њу пролазе цитоплазматичне **плазмодезме** које повезују цитоплазму суседних ћелија. Функција јамица је да омогуће комуникацију и размену материја између суседних ћелија с обзиром да је секундарни ћелијски зид непропустљив за промет материја.

У процесу диференцијације ћелија, у њиховом ћелијском зиду могу да се јаве секундарне промене. Промене се испољавају као лигнификација, суберификација, кутинизација и минерализација.

Лигнифијација (одрвењавање) је појава прожимања ћелијског зида материјом која се зове лигнин. Појава лигнина повећава отпорност ћелијског зида на притисак, тако да се лигнин јавља искључиво у ћелијама копнених биљака, нарочито у њиховим механичким ћелијама (дрвеним влакнима) и ћелијама за спровођење воде (трахејама).

Суберификација (оплутњавање) је појава прожимања ћелијског зида материјом која се зове суберин. Суберин се у виду финих ламела таложи са унутрашње стране примарног ћелијског зида и гради секундарни зид. Оплутњавању подлежу ћелијски зидови претежно секундарног покоричног ткива перидерма.

Кутинизација (излучивање кутина) је промена ћелијског зида изазвана појавом кутина који представља воштано једињење. Кутинизацији подлежу спољашњи зидови епидермских (покоричних) ћелија који су у контакту са спољашњом средином. У кутикуларне слојеве уграђују се и воштани слојеви, нарочито у њиховим средишњим деловима. Кутикула има заштитну улогу јер спречава прекомерно испаравање воде из биљке. Међутим, пошто је и она делимично пропустљива за воду, биљке и преко кутикуле могу да изгубе одређену количину воде, па у том случају говоримо о кутикуларној транспирацији.

Минерализација је хемијска промена ћелијског зида изазвана гомилањем минералних материја у њему. У неким случајевима минералне материје чине саставни део самог зида, док се у неким случајевима сакупљају на његовој површини. Најчешће минералне материје у ћелијском зиду су силицијум-диоксид (SiO_2) и калцијум-карбонат ($CaCO_3$).

Гелификација (ослузњавање) је појава при којој се поједини делови ћелијског зида преобрађају у слуз. То је случај на пример, са семенима водених биљака или семенима лана. При влажењу, слуз у ћелијским зидовима јако набубри, прекрива површину семена и на тај га начин штити.

НАСЛЕЂИВАЊЕ, РАЗМНОЖАВАЊЕ И РАЗВИЋЕ

3. НАСЛЕЂИВАЊЕ, РАЗМНОЖАВАЊЕ И РАЗВИЋЕ

3.1. НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ

Молекуларну основу процеса наслеђивања у живом свету чине нуклеинске киселине. Захваљујући њима сваки организам наслеђује особине предака и даље их преноси на потомство. На тај начин нуклеинске киселине обезбеђују континуитет и интегритет органских врста.

Разликују се две врсте нуклеинских киселина: **дезоксирибонуклеинска киселина** – ДНК (енгл. *Deoxyribonucleic acid* – DNA) и **рибонуклеинска киселина** – РНК (енгл. *Ribonucleic acid* – RNA). Макромолекули ДНК захваљујући свом саставу и структури, из генерације у генерацију чувају и преносе шифрована упутства за правилан развој и функционисање сваког организма. Макромолекули РНК дешифрују та упутства на основу којих аминокиселине распоређују у одговарајуће полипептидне ланце.

Елементарне структурне јединице нуклеинских киселина су **нуклеотиди**. Молекули нуклеинских киселина састоје се из великог броја нуклеотида повезаних у полинуклеотидне ланце. Ови ланци могу да буду саграђени од неколико стотина, до више милиона нуклеотида. Сваки нуклеотид је мономер који се састоји из три компоненте – шећера пентозе, азотне базе и фосфатне групе.

Пентозе су прости шећери који у свом молекулу имају пет атома угљеника. У састав нуклеотида улазе две пентозе, рибоза и дезоксирибоза. Рибоза је саставни део нуклеотида који граде ланац РНК. Дезоксирибоза је саставни део нуклеотида који граде ланац ДНК.

Азотне базе су пуринске и пиримидинске. У ланцу ДНК пуринске базе су аденин (А) и гуанин (Г), док су пиримидинске базе цитозин (Ц) и тимин (Т). У ланцу РНК пуринске базе су такође аденин (А) и гуанин (Г), а пиримидинске базе су цитозин (Ц) и урацил (У). То значи да је разлика између нуклеотида ДНК и РНК у једној пиримидинској бази јер је тимин из ДНК замењен урацилом у РНК.

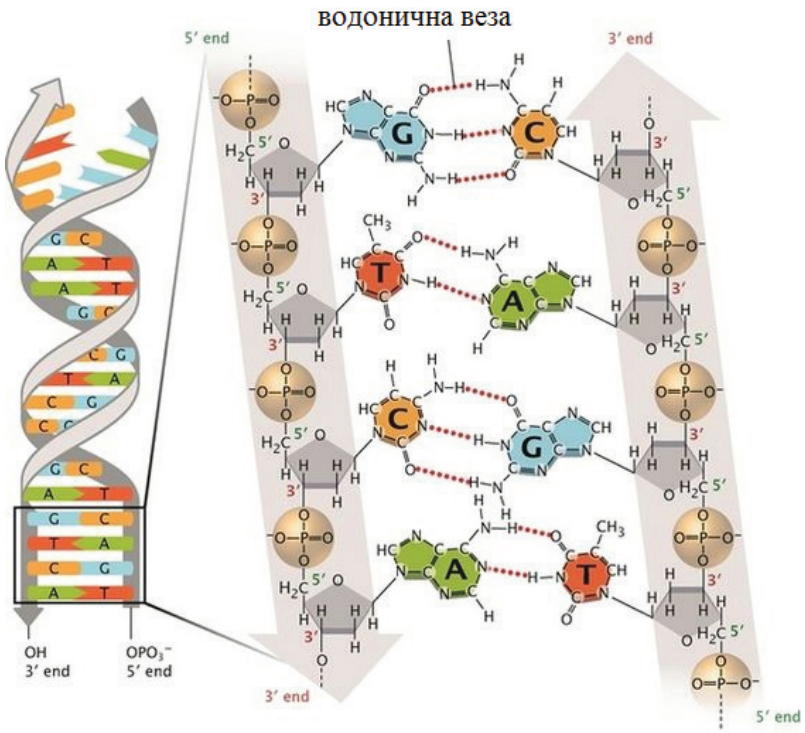
Фосфатна група има улогу везивања нуклеотида током формирања полинуклеотидних ланаца на тај начин што се између суседних нуклеотида образује фосфодиестарска веза. Ова веза остварује се тако што се трећи атом угљеника пентозе једног нуклеотида веже за пети атом пентозе наредног нуклеотида у ланцу. На овај начин на једном крају ланца остаје слободна хидроксилна група везана за трећи атом угљеника, а на другом крају фосфатна група везана за пети атом угљеника пентозе.

По својој структури, макромолекул ДНК је двоструки спирални ланац. Везивање два комплементарна ланца у макромолекулу ДНК врши се преко азотних база наспрамних нуклеотида. Наспрам нуклеотида са пуринском базом у једном ланцу, налази се нуклеотид са пиримидинском базом у другом ланцу и то тако да се наспрам аденина (А) налази тимин (Т), а наспрам гуанина (Г) цитозин (Ц) или обрнуто (А-Т, Т-А, Г-Ц, Ц-Г). Ове наспрамне базе се повезују водоничним везама. Аденин и тимин се повезују преко две, а гуанин и цитозин преко три водоничне везе. Наведена структура и однос комплементарности омогућују да редослед база у једном ланцу директно одређује редослед база у другом ланцу ДНК (Сл. 33).

Већи или мањи функционални фрагменти ланца ДНК који управљају синтезом неког конкретног протеина, представљају гене. **Ген** дакле, представља физичку и функционалну јединицу наслеђивања. Може обухватати од неколико стотина до неколико хиљада нуклеотида, а његова биохемијска улога одређена је распоредом пуринских и пиримидинских база дуж ланца ДНК који он обухвата, као и конфигурацијом тог дела ланца. Пошто су у редоследу нуклеотида могуће четири комбинације наспрамних база (А-Т, Т-А, Г-Ц, Ц-Г), њихов распоред дуж дела ДНК који функционално чини одређени ген, представља **генетички код** (шифру). Генетички код је јединствен и специфичан за сваки ген понаособ. Он одређује улогу гена у синтези појединих протеина, односно, у процесу наслеђивања. Основна јединица генетичког кода је такозвани **триплет** који представља три узастопна нуклеотида дуж ланца ДНК. На пример, нека хипотетичка комбинација база која одређује функцију неког хипотетичког гена, може да буде Ц-Г, Ц-Г, Т-А, А-Т, А-Т, Г-Ц, Г-Ц, Г-Ц, Г-Ц, А-Т, А-Т, Ц-Г, Т-А, Т-А, Ц-Г...

Три узастопне базе, односно, три узастопна нуклеотида дуж наведеног ланца ДНК чине следеће триплете: ЦЦТ, ААГ, ГГГ, ААЦ, ТТЦ... За синтезу сваке аминокиселине задужени су одређени триплети.

Слика 33. Везивање нуклеотида у ланац ДНК



Генетички кодови су исти за све биолошке врсте јер сваки триплет понаособ носи инструкцију за синтезу исте аминокиселине. При томе, једну аминокиселину најчешће одређује већи број триплета (кодова). На пример, кодови (триплети) за синтезу аминокиселине валин могу да буду АЦЦ, АЦТ, АЦГ или АЦА. Они су врло слични и најчешће се разликују само у трећем нуклеотиду тако да ако дође до замене нуклеотида то не представља и замену аминокиселине у протеину. Нуклеотиди једног кода никада не припадају истовремено и суседним кодовима. Ово се може сликовито упоредити са реченицом састављеном искључиво од трословних речи. Такву реченицу је могуће исправно протумачити једино ако се речи читају без преклапања слова из суседних речи. На тај начин се умањују прекомерни ефекти генетичких мутација.

За разлику од ДНК, молекул РНК представља прост једноструки ланац састављен и од више стотина до више хиљада нуклеотида (рибонуклеотида). Примарна структура РНК зависи од примарне структуре ДНК јер РНК настаје транскрипцијом, односно, преписивањем распореда нуклеотида у ланцу ДНК.

Постоји више врста РНК. Најзаступљеније су рибозомална (рРНК), информациона (иРНК) и транспортна (тРНК).

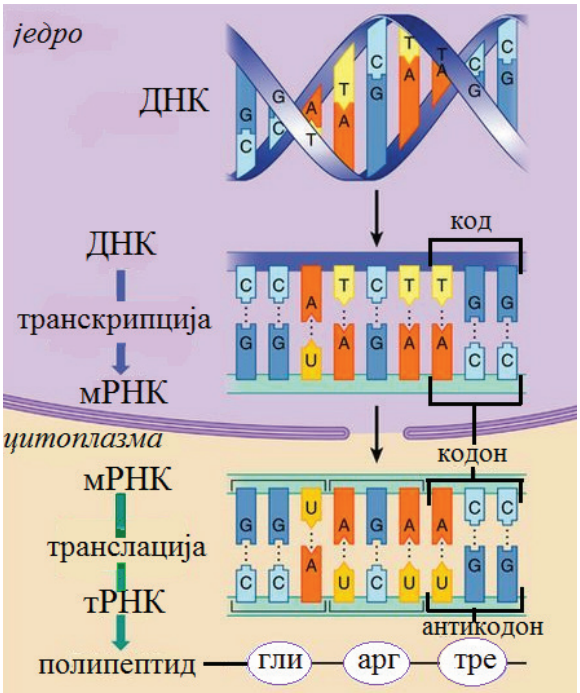
Информациона РНК (иРНК) или енгл. messenger RNA (mRNA), се у процесу **транскрипције** (лат. *transcriptio* – преписивање) синтетише као лик у огледалу дела ланца ДНК (гена) уз помоћ ензима ДНК полимеразе (Сл. 34). Распоред њених нуклеотида директно је условљен распоредом нуклеотида у делу ланца ДНК. Сваки триплет нуклеотида се са ДНК у целини комплементарно преноси транскрипцијом на иРНК. Овај триплет на иРНК назива се **кодон**. Сваки кодон представља шифру за синтезу једне аминокиселине, док низ кодона представља шифру за синтезу целог полипептидног ланца. Информациона РНК дакле, као комплементарна копија гена, преузима генетичке информације (кодове, шифре) са молекула ДНК. Те информације даље преноси транспортној РНК. Почетак и крај шифре за синтезу једног полипептидног ланца обележени су посебним кодонима. Кодони у иРНК се читају од такозваног старт-кодона до стоп-кодона. Старт кодон је АУГ, док стоп-кодон може да буде УАА, УАГ или УГА.

Транспортна РНК (тРНК) или енгл. transfer RNA (tRNA), је физичка веза између иРНА и аминокиселинске секвенце полипептидног молекула. У процесу **транслације** тРНК преводи кодоне са иРНК у такозване **антикодоне** тако што се и она у целости комплементарно синтетише као лик у огледалу ланца иРНК (Сл. 34). Антикодони су шифре за распоређивање аминокиселина у конкретан полипептидни ланац. Транспортна РНК истовремено преноси аминокиселине до рибозома у којима се одвија синтеза полипептидних ланаца протеина. За транспорт једне аминокиселине до рибозома задужен је по један молекул тРНК који се савија и добила изглед тролисне детелине. На једном од кракова оваквог молекула тРНК налази се антикодон, а за један од њих везује се аминокиселина која се преноси у рибозом.

Рибозомална РНК (рРНК) или енгл. *ribosomal* RNA (rRNA), такође настаје у процесу транскрипције одређених гена. Њена улога је да заједно са одређеним протеинима образује рибозоме.

Поред наведених, у ћелијама су присутне и друге РНК које имају одређене каталитичке улоге.

Слика 34. Транскрипција и транслација



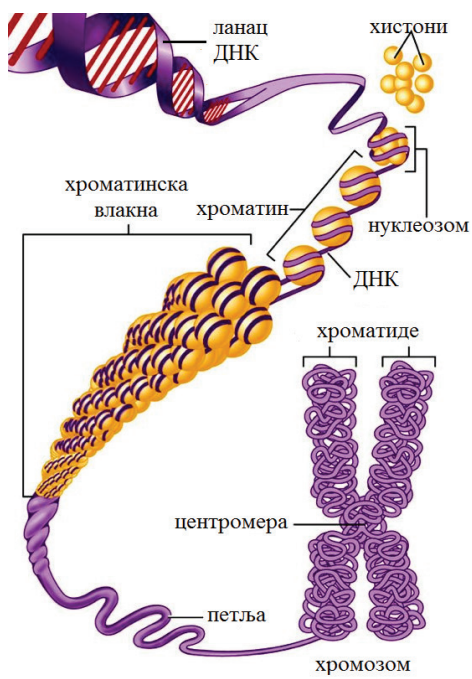
3.2. ХРОМАТИН И ХРОМОЗОМИ

Хроматин је основна структурно-функционална компонента једра. Представља посебно стање ДНК и РНК. Наиме, у периоду када се ћелија не дели, односно, када траје фаза мировања између две ћелијске деобе (интерфаза), молекули ДНК и РНК се налазе дифузно расути по плазми ћелијског једра у облики хроматинских влакана (нити). Пошто дугачки ланци макромолекула ДНК треба да се спакују у ситне хромозоме када започне деоба ћелије, у једру су присутне и две врсте протеина – хистони и нехистонски протеини. **Хистони** су градивни протеини хроматина јер учествују у паковању ДНК која се око њих намотава као конац око калема (Сл. 35). Због тога се хроматин види као перласта структура где је свака перла, такозвани **нуклеозом**, изграђена од по осам молекула хистона око којих је намотан део ланца ДНК. Овакав комплекс хистона и ДНК који гради нуклеозоме дуж ланца ДНК, представља основну структурну јединицу хроматина. **Нехистонски протеини** су функционални протеини који углавном имају ензиматску улогу током процеса репликације ДНК и синтезе (транскрипције) РНК.

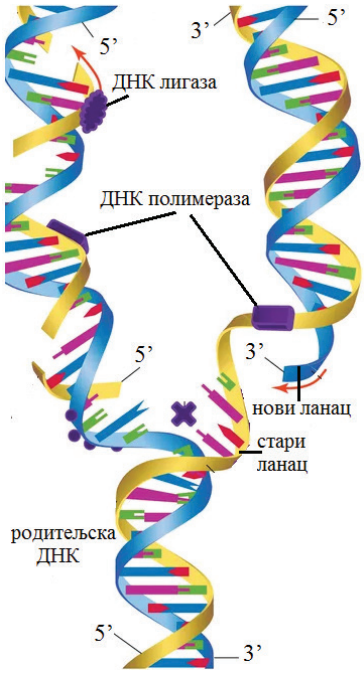
У време ћелијске деобе хроматинска влакна се кондензују у **хромозоме**. То су најважније компоненте ћелијског једра код еукариотских организама. У метафази, једној од фаза ћелијске деобе, хромозоми се састоје из две сестринске **хроматиде**. Сестринске хроматиде се образују репликацијом молекула ДНК (од једног настају два) тако да су истоветне, односно, садрже исте гене (Сл. 36). Свака хроматида је уздужна половина хромозома са две идентичне гарнитуре макромолекула ДНК. Хроматиде су спојене у сужењу хромозома – центромери. На центромери је смештено протеинско телашце који се назива **кинетохор**. Током ћелијске деобе за кинетохор се учвршћују микротубули деобног вретена који омогућују кретање и оријентацију хромозома.

Способност хромозома за саморепликацију током ћелијске деобе обезбеђује континуитет у преношењу наследних особина. Након саморепликације, два ланца једног макромолекула ДНК раздвајају се раскидањем водоничних веза и сваки од њих служи као матрица за синтезу по једног новог комплементарног ланца. Као резултат тога образују се два нова макромолекула ДНК који имају потпуно идентичну молекуларну структуру. Сваки од њих даље одлази у по једну новонасталу ћерку ћелију.

Слика 35. Структура хромозома

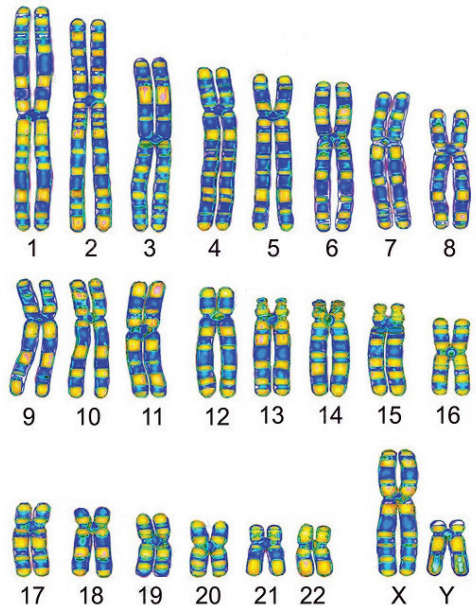


Слика 36. Репликација ланца ДНК



Број хромозома у телесним ћелијама је сталан и карактеристичан за сваку биолошку врсту. Овај број назива се **кариотип**. Телесне (соматске) ћелије имају **диплоидан** број хромозома (2n). Диплоидан број представља две гарнитуре хромозома при чему једна гарнитура потиче од мајке, а друга од оца. Овај број код вишње износи 32, код бресквe 16, код шљиве 48, код грашка 14, код пшенице 28, код мачке 38, код магарца 62, код пса 78 итд. Диплоидан број хромозома код човека износи 46, односно, 23 пара хромозома од којих 22 пара носе гене за одређивање телесних особина (аутозоми), а један пар су полни хромозоми који одређују пол (XY – мушки пол; XX – женски пол) (Сл. 37). Сваки пар има специфичну величину, облик и садржај генетичких информација. Полне ћелије (гамети) садрже упола мањи број, односно **хаплоидан** број хромозома (n) у односу на телесне ћелије. До смањења броја хромозома долази током редукционе деобе (мејозе) када се образују полне ћелије. Спајањем хаплоидних полних ћелија (јајне ћелије и сперматозоида), настаје зигот који поново има диплоидан број хромозома.

Слика 37. Кариотип човека

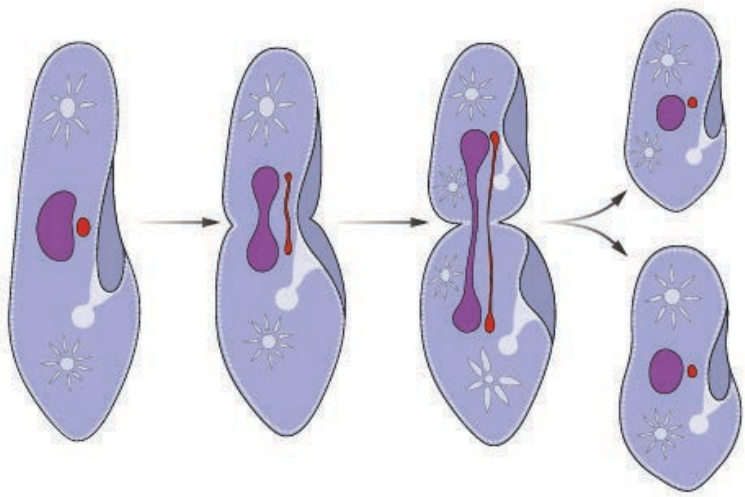


3.3. ДЕОБА ЋЕЛИЈЕ

Деоба ћелије представља процес током кога се родитељска ћелија дели на две или више ћерки ћелија. Деоба ћелије обухвата два циклуса – циклус деобе језгра (кариокинезу) и циклус деобе цитоплазме (цитокинезу). Разликују се три основна начина ћелијске деобе: 1) амитоза, 2) митоза и 3) мејоза.

1) Амитоза (бинарна деоба или фисиона деоба) је процес бесполног размножавања који је карактеристичан за бактерије и поједине групе протиста (протозое, амебе, бичаре). Код бактерија које иначе, немају језгро (прокариоте) и које имају један молекул ДНК, прво долази до репликације (умножавања) тог молекула тако да се образују два молекула ДНК од којих сваки садржи један стари ланац и један нови комплементарни ланац. Након тога се ћелија бактерије издужује, молекули ДНК се удаљавају, ћелијска мембрана се уврће према унутрашњости и на крају се бактерија дели на два једнака или неједнака дела са по једним молекулом ДНК у сваком делу. На тај начин настају генетски клонови мајке ћелије.

Слика 38. Амитоза код парамецијума



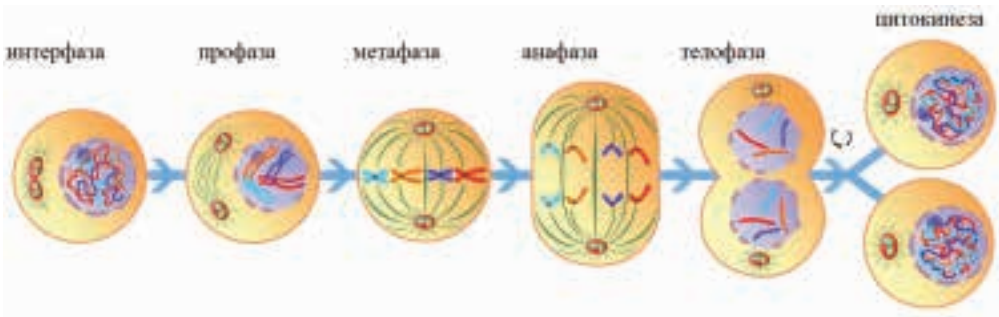
Код протиста који имају једро (еукариоте) амитоза се одвија тако што се у самом једру одвија репликација молекула ДНК, а потом се једро дели на два једра са истоветном гарнитуром хромозома (Сл. 38). Подела једног једра на два идентична назива се кариокинеза. Након тога долази и до деобе цитоплазме са органелама на два дела (цитокинеза). У сваком делу цитоплазме око које се образује континуирана мембрана, налази се по једно једро.

2) Митоза (гр. *mitos* - конац) је процес деобе телесних (соматских) ћелија при коме од мајке ћелије са диплоидним бројем хромозома (2n), настају две ћерке ћелије са такође диплоидним бројем хромозома. Као и код амитозе, и код митозе прво долази до кариокинезе (деобе једра), а потом и до цитокинезе (поделе цитоплазме са органелама). Митотичком деобом број ћелија се увећава геометријском прогресијом тако да ова деоба има улогу у расту организма и обнављању ткива.

Митоза се одвија кроз неколико фаза. То су интерфаза, профаза, метафаза, анафаза и телофаза (Сл. 39). Након телофазе и пре почетка поновне профазе, једро се налази у интерфази.

Интерфаза почиње након телофазе, последње фазе митозе, и траје до почетка профазе, прве фазе митозе. Током интерфазе ћелија је метаболички веома активна јер се одвија репликација ДНК, синтеза РНК и протеина, умножавање ћелијских органела (првенствено митохондрија и рибозома) и раст саме ћелије. У овој фази долази и до дуплирања центриола, односно, до формирања два пара центриола које ће имати улогу у формирању деобног вретена током наступајуће профазе.

Слика 39. Митоза



Профаза започиње након интерфазе. У овој фази након интерфазне репликације ланаца ДНК долази до поделе сваког хромозома на по две половине, односно две сестринске хроматиде које се држе заједничком центромером. Да би се током даљег тока ћелијске деобе хромозоми лакше кретали, долази до њихове спирализације при чему они постају дебљи и краћи. У исто време пуца једрова мембрана, једарце ишчезава, а парови центриола се удаљавају јер крећу на супротне полове ћелије ради формирања деобног вретена. Деобно вретено настаје од микротубула и протеина. Његов задатак у наредној фази биће да повуче хроматиде из средишта ћелије према њеним половима. Због тога се деобно вретено пружа од центриола на половима ћелије до њене екваторијалне равни.

Метафаза је друга фаза митозе. У овој фази хромозоми се максимално кондензују и смештају се у област екваторијалне равни ћелије. У потпуности су подељени на две хроматиде које су спојене само заједничком центромером. Центромера има функцију орјентације хромозома како у кретању према екваторијалној равни, тако и касније у кретању према половима ћелије. На центромери се налази кинетохор, парна протеинска структура за коју се везују нити деобног вретена и то тако да је сваки хромозом овим нитима повезан са центриолама на оба пола ћелије. У позној метафази сестринске хроматиде почињу да се одвајају.

Анафаза је трећа фаза митозе. Почиње уздужном поделом центромере што доводи до потпуног раздвајања сестринских хроматида. На тај начин сваки хромозом се поделио на два нова хромозома. Сваки од ових нових хромозома почиње да се креће према половима, један ка једном, а други ка другом полу. Ово кретање дешава се услед скраћивања нити деобног вретена. На тај начин на супротне полове стиже подједнак број нових хромозома. На пример, у свакој телесној ћелији човека у профази се 46 хромозома подели на 92 хроматиде, а у анафази на супротне полове оде такође 46 нових хромозома.

Телофаза је четврта фаза митозе. Почиње после пристизања нових хромозома на супротне полове ћелије. Пристигли хромозоми се деспирализују, једарце се поново појављује и читаво једро добија изглед какав је имало пре почетка деобе. На тај начин од једног једра са диплоидним (2 n) бројем хромозома, формирају се два једра такође са диплоидним (2 n) бројем хромозома. Иза телофазе следи интерфаза.

У току кариокинезе започиње и процес цитокинезе као завршне фазе деобе ћелије. Процес цитокинезе често започиње још у анафази када у екваторијалној равни ћелије испод ћелијске мембране дође до формирања контрактилног прстена. Контракцијама овог прстена на површини ћелије настаје благо улегнуће, а затим све дубљи жлеб. У завршној фази процеса мајка ћелија све више подсећа на пешчани сат. Даљим стезањем прстена веза између два дела мајке ћелије се прекида и настају две раздвојене ћерке ћелије.

Време трајања митозе је различито код различитих група организама, па чак и код ћелија у једном истом организму. У просеку митоза траје од 30 минута до неколико сати.

3) Мејоза или редукциона деоба је процес ћелијске деобе чија је сврха редукција броја хромозома са диплоидног (2 n) на хаплоидан (n), односно, упола мањи број хромозома. Ова деоба одвија се током образовања полних ћелија које морају имати хаплоидан број хромозома како би након њиховог спајања настао зигот са нормалним, диплоидним бројем хромозома. Уколико се редукциона деоба не би одвијала, сперматозоиди и јајне ћелије имали би диплоидан број хромозома (2 n), а зигот настао њиховим спајањем тетраплоидан број хримозома (4 n). У свакој следећој генерацији број хромозома би се увећавао геометријском прогресијом (8 n, 16 n, 32 n, 64 n...). У том случају у природи се не би одржао континуитет органских врста. Дакле, поцес који доводи до редукције броја хромозома у полним ћелијама са диплоидног на хаплоидан обезбеђујући да потомци у својим телесним ћелијама имају исти број хромозома као преци, назива се редукциона деоба или мејоза.

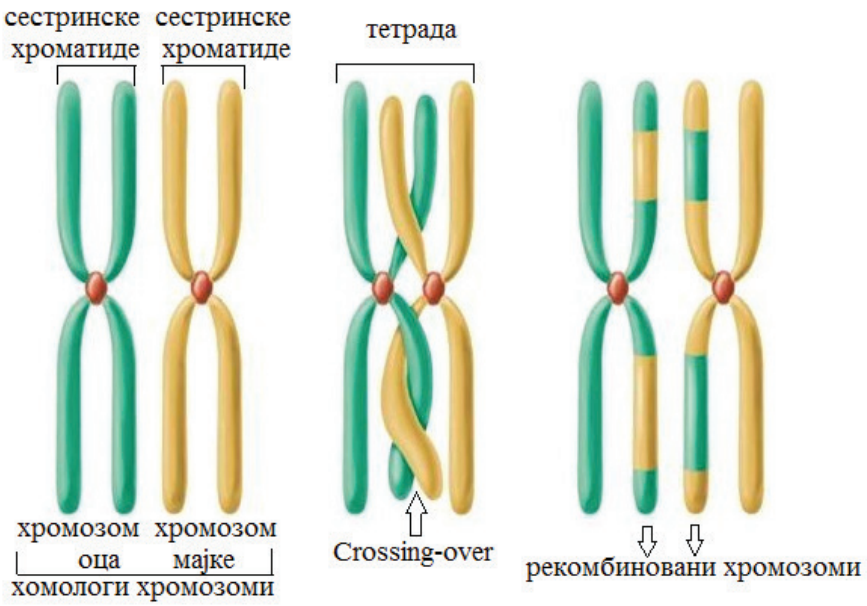
У току мејозе сједињени су процеси који с једне стране обезбеђују прелаз диплоидног једра у хаплоидно, и с друге стране омогућују размену генетичког материјала између хомологих хромозома родитеља. Хомологи хромозоми су спарени хромозоми од којих један потиче од мајке, а други од оца при чему су они идентични по величини, облику и распореду гена.

Мејоза се састоји из два узастопна процеса – прве мејотичке деобе (мејозе 1) и друге мејотичке деобе (мејозе 2). И једна и друга мејотичка деоба пролазе кроз фазе кариокинезе и цитокинезе.

Мејоза 1 је права деоба која је редукционог карактера јер доводи до раздвајања хомологих хромозома тако да од диплоидне (2n) мајке ћелије настају две хаплоидне ћерке ћелије (n). Као и митоза, започиње након интерфазе. Следе профаза 1, метафаза 1, анафаза 1 и телофаза 1.

Профаза 1 је најсложенија фаза мејозе која се одвија кроз неколико етапа. У профази долази до кондензовања хроматина у хромозоме који се након репликације ДНК деле на две сестринске хроматиде спојене центромером. Потом долази до спаривања (коњугације) хомологих хромозома (један потиче од мајке, један потиче од оца). На тај начин настају хромозоми познати као биваленти или тетраде јер садрже по четири хроматиде, односно, по две сестринске хроматиде оба родитеља (Сл. 40). Даље долази до физичке размене делова између несестринских хроматида хомологих хромозома (мајчиних и очевих) при чему из фрагменти мајчиног хомологог хромозома одлазе у очев хомологи хромозом и обрнуто. Ова размена генетичког материјала између родитељских хомологих хромозома другачије се назива *Crossing over* (енг. *Crossing over* – прелазак на другу страну). Места на којима долази до размене генетичког материјала називају се хијазме. Крајем профазе хомологи хромозоми остају спојени још само на местима где су биле хијазме. Истовремено долази до ишчезавања једрове мембране и једарца.

Слика 40. Размена генетичког материјала (*Crossing-over*)



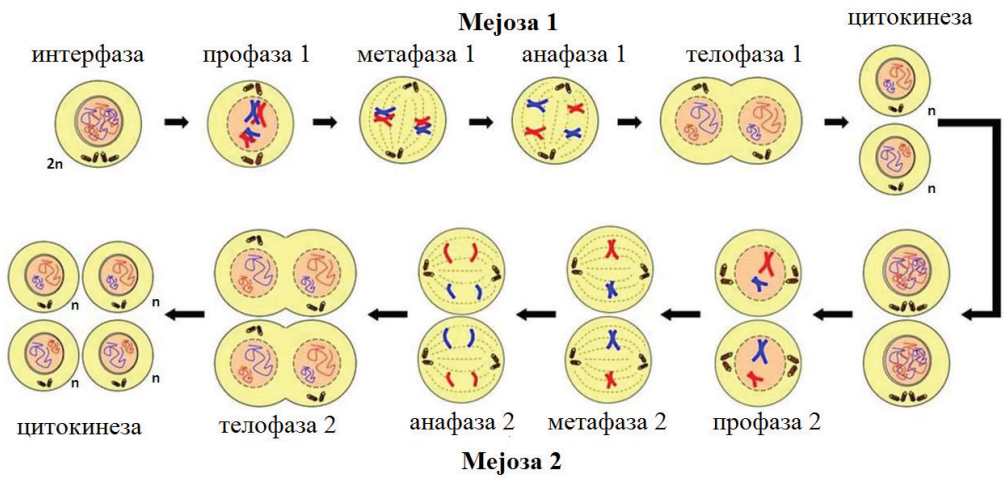
Метафаза 1 је фаза у којој долази до формирања нити деобног вретена. Хромозоми се постављају у екваторијалној равни и успостављају контакт са нитима деобног вретена. За разлику од митозе где су хромозоми у екваторијалној равни појединачно распоређени, у метафази 1 налазе се парови хомологих хромозома. Кинетохори ових хромозома су концима деобног вретена везани за центриоле на половима ћелија, и то тако што је један хомологи хромозом из пара вазан за један, а други хомологи хромозом за други пол ћелије.

Анафаза 1 започиње кретањем хромозома према половима ћелије. У овој фази хомологи хромозоми се одвајају и цели, са обе хроматиде одлазе на супротне полове ћелије. Један хромозом из пара хомологих хромозома са своје две хроматиде и једном центромером одлази на један пол, а други хромозом из пара са своје две хроматиде и центромером одлази на други пол ћелије.

Телофаза 1 започиње формирањем једрове мембране око хромозома приспелих на полове ћелије, као и деспирализација хромозома. Истовремено долази и до цитокинезе тако да су крајњи резултат деобе две ћелије са хаплоидним бројем хромозома.

Након телофазе 1 наступа интерфаза која веома кратко траје, а потом наступа друга мејотичка деоба која се одвија као митотичка деоба.

Слика 41. Мејоза



Мејоза 2 је друга мејотичка деоба која тече по типу митозе и доводи до повећања броја формираних ћелија. У овом процесу од две хаплоидне ћерке ћелије настају четири такође хаплоидне ћерке ћелије.

Крајњи резултат мејозе 1 и мејозе 2 су четири хаплоидне ћелије неједнаке по информацијама које носе (Сл. 41). На сваки пол насумично одлазе хомологи хромозоми оца и мајке при чему ни један од хромозома није „чист“ пошто је током *Crossing over*-а добио део генетичког материјала од свог хомологог парњака. На тај начин ствара се база за огромну генетичку разноврсност потомства. На пример, број могућих комбинација 23 хромозома у гаметима човека износи око 8.000.000, што значи да само људска јединка може да образује око 8.000.000 различитих полних ћелија.

3.4. ГАМЕТОГЕНЕЗА

Гаметогенеза је процес формирања полних ћелија или гамета. Обухвата процес сперматогенезе код мушког пола и процес оогенезе код женског пола (Сл. 43). Ови се процеси одвијају у полним жлездама. Код сисара сперматогенеза се одвија у семеницима (тестисима), док се оогенеза одвија у јајницима (оваријумима).

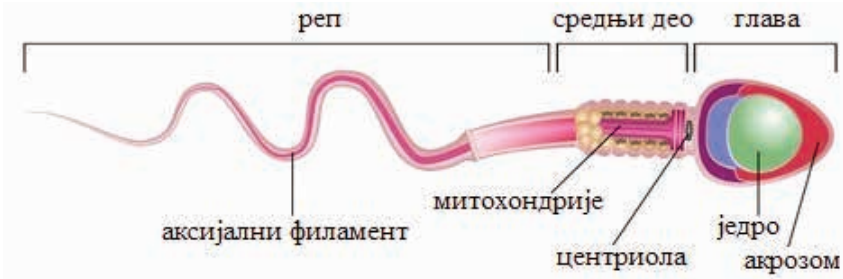
Сперматогенеза је процес формирања мушких полних ћелија тј. сперматозоида код животиња или сперматоцитних ћелија код биљака. Код сисара почетне ћелије са диплоидним бројем хромозома које улазе у процес сперматогенезе тј. процес мејотичке деобе, су сперматогоније. Оне су саставни део полног епитела тестиса. Њима су пандан оогоније из женског полног епитела оваријума. Од сперматогоније настаје примарна сперматоцита такође са диплоидним бројем хромозома. Током прве мејотичке деобе примарна сперматоцита дели се на две хаплоидне секундарне сперматоците, а потом, током друге мејотичке деобе настају четири хаплоидне сперматиде. Од сперматида даље настају **сперматозоиди** или мушки полни гамети (гр. *сперматос* – семе; *зои* – живот). Сперматиде се трансформишу у сперматозоиде процесом који се назива спермиогенеза.

Сперматозоид се састоји из главе, средњег дела и репа (Сл. 42).

Главу сперматозоида граде једро и акрозом. Акрозом је слој који се налази у предњем делу сперматозоида и служи за интеракцију сперматозоида са јајном ћелијом. Настаје од Голџијевог апарата током спермиогенезе. Садржи хидролитичке ензиме који се излучују онда кад акрозомом додирне мембрану јајне ћелије.

Средњи део сперматозоида се наставља на главу вратом у коме су смештене две центриоле. Прва од њих образује деобно вретено током прве деобе након оплођења, а друга представља базално телашце репа сперматозоида. Иза центриола налази се део у коме су смештене митохондрије. Оне садрже аденозин-трифосфат (ATP) као извор енергије за кретање сперматозоида.

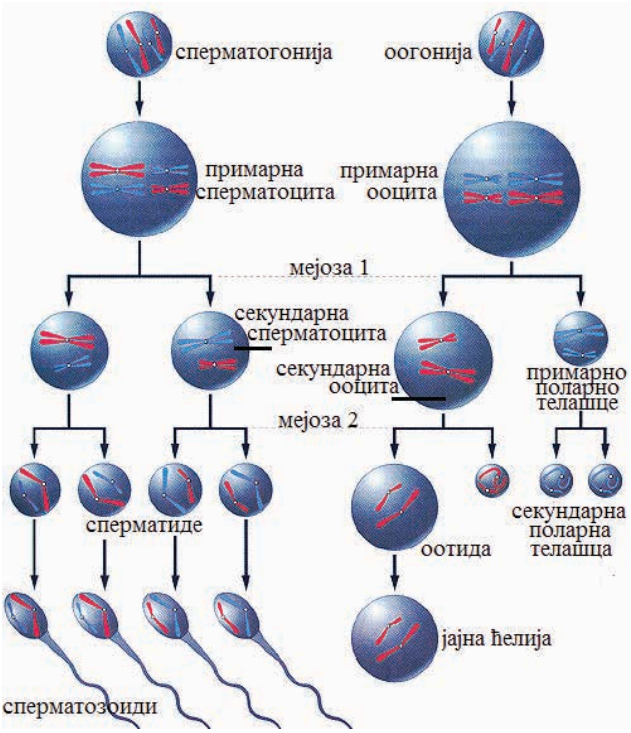
Слика 42. Грађа сперматозоида човека



Реп (бич) је задњи део сперматозоида који му омогућава кретање. Кроз његово средиште пролази аксијални филамент (аксионема) саграђен од микротубула.

Оогенеза је процес формирања женских полних ћелија. Започиње образовањем оогонија са диплоидним бројем хромозома. Од оогоније настаје примарна ооцита такође са диплоидним бројем хромозома. Након прве мејотичке деобе од ооцита настају једна велика ћелија са хаплоидним бројем хромозома – секундарна ооцита, и једна мања ћелија са такође хаплоидним бројем хромозома – примарно поларно телашце. Током друге мејотичке деобе примарно поларно телашце дели се на два секундарна поларна телашца док се секундарна ооцита дели на крупну оотиду и секундарно поларно телашце. На крају се оотида преображава у **јајну ћелију**. За оплодњу је способна само јајна ћелија док поларна телашца нестају.

Слика 43. Гаметогенеза



За разлику од сперматогенезе која се у целини непрекидно одвија после пубертета, код оогенезе је процес сазревања полних ћелија другачији. Све примарне ооците почињу да се образују још у време ембрионалног развоја и то тако да не преостају резервне оогоније као што преостају резервне сперматогоније (значи, све оогоније расту и диференцирају се у примарне ооците). Прво заустављање процеса сазревања полних ћелија дешава се у профази мејозе 1 тако да полне ћелије остају на нивоу примарних ооцита за дужи временски период. У јајницима људског фетуса старости од шест месеци већ постоји коначан број примарних ооцита који износи око 7 милиона. После тога почиње пропадање примарних ооцита. Њихов број многоструко се смањује тако да их у време рођења има око 2 милиона. Пропадање примарних ооцита се наставља и после рођења тако да их у време пубертета остане само 400.000 – 500.000. Примарне ооците тада улазе у фазу сазревања јер се у њима постепено завршава мејоза 1, а потом и мејоза 2. Код жена, почев од прве менструације у пубертету па све до последње у климаксу када престаје репродуктивна способност, сваког месеца по једна ооцита завршава своје пуно развиће.

Код одрасле жене већина ооцита се налази у фоликулу облика кесице састављене од једног слоја фоликуларних ћелија. Приликом сваког менструалног циклуса од много хиљада фоликула само њих 15 – 20 почиње да расте пратећи раст ооците. Крајем ове фазе ооцита се налази у дупљи фоликула, а зрели фоликули (Графови фоликули) штрче на површини оваријума. Следи овулација која представља процес прскања најзрелијег фоликула и ослобађања функционалне јајне ћелије. Она потом доспева у јајовод где може бити оплођена. После овулације фоликул се трансформише у жуто тело које почиње да производи полне хормоне естроген и прогестерон.

Јајна ћелија човека и плаценталних сисара је **алецитна**, односно без жуманцета пошто ембрион у исхрани зависи од мајке, а не од хранљивих материја у жуманцету. Поред алецитних, у живом свету присутне су и другачије јајне ћелије. **Олиголецитне** јајне ћелије имају малу количину жуманцета које је равномерно распоређено по цитоплазми. **Телолецитне** јајне ћелије имају већу количину жуманцета које је смештено на једном полу ћелије. **Центролецитне** јајне ћелије имају велику количину жуманцета смештеног у центру док га цитоплазма окружује у виду танког слоја.

3.5. ОПЛОЂЕЊЕ

Оплођење (фертилизација) је процес спајања женског и мушког гамета (јајне ћелије и сперматозоида) при чему настаје зигот који представља оплођену јајну ћелију. У зависности од тога на ком се месту одвија оплођење и даље развиће ембриона, у животињском свету разликују се три основне репродуктивне стратегије: овипарност, ововивипарност и вивипарност. Поред наведених, постоје и друге прелазне стратегије.

Овипарност (лат. *ovum* – јаје; *parere* – рађати) је процес при коме се и оплођење и развиће ембриона обављају ван тела мајке, у спољашњој средини (рибе, водоземци).

Ововивипарност (лат. *ovum* – јаје; *vivum* – жив; *parere* – рађати) је процес при коме се и оплођење и развиће ембриона одвијају у телу мајке. Међутим, ембрион се храни жуманцетом јајне ћелије (јајета) тако да је потпуно независан од метаболизма мајке. По завршеном ембрионалном развићу ембрион излази из јајета још док је у телу мајке тако да женка рађа живе младунце (поједини гмизавци).

Вивипарност (лат. *vivum* – жив; *parere* – рађати) је процес при коме се и оплођење и развиће ембриона обављају у телу мајке. За разлику од ововивипарних ембриона, вивипарни ембриони храну примају од мајке преко плаценте (плацентални сисари).

Код сисара **оплођење** се одвија у полним одводима женке (јајоводима). Када сперматозоид додирне спољашњу мембрану јајне ћелије, у њему долази до акрозомске реакције. Ова реакција се испољава тако што се акрозом издужује у виду цеви и ослобађа ензиме који на месту контакта разлажу мембрану јајне ћелије. Чим први сперматозоид додирне јајну ћелију, у самој јајној ћелији долази до кортикалне реакције. Наиме, за спољашњу мембрану јајне ћелије причвршћене су везикуле (кесице) са гранулама. Кортикална реакција представља прскање тих везикула и ослобађање гранула. Грануле упијају воду, бубре и стварају заштитни омотач који спречава продор осталих сперматозоида у јајну ћелију. На месту додира сперматозоида и јајне ћелије образује се пехарасто испупчење (фертилизациона купа) којим се сперматозоид обухвати и потом увлачи у унутрашњост јајне ћелије. До ове реакције долази само у случају када се рецептори на спољашњој мембрани јајне ћелије биохемијски подударају са рецепторима на мембрани сперматозоида. Тиме се спречава да дође до спајања гамета индивидуа које припадају различитим врстама.

3.6. ЕМБРИОГЕНЕЗА

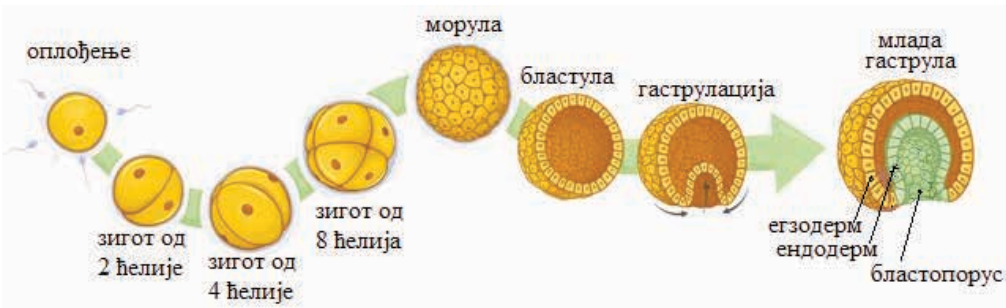
Једра сперматозоида и јајне ћелије који су се спојили су хаплоидна и називају се пронуклеуси. Након фузије гамета, у оба пронуклеуса долази до репликације ДНК тако да сваки хромозом има две хроматиде. Након тога долази до приближавања два пронуклеуса, до разлагања њихових мембрана, мешања њихових хромозома и формирања новог, диплоидног једра. То је тренутак када настаје **зигот** и почиње прва митотичка деоба. Пошто јајна ћелија сисара нема центриоле, деобно вретено образују центриоле сперматозоида.

Зигот након прве деобе има две ћелије које се називају **бластомере**. Њиховим даљим деобама увећава се број бластомера на 4, 8, 16 и више. На тај начин образује се **ембрион**. После неколико узастопних деоба бластомера ембрион добија облик **моруле** (дудиње). Након тога наступа стадијум **бластуле**. Бластула се састоји од бластоцела – дупље испуњене течношћу и бластодерма – површинског слоја епителних ћелија који обавија

дупљу. Развојем још једног слоја ћелија наступа стадијум **гаструле**. Процес формирања гаструле назива се гаструлација. Гаструла је у почетку двослојна, а потом и трослојна. Слојеви гаструле називају се **клицини листићи**. Они представљају основу од које ће настати органи ембриона.

У процесу **гаструлације** прво долази до редукције примарне телесне дупље – бластоцела, али паралелно са тим настаје једна нова дупља коју називамо **гастроцел** или примарна цревна дупља. Она комуницира са спољашњом средином преко отвора званог **бластопорус** (Сл. 44). Функционално представља како усни, тако и анални отвор. Инвагинацијом бластоцела даље се ствара пехараста творевина састављена од два слоја ћелија који интимно належу један на други. Спољашњи слој је означен као **ектодерм**, а унутрашњи као **ендодерм**. Оба слоја заједнички представљају примарне клицине листиће. Трећи клицин листић означен је као **мезодерм**. Он се развија између ектодерма и ендодерма.

Слика 44. Ембриогенеза кичмењака



Три клицина листића, ектодерм, мезодерм и ендодерм, представљају основу за развој органа у даљем току развића. Код кичмењака, диференцирањем ћелија **ектодерма** настају нервни, кожни и епителијални систем, чулни органи, задње црево итд. Диференцирањем ћелија **ендодерма** настају гастроинтестинални и респираторни систем, ендокрине жлезде и органи (јетра и панкреас). Диференцирањем ћелија **мезодерма** настају скелетни, мишићни, крвни и полни систем, везивна и екскреторна ткива. У средини ембриона између две мезодермалне групе ћелија, формира се нотохорда – структура састављена од мезодермалних ћелија дуж ембриона. Нотохорда служи као стуб око кога се групишу друге мезодермалне ћелије да би формирале кичмени стуб тако да је нотохорда претеча кичменог стуба.

3.7. ПРАВИЛА НАСЛЕЂИВАЊА

Генотип и фенотип

У генетици се често користе термини геном, генотип и фенотип.

Геном је свеукупност гена и генетичких комбинација у полним ћелијама.

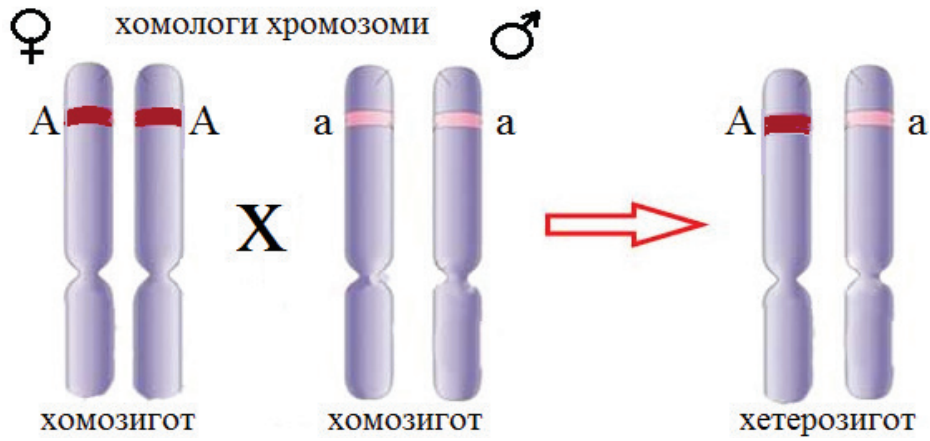
Генотип је свеукупност гена и генетичких комбинација у телесним (соматским) ћелијама. Генотип зигота насталог спајањем полних ћелија родитеља, садржи пропорционално једнак број мајчиних и очевих гена с том разликом што су се ти гени другачије искомбиновали у генотипу зигота (потомка).

Фенотип је скуп свих уочљивих особина једног организма које су производ заједничког интерактивног деловања генотипа и фактора спољашње средине у којој се организам развија. Овај појам обухвата биохемијске и физиолошке особине организма, његов облик и структуру, његове развојне фазе, његово понашање и резултате понашања.

Генски алели, хомозиготи и хетерозиготи

Схватање о наслеђивању особина предака било је врло нејасно све до појаве Грегора Мендела (1822–1884). У периоду пре њега сматрало се да је наследни материјал садржан у течностима родитеља тако да није могуће предвиђање потомачких особина. Међутим, Мендел је у науку увео генетички експеримент као методски приступ који му је омогућио утврђивање правила партикуларног наслеђивања. Кроз контролисана укрштања различитих чистих сорти домаћег грашка, Мендел је систематизовао прва научна сазнања о правилима наслеђивања родитељских особина. Иако није познавао природу и структуру ДНК, кроз свој рад успео је да дефинише хомозиготне и хетерозиготне организме, доминантне и рецесивне карактеристике организама и основне законе наслеђивања базиране на математичким моделима. Због тога Мендела можемо сматрати родоначелником генетике која се тек касније развила као самостална биолошка дисциплина, нарочито онда када је наследни материјал постао видљив захваљујући новим генерацијама микроскопа.

Слика 45. Настанак хетерозиготне јединке за одређену особину



Као што смо навели у тексту о ћелијској деоби, сврха мејозе није само редукција броја хромозома у полним ћелијама, него и рекомбинација генетичког материјала садржаног у хромозомима оба родитеља. У профази прве мејотичке деобе сваки хромозом дели се на по две сестринске хроматиде. Потом долази до спаривања (коњугације) хомологих хромозома (једног који потиче од мајке и једног који потиче од оца). На тај начин настају хромозоми познати као биваленти или тетраде јер садрже по четири хроматиде (две сестринске хроматиде од мајке и две сестринске хроматиде од оца). Даље наступа физичка размена делова хромозома између несестринских хроматида хомологих хромозома (између мајчиних и очевих хроматида). Током овог процеса који је познат и као *Crossing over*, фрагменти мајчиног хомологог хромозома одлазе у очев хомолог хромозом и обрнуто (Сл. 45). На тај начин увећава се база генетичке разноврсности популације и врсте у целини.

Ген представља фрагмент ланца ДНК. Ген који је одговоран за одређену информацију увек се налази на истом месту у хромозому. То место назива се **генски локус**. Ген који одређује неку особину заузима исто место (исти локус) на хомологим хромозомима оба родитеља. У природи се догађа да дође до промене (мутације) одређеног гена. То значи да се услед мутације неког гена на одређеном локусу хомологих хромозома могу наћи различити облици конкретног гена. Такви различити облици постојања једног гена представљају **алеле** тога гена. Алели дакле, настају из једног јединственог дивљег гена. За неке гене није познато да мутирају, па кажемо да се јављају у облику једног алела, тј. да су **мономорфни**.

Али има и таквих гена који мутирају и јављају се у облику два или више алела. Различите мутиране форме дивљег гена називају се мултипни алели. Гени који се јављају у облику више алела су **полиморфни**. У току размене генетичког материјала (*Crossing over*) између два хомолога хромозома који на истом локусу имају ген у облику два алела, могуће су две варијанте у генетичкој структури новонасталог зигота. У првом случају, ако се деси да се на истом локусу хомологих хромозома нађу гени идентичне структуре (АА или аа), новонастала јединка биће **хомозиготна** за тај пар гена. У другом случају, ако се деси да се на истом локусу хомологих хромозома нађу гени који се појављују у облику два алела (Аа), новонастала јединка биће **хетерозиготна** за тај пар гена.

Код доминантног наслеђивања какво је описао Мендел, у случају полиморфних гена који се јављају у облику два или више алела, алели су доминантни (А) и рецесивни (а). Доминантни су они алели који су функционални и имају већу изражајност и пробојност. **Доминантно наслеђивање** везано је за доминантан алел који се идентично фенотипски испољава и када је у хомозиготном (АА), и када је у хетерозиготном (Аа) стању. Овакав алел иницира синтезу специфичног протеина који доводи до испољавања одређене особине тако да је довољно присуство само једног доминантног алела (АА или Аа) да би се та особина испољила фенотипски. **Рецесивно наслеђивање** везано је за рецесивни алел (а) који је нефункционалан јер не утиче на синтезу специфичног протеина. Овакво наслеђивање доводи до испољавања алтернативне особине само у случају када се рецесиван алел нађе у хомозиготном стању (аа).

Током својих експеримената Мендел је пратио наслеђивање оних фенотипских особина које се алтернативно испољавају (нпр. бео или љубичаст цвет, гладак или наборан плод). При оваквом проучавању алтернативних особина углавном је примењивао методу вештачке хибридизације.

Хибридизација представља спајање мушког и женског гамета две индивидуе које поседују чист генотип под условом да је тај генотип специфичан за популације (линије) којима припадају дотичне индивидуе. То значи да се код предака сваке од ових индивидуа кроз низ генерација идентично понавља нека специфична фенотипска особина. Генетски чисте јединке које се међусобно укрштају представљају родитељску или паренталну генерацију. Ту генерацију обележавамо латиничним словом P. Непосредно потомство добијено укрштањем паренталне генерације представља прву филијалну генерацију (F1). За разлику од паренталне генерације, представници F1 генерације нису генетички чисти када је у питању конкретна особина која

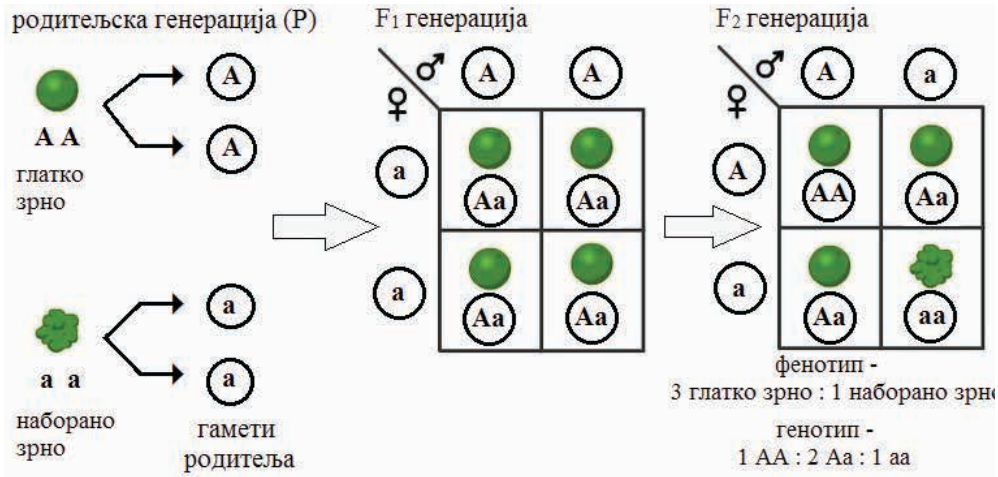
се прати. Генотип F1 генерације је мешовит, састављен од гена који воде порекло од оба родитеља. Таква јединка која има генотип искомбинован од генотипа родитеља, назива се хибрид. **Хибрид** је према томе, производ укрштања два генетски чиста родитеља. Међусобним укрштањем јединки F1 генерације настаје друга филијална генерација (F2) и тако редом.

Потпуно доминантно-рецесивно монохибридно наслеђивање

Потпуно доминантно-рецесивно монохибридно наслеђивање представља наслеђивање одређене алтернативне особине коју контролише један пар алелног гена код кога је један алел доминантан, а други алел рецесиван. На пример, током својих експеримената Мендел је одгајио две чисте сорте грашка када је као критеријум узет облик његовог зрна. Једна сорта је у свакој генерацији имала глатко зрно, а друга сорта наборано зрно. Биљке такве две сорте које припадају паренталној генерацији (P), укрштао је међу собом. Резултат укрштања било је потомство (F1 генерација) са такође глатким зрном. То значи да се код доминантно-рецесивног монохибридног наслеђивања у F1 генерацији испољава особина само једног родитеља, и то оног код кога ту особину одређује доминантан генски алел. Особина другог родитеља коју одређује рецесиван алел, у F1 генерацији се фенотипски не испољава. Новонастали организми који припадају F1 генерацији су доминантни хетерозиготи (Aa) који имају исту фенотипску особину (глатко зрно), а који у односу на овај ген продукују два типа гамета (A и a). Иако се рецесиван алел у F1 генерацији фенотипски не испољава, он се не губи из генотипа јединке и популације (Сл. 46).

У наставку Менделовог експеримента, даљим међусобним укрштањем биљака F1 генерације добијено је потомство F2 генерације. Ову другу генерацију чиниле су биљке грашка како са глатким зрном (доминантна карактеристика), тако и са набораним зрном (рецесивна карактеристика). Однос између ова два фенотипа у F2 генерацији износио је 3:1 у корист биљака са глатким зрном (Сл. 46). То значи да је за разлику од F1 генерације чији су потомци идентични када је у питању облик зрна, у F2 генерацији дошло до одвајања прародитељских особина. При томе, 3/4 индивидуа које поседују доминантан алел који одређује глатко зрно, нису подједнаке генетске чистоће. Само 1/3 њих је хомозиготна (AA), а остале 2/3 су хетерозиготне (Aa), мада се то по њиховом изгледу не може утврдити. Када је у питању рецесиван алел, упркос томе што је његово присуство пригушено, он није изгубљен и фенотипски се испољава када се нађе у хомозиготном рецесивном стању (aa).

Слика 46. Шема потпуно доминантно-рецесивног монохибридног наслеђивања



Из оваквих експеримената проистекли су прво и друго Менделово правило наслеђивања. Прво је правило раздвајања алела, а друго је правило слободног комбиновања алела при образовању гамета.

На питање која је улога доминантног алела (A) у одређивању облика зрна грашка, одговор је дала савремена наука. Наиме, доминантан алел (A) кодира ензим који катализује претварање стахиозе у скроб. Стахиоза је получврсти угљени хидрат који представља један од међупродуката у синтези скроба. Када се доминантан алел нађе у хомозиготном или хетерозиготном стању (AA или Aa), у зрну се синтетише и нагомилава скроб тако да је оно глатко. Рецесиван алел (a) је настао мутацијом доминантног алела (A). Он није способан да кодира ензим који катализује процес претварања стахиозе у скроб. Због тога, када се рецесиван алел нађе у хомозиготном стању (aa) одсуствује синтеза скроба. У том случају у зрну грашка се депонује само стахиоза, па је оно наборано.

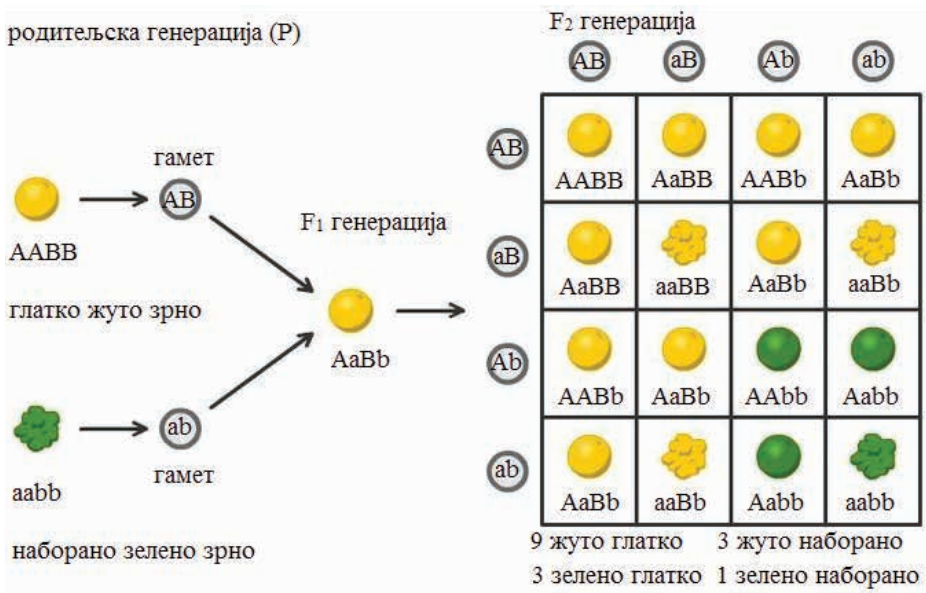
Један од честих примера који се наводи за људске популације када је реч о доминантно-рецесивном монохибридном наслеђивању је Rh систем крвних група. Овим системом управља ген са два алелна облика – доминантним (D) и рецесивним (d). Доминантан алел (D) одређује синтезу антигена D, док је рецесиван алел (d) нефункционалан. Ако се на хомологим хромозомима неке особе налази доминантан алел у хомозиготном (DD) или хетерозиготном (Dd) стању, ствара се антиген D и таква особа има Rh+ крвну групу. С друге стране, ако се на хомологим хромозомима налази рецесиван алел у хомозиготном стању (dd), антиген D се не ствара и таква особа има Rh- крвну групу.

Потпуно доминантно-рецесивно дихибридно наслеђивање

Потпуно доминантно-рецесивно дихибридно наслеђивање је процес наслеђивања две алтернативне особине које контролишу два посебна гена од којих сваки понаособ образује два алела – доминантан и рецесиван. Потомци настали укрштањем две различите хомозиготне индивидуе код којих једновремено изучавамо наслеђивање две различите особине, представљају дихибриде.

Закономерности дихибридног укрштања Мендел је проучавао такође изводећи експерименте са грашком. Он је у својим огледима користио две хомозиготне биљке – доминантан хомозигот и рецесиван хомозигот. Прва биљка имала је зрна жуте боје и глатке површине, а друга биљка зрна зелене боје и наборане површине. Показало се да су жута боја зрна и глатко зрно доминантне особине (одређују их доминантни алели), а зелена боја зрна и наборано зрно рецесивне особине (одређују их рецесивни алели). Ако се код првог родитеља доминантан алел за жуту боју обележи са А, а доминантан алел за глатко зрно са В (Б), наследна основа за ова два алела доминантног родитеља била би ААВВ. Ако се код другог родитеља рецесиван алел за зелену боју обележи са а, а рецесиван алел за наборано зрно са b, наследна основа за ова два алела рецесивног родитеља била би aabb (Сл. 47).

Слика 47. Шема потпуног доминантно-рецесивног дихибридног наслеђивања



Код оваквог укрштања потомци F1 генерације представљају доминантне двоструке хетерозиготе међусобно потпуно истоветне. То значи да и у овом случају долазе до изражаја правило униформности и доминације. Због тога представници F1 генерације имају жуто зрно глатке површине, односно, фенотип доминантног родитеља. Што се генотипа тиче, он садржи како доминантне, тако и рецесивне алеле родитеља.

Укрштањем биљака F1 генерације настаје F2 генерација чији представници садрже 16 комбинација алела од којих се неки понављају. У целој генерацији има 9 врста генотипова у односу на ове две фенотипске особине. Од 9 врста генотипова 4 су хомозиготи (у табели на сл. 47 дијагонално су поређани с десна на лево), а 5 су хетерозиготи. Ових 9 врста генотипова образује четири врсте гамета: AB, Ab, aB и ab. Наведени гамети спајањем дају четири фенотипа: глатко жуто зрно, глатко зелено зрно, наборано жуто зрно и наборано зелено зрно. Наведени фенотипови су у међусобном односу 9:3:3:1. То значи да од 16 јединки 9 има семе жуте боје и глатке површине, 3 имају семе жуте боје и наборане површине, 3 имају семе зелене боје и глатке површине, а само један има изражене обе рецесивне особине, тј. семе зелене боје и наборане површине.

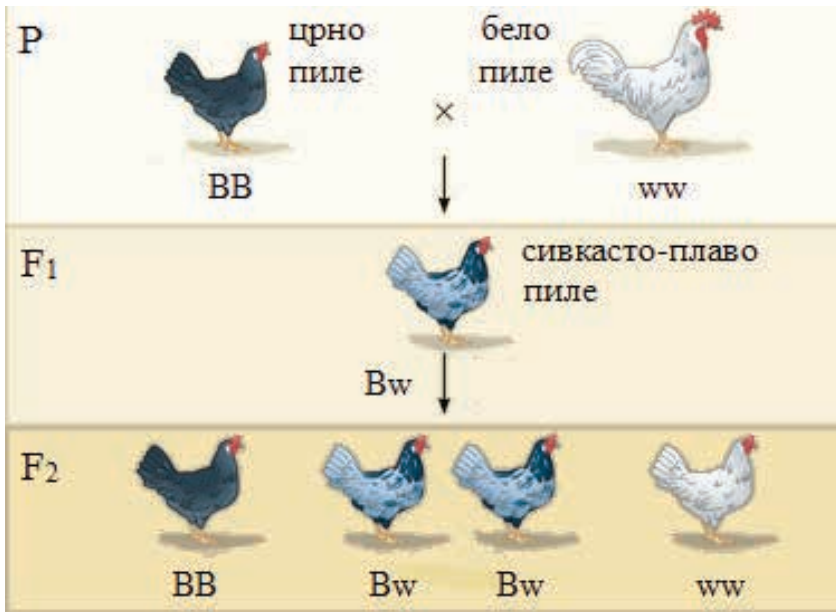
Проучавањем хомозиготних јединки, долази се до закључка да су две истоветне са прародитељским облицима. То су јединке чија је комбинација алела AABB и aabb. Остале хомозиготне јединке чија је комбинација алела AAbb и aaBB су јединке са потпуно новим комбинацијама у генотипу. Оне настају слободним и независним комбиновањем наследних фактора за боју и облик семена.

Поред монохибридног и дихибридног укрштања, Мендел је у својим експериментима проучавао и полихибридно укрштање током кога је пратио наслеђивање и комбиновање већег броја особина. Логично је било очекивати да ће током полихибридног укрштања број генотипских и фенотипских комбинација хибридних потомака бити још већи. Опште правило је да ако са n означимо број особина чије наслеђивање пратимо, број могућих фенотипских комбинација у F2 генерацији износи 2^n, док је број могућих генотипова 3^n.

Непотпуно доминантно (интермедијарно) наслеђивање

Током својих експеримената Мендел је бирао биљке чије су алтернативне особине могле лако да се прате. Међутим, иза многих фенотипских особина стоје компликованији обрасци наслеђивања од оних које је проучавао Мендел.

Слика 48. Шема интермедијарног укрштања



Поред описаног потпуног доминантно-рецесивног наслеђивања, у природи је још чешће непотпуно доминантно или **интермедијарно наслеђивање**. Код интермедијарног наслеђивања, како доминантан, тако и рецесиван алел су функционални у синтези специфичних протеина. Због тога хетерозиготи F1 генерације имају фенотип чија конкретна особина представља средину између фенотипова два хомозиготна родитеља. На пример, код андалузијске расе пилића ако у паренталној (P) генерацији дође до укрштања хомозиготног црног (BB) и хомозиготног белог (ww) родитеља, у F1 генерацији појавиће се хетерозиготно интермедијарно потомство (Bw) сивкасто-плаве боје перја. Укрштањем хетерозигота F1 генерације, у F2 генерацији биће присутно црно (BB), интермедијарно сивкасто-плаво (Bw) и бело потомство (ww), и то у односу 1:2:1 (Сл. 48).

Дакле, у овом случају се испољавају три фенотипа при чему је фенотип који је одређен хетерозиготним генотипом (Bw) интермедијаран. Због тога по општој дефиницији, интермедијарно наслеђивање се испољава када се доминантан алел нађе у хетерозиготном стању (Bw).

Пример за овај тип наслеђивања је и наслеђивање структуре косе код човека. Равна коса одређена је паром доминантних алела (RR – доминантан хомозигот), док је коврџава коса одређена паром рецесивних алела (kk – рецесиван хомозигот). Таласаста коса је међупродукт и одређена је хетеро-зиготним генотипом (Rk).

Кодоминантно наслеђивање

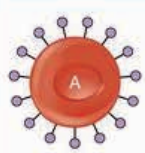
Кодоминантно наслеђивање је присутно када се један ген налази у облику два доминантна алела који се налазе на пару хомологих хромозома. Пошто су оба алела доминантна, и један и други се у потпуности фенотипски изражавају тако што истовремено контролишу стварање две различите варијанте неког протеина. Другим речима, кодоминантно наслеђивање се јавља када су доприноси оба алела видљиви у фенотипу и ни један алел не маскира други.

Типичан пример кодоминантног наслеђивања је наслеђивање одређене крвне групе АБО (ABO) система (Сл. 49). У зависности од тога да ли се на еритроцитима налазе специфични протеини, крв се дели на четири крвне групе – А, В, АВ и О. Ове крвне групе одређује ген који има три алела – А, В и О. Доминантан алел А управља синтезом гликопротеина аглутиногена А (антигена А), а доминантан алел В управља синтезом аглутиногена В (антигена В) на мембранама еритроцита. Када се алели А и В нађу у пару на хомологим хромозомима (генотип АВ), испољиће се дејство оба алела, односно особа ће имати и антиген А, и антиген В. Таква особа има крвну групу АВ. Алел О је рецесиван јер нема способност управљања синтезом антигена. Дакле, алели А и В су међусобно кодоминантни, а истовремено су оба ова алела доминантна у односу на алел О ((A=B)>O).

Слика 49. Шема наслеђивања АВО система крвних група

Комбинације генотипова родитеља		Могуће комбинације генотипова потомка	Могуће крвне групе потомака
ОО	ОО	ОО	О
ОО	АО	ОО; АО	О; А
ОО	АА	АО	А
ОО	ВО	ОО; ВО	О; В
ОО	ВВ	ВО	В
АА	АА	АА	А
АА	АО	АА; АО	А
АО	АО	АА; АО; ОО	А; О
ВВ	ВВ	ВВ	В
ВВ	ВО	ВВ; ВО	В
ВО	ВО	ВВ; ВО; ОО	В; О
В	АВ	АА; ВВ; АВ	А; В; АВ

Слика 50. Разлика између крвних група АВО система

	A	B	AB	O
еритроцити				
антитела у крвној плазми	 анти-В	 анти-А		 анти-В анти-А
антигени на еритроцитима	антиген А	антиген В	 антиген А и В	
крвне групе конпатабилне за трансфузију	А; О	В; О	А; В; АВ; О универзални прималац	О универзални давалац

Сва три наведена алела могу да се искомбинују тако да образују шест различитих генотипова – АА, АО, ВВ, ВО, АВ и ОО. Ових шест комбинација генотипова даје четири фенотипа – особе крвне групе А, В, АВ и О (Сл. 50). Особа која има генотип АА или АО има крвну групу А јер се на њеним еритроцитима налази антиген А. Особа која има генотип ВВ или ВО има крвну групу В јер се на њеним еритроцитима налази антиген В. Особа крвне групе АВ има и антиген А, и антиген В. Крвну групу О одређује рецесиван хомозигот ОО тако да особа ове крвне групе на еритроцитима нема ни један антиген (али зато у плазми има антитела). Последица ове појаве је да особа крвне групе О може да прима крв само особе своје крвне групе. С друге стране, особа крвне групе АВ не може да даје крв особама са другим крвним групама, али зато може да прима њихову крв. Стога, за О групу се каже да је универзални давалац крви, а за групу АВ се каже да је универзални прималац.

Полигенско наслеђивање

Полигенско наслеђивање је појава наслеђивања при којој једну особину контролише већи број гена. Они се у том случају називају полигени, а оваква особина назива се полигенска. Код човека полигенске особине су висина и маса тела, обим појединих делова тела, дужина руку и ногу, боја коже, косе и очију, интелигенција итд. На пример, у генотипу човека присутна су два основна гена која одређују боју очију, али најмање још 14 других гена игра улогу у одређивању нијанси те боје. Такође код човека, полигенско наслеђивање испољава се и у наслеђивању предиспозиције за поједине болести и облике понашања (чир на желуцу, дијабетес, реуматоидни артритис, артеријску хипертензију, епилепсију, шизофренију, хомосексуалност, наркоманију, склоност ка криминалу итд.) (MacLeod & Sikora, 1984; Nussbaum et al., 2007).

Полигенско наслеђивање често се фенотипски испољава у интеракцији са факторима спољашње средине. У тим случајевима назива се мултифакторско наслеђивање. На пример, особа може имати генетску предиспозицију да није склона гојазности, али њена тежина ће у крајњем случају зависити од исхране и вежбања. Болести и облици понашања наведени у претходном пасусу такође се испољавају у интеракцији са факторима средине, тако да се могу ублажити или избећи превентивним мерама.

На бази полигенског наслеђивања у савременој генетици све се чешће проучава полигенски скор ризика или полигенски индекс (*Polygenic risk score* – PRS; *Polygenic index* – PGI) којим се процењује ефекат многих генетских варијанти на фенотип организама. Обично се израчунава као пондерисани

збир свих алела повезаних са конкретним особинама индивидуе. На овај начин даје се процена генетске предиспозиције индивидуе за одређену фенотипску особину, односно, процена вероватноће да индивидуа има конкретну особину само на основу генетичке основе, без узимања у обзир фактора околине. Процењени полигенски индекс све се шире користи у узгоју домаћих животиња и биљних култура, као и у медицини за процену фактора ризика за поједина оболења.

Наслеђивање везано за пол

Као што смо већ наводили, телесне ћелије имају диплоидан број хромозома. Диплоидан број представља две гарнитуре хромозома при чему једна гарнитура потиче од мајке, а друга од оца. Диплоидан број хромозома у телесним ћелијама човека износи 46. Распоређени су у 23 пара, једног од мајке, једног од оца. Од овог броја, 22 пара хромозома су такозвани **аутозоми**, а један пар представља полне хромозоме или такозване **гонозоме**. Код женског пола полни хромозоми су хомологи (XX), док су код мушког пола полни хромозоми нехомологи (XY). Када се након мејозе диплоидан број хромозома у полним ћелијама сведе на хаплоидан, јајне ћелије обавезно имају X полни хромозом, а сперматозоиди X или Y полни хромозом. X хромозом носи особине женског пола, а хромозом Y особине мушког пола. У зависности који сперматозоид оплоди јајну ћелију, новонастали зигот може имати XX комбинацију хромозома (женског је пола) или XY комбинацију хромозома (мушког је пола).

Поред тога што одређују пол, гени полних хромозома одређују и друге фенотипске особине. На пример, код доминантног наслеђивања неке наследне болести везане су за X хромозом и то онда када се доминантан алел (A) који узрокује одређену болест, нађе у хетерозиготном стању (Aa). У том случају болест се може испољити и код жена, и код мушкараца. У случају рецесивног наслеђивања алел који је узрочник болести испољава се у хомозиготном стању (aa). Код женског пола рецесивни хомозиготи су ретка појава, док су код мушког пола много чешћа појава пошто мушки пол нема други X хромозом па се код њега рецесивне особине чешће испољавају. Уколико жена поседује такав рецесиван алел на једном од X хромозома, она је обично само преносилац тог алела. Болести које се најчешће манифестују код рецесивног наслеђивања су далтонизам (неспособност разликовања црвене, зелене или плаве боје), хемофилија (склоност крварењу услед поремећаја згрушавања крви) и Дишенова мишићна дистрофија.

3.8. МУТАЦИЈЕ

Биолошко наслеђивање заснива се на репликацији генетичког материјала и његовом верном преношењу са родитеља на потомке. На тај се начин обезбеђује интегритет и континуитет сваке органске врсте. Међутим, у различитим фазама ћелијске деобе, на нивоу генетичког материјала повремено се могу десити промене (грешке) тако се структура генетичког материјала потомака у одређеним нијансама разликује од родитељске. Ове промене се означавају као мутације. **Мутације** (лат. *mutatio* – промена) су дакле, спонтане или индуковане промене на нивоу гена и хромозома. Оне су основни извор варијабилности и еволуције живог света.

У зависности од тога у којим се ћелијама јављају, мутације могу да буду герминативне и соматске. **Герминативне** (полне) мутације се јављају у полним ћелијама што значи да се даље преносе на потомство. **Соматске** (телесне) мутације се јављају у соматским ћелијама што значи да се испољавају на фенотипу индивидуе, али се не преносе на потомство.

На основу величине генетичког материјала који је захваћен променама, мутације могу бити:

1) генске (тачкасте) мутације;

2) хромозомске мутације (аберације).

1) Генске мутације

Генске (тачкасте) мутације (лат. *mutatio* – промена, замена) представљају промене у редоследу нуклеотида на неком делу ДНК, односно делу одређеног гена. Када се једном појаве, оне се трајно задржавају и преносе на наредне генерације.

Промене редоследа нуклеотида, тачније, пуринских и пиримидинских база, доводе до измене кодона на иРНК, а то даље доводи до промена распореда аминокиселина у синтетисаном полипептидном ланцу. Овакве мутације најчешће не ремете метаболизам организма. Чак, могу да доведу до образовања нових доминантних и рецесивних алела и да на тај начин дају позитиван допринос укупној генетичкој варијабилности врсте. Међутим, поједине од њих су узрочници одређених ситнијих поремећаја и оболења.

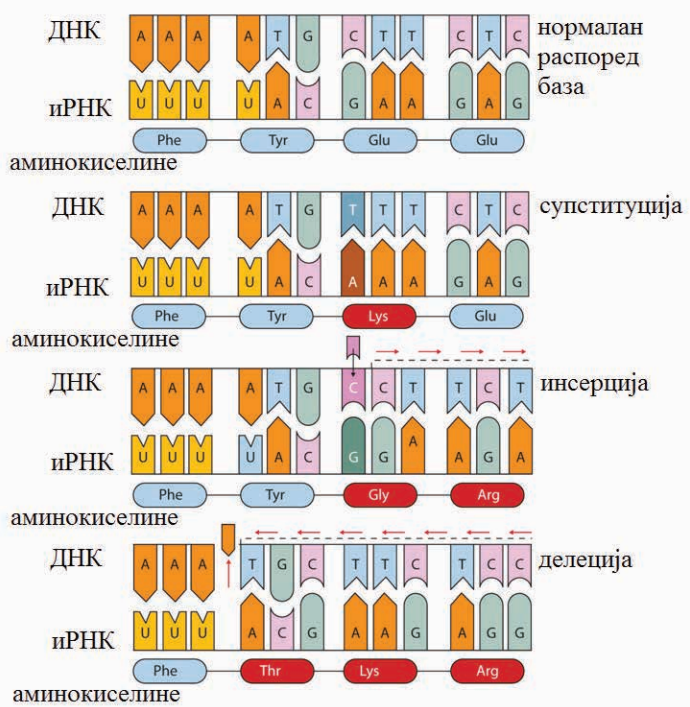
Разликује се неколико типова генских мутација (Сл. 51):

- **супституције** представљају замену једног нуклеотида и његовог парњака у комплементарном ланцу ДНК;
- **инсерције** представљају појаве уметања једног или већег броја нових нуклеотида у ланац ДНК;
- **делеције** представљају губитак једног или већег броја нуклеотида у ланцу ДНК.

Многе промене на нивоу генетичког материјала се не испољавају одмах фенотипски, него у некој од следећих генерација. То значи да је број мутација много већи од фенотипске разноликости организама унутар популације. Све оне мутације које се нису одмах изразиле фенотипски, него су скривене и налазе се у рецесивном облику, представљају **генетичке резерве**. До фенотипског испољавања мутација из генетичких резерви најчешће долази након рекомбинације наследног материјала родитеља. Уколико се нека мутација из генетичких резерви испољи фенотипски, то значи да конкретна фенотипска промена углавном није резултат нове, него старе мутације настале у некој од претходних генерација.

Генетичке резерве су веома значајне за популације, посебно у периодима када наступају крупније и дугорочније промене у окружујућој средини. Током ових промена фенотипско изражавање мутације из генетичких резерви може се показати штетним и довести до брже елиминације његових носилаца, али се понекад може показати и корисним, и на тај начин дати веће шансе за опстанак јединкама које их носе. Сагласно овоме, фенотипски испољене мутације могу допринети и дугорочно бољој прилагођености популација којима припадају јединке које их носе.

Слика 51. Генске мутације



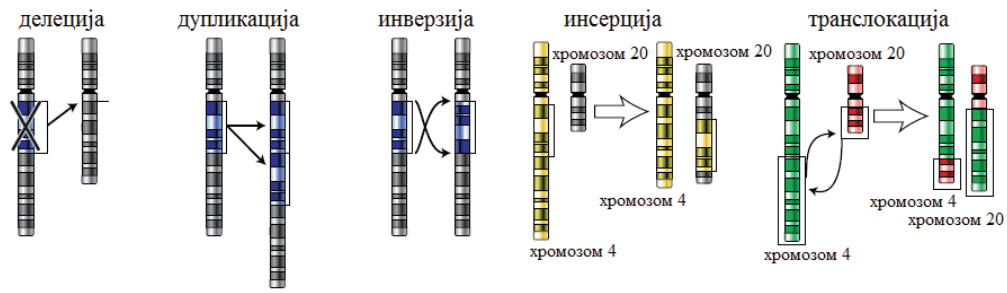
2) <u>Хромозомске мутације (аберације)</u>

Хромозомске мутације (аберације) (лат. *aberatio* – одступање од нормалног), представљају промену структуре или броја хромозома. На основу тога делимо их на структурне и на нумеричке аберације.

<u>Структурне аберације хромозома</u> могу бити (Сл. 52):

- **делеције** које представљају губитак одређеног сегмента хромозома;
- **дупликације** које представљају умножавање одређеног сегмента хромозома;
- **инверзије** које представљају прерасподелу генетичког материјала унутар једног хромозома;
- **инсерције** које представљају уметање сегмента једног хромозома у други нехомологи хромозом;
- **транслокације** које представљају прерасподелу генетичког материјала између нехомологих хромозома.

Слика 52. Структурне аберације хромозома



Наведене структурне аберације могу се јавити у било ком стадијуму митозе, мејозе и интерфазе. Уколико се појаве, у око 50% случајева разлог су за рани губитак плода. Јединке које преживе ембрионални и јувенилни стадијум, веома ретко доживе дубљу старост, између осталог и зато што ове аберације изазивају различита малигна оболења.

Када је реч о променама структуре хромозома, треба поменути и спонтане прекиде хромозома. До прекида долази јер поједини хромозоми имају осетљиве сегменте који се лако кидају. Код човека то су сегменти хромозома 2,10,11,12,17 и 20 (Jovičić & Vitas, 2015). Прекинути делови хромозома имају афинитет за међусобно спајање. У спајању прекинутих делова важни су системи поправке (репер системи). Међутим, ако не дође до поправке, прекинути делови без центромере се губе у следећим деобама што може имати теже последице по потомство.

Нумеричке аберације хромозома представљају промене броја хромозома или промене броја целих гарнитура хромозома у хаплоидним или диплоидним ћелијама. Уколико се појаве у хаплоидним (полним) ћелијама, утичу на промену целог генома, па се у том случају другачије називају **геномске мутације**.

Два основна облика нумеричких аберација су полиплоидија и анеуплоидија.

Полиплоидија представља увећање целих гарнитура хромозома. У случају полиплоидије полне ћелије имају више од једне, а соматске ћелије више од две гарнитуре хромозома. На пример, уколико у полним ћелијама дође до полиплоидије, односно, до дуплирања нормалног хаплоидног броја хромозома (n), онда гамет носи две хромозомске гарнитуре (2n). У случају да се овакав диплоидни гамет (2n) једног родитеља споји са нормалним

хаплоидним гаметом (n) другог родитеља, образоваће се триплоидни зигот (3n). Ако се по истом принципу споје два гамета од којих сваки грешком садржи увећан, диплоидни број хромозомских гарнитура (2n), настаће тетраплоидни зигот (4n). Оваквим спонтаним увећавањем броја хромозомских гарнитура гамета и њиховим спајањем у зигот, новостворени организми могу бити пентаплоидни (n + 4n), хексаплоидни (2n + 4n), октаплоидни (4n + 4n) итд. Од полиплоидних зигота обично се развија ембрион који се у многим особинама разликује од родитеља. Он код животиња није у могућности да преживи, док код биљака имамо случајеве преживљавања. Такве биљке су хибриди који обично имају крупније цветове и плодове. Уколико се полиплоидија појави у соматским ћелијама биљака, и уколико те ћелије узастопном деобама формирају органе за вегетативно (бесполно) размножавање, биљчице које настају оваквим вегетативним путем такође ће бити полиплоидне.

Анеуплоидија представља повећање или смањење основне гарнитуре за један или већи број хромозома од уобичајног броја хромозома који је карактеристичан за врсту.

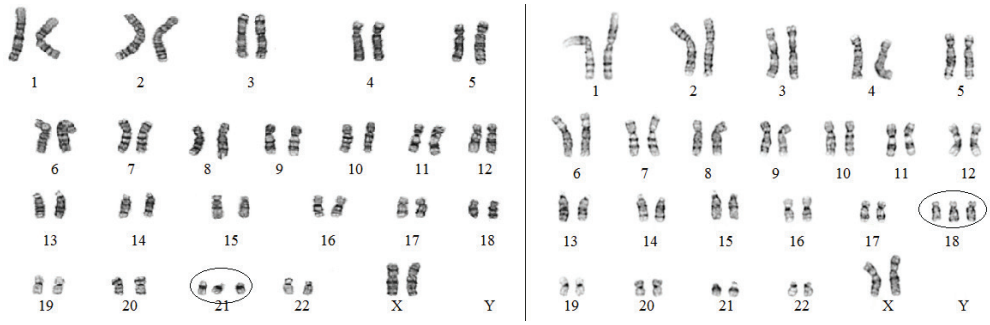
Сваки хромозом се у нормалним телесним ћелијама налази у пару тако да се назива дизомик (лат. *di* – два; *soma* – тело). Међутим, током редукционе деобе која претходи образовању гамета, може доћи до сметњи у функционисању деобног вретена или до неправилног раздвајања сестринских хроматида у анафази. У том случају може се десити да поједини гамети имају један или неколико хромозома више или мање. Спајањем таквог једног гамета са нормалним гаметом другог родитеља, настаје анеуплоидни зигот. Овакав зигот може бити монозомик (има један хромозом мање), тризомик (има један хромозом више), тетразомик (има два хромозома више) итд. На пример, човек у соматским ћелијама има 46 хромозома (23 пара). Ако се хаплоидни гамет једног од родитеља који има један хромозом у вишку, споји са нормалним хаплоидним гаметом другог родитеља, настаће зигот који ће имати кариотип са 47 хромозома (тризомик).

Појава анеуплоидије је узрочник извесног броја тешких синдрома код људи – Дауновог синдрома (трисомија XXI хромозома), Едвардсовог синдрома (трисомија XVIII хромозома), Патауовог синдрома (трисомија XIII хромозома) (Сл. 53) итд.

Поред спонтаних природних мутација, све је више мутација изазваних порастом утицаја мутагених фактора који су резултат антропогених активности. Мутагени фактори по својој природи могу бити биолошки, физички и хемијски. У биолошке мутагене факторе убрајамо вирусе и неке бактерије, као и токсине многих паразитских врста.

У физичке мутагене факторе убрајамо нејонизујуће и јонизујуће зрачење, док у хемијске мутагене факторе убрајамо природна и синтетичка хемијска једињења са којима смо на жалост, често у контакту.

Слика 53. Трисомија XXI и XVIII хромозома



БИЉНА ТКИВА

4. БИЉНА ТКИВА

Ткиво представља скуп ћелија које су истог порекла, облика, грађе и функције. Биолошка дисциплина која се бави изучавањем ткива назива се **хистологија** (гр. *histon* – ткиво; *logos* – наука). Ткива се групишу и граде органе. **Орган** (гр. *organon* – оруђе, инструмент) је група локализованих и организованих ткива која обављају једну или више специфичних функција. Органи који су међу собом физички и функционално повезани чине систем органа.

Најједноставнији степен организације тела биљака је **једноћелијски**. Код једноћелијских биљака ћелија је организам у малом који мора да обавља све животне функције. Оваква грађа специфична је за поједине групе алги. Сложенији степен организације тела биљака је **колонијални**. Колонијалне биљке налазимо међу зеленим алгама. Настају тако што након неколико узастопних деоба ћелија гради лабаве ћелијске скупине. Ћелије у скупини су повезане међу собом, али се могу и одвојити и даље наставити самосталан живот. Исте су грађе и функције, мада у неким колонијама могу обављати различите функције јер је дошло до поделе рада (*Volvox* sp.). Најсложенији степен организације тела биљака је **вишећелијски**. Ћелије вишећелијских биљака после деобе не одвајају се једне од других, него остају у вези. Граде већи број различитих ткива јер је међу њима дошло до диференцијације на основу изгледа и функције. Најједноставније вишећелијско тело имају вишећелијске алге. Њихово тело назива се **талус**, а оне су такозване **талофите**. Ћелије талофита су веома сличне међу собом, како по грађи, тако и по функцији. Знатно сложеније вишећелијско тело имају остале биљке – маховине, папрати, голосеменице и скривеносеменице. Њихово тело назива се **кормус**, а оне су такозване **кормофите**. Код кормофита је диференцијација ћелија на поједина специјализована ткива знатно израженија.

Ткива вишећелијских биљака се према пореклу и функцији деле на меристемска (творна) и на трајна ткива.

Меристемска (творна) ткива саграђена су од недиференцираних ћелија које се деле и дају трајна ткива.

Трајна ткива настају од меристемских ткива и састоје се од диференцираних ћелија које обављају одређену функцију. Углавном немају способност даље деобе.

4.1. МЕРИСТЕМСКА ТКИВА

Меристемска (творна) ткива састоје се од недиференцираних ембриоланих ћелија које се деле и дају трајна ткива. Сва меристемска ткива могу да буду примарна и секундарна.

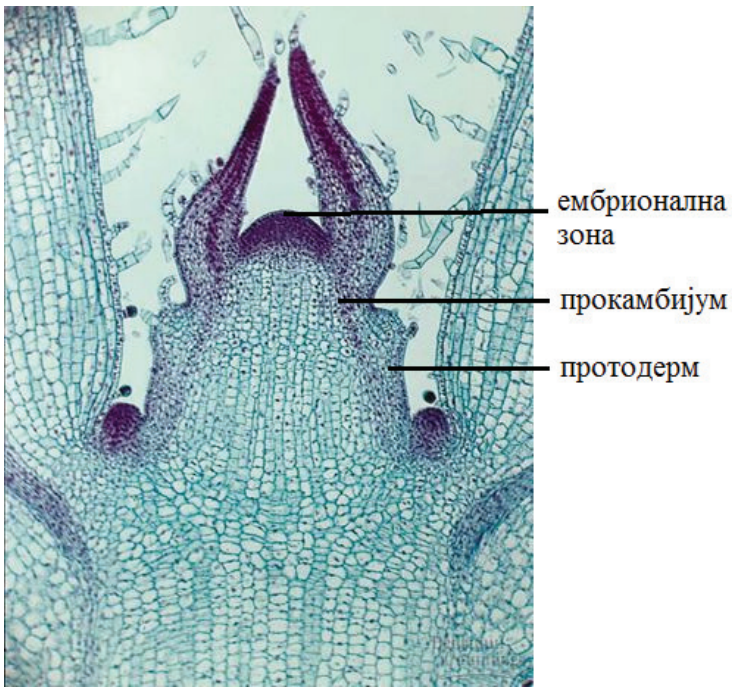
Примарна меристемска ткива воде порекло од ембриоланих ћелија које се током живота биљке задржавају углавном на врху стабла и на врху корена као такозвани апикални (вршни) меристеми који граде вегетациону купу стабла и вегетациону купу корена. Због тога биљке расту током читавог живота. У примарне меристеме спадају и уметнути меристеми.

Секундарна меристемска ткива не воде директно порекло од ембриоланих ћелија већ настају накнадном диференцијацијом секундарних, најчешће паренхимских ћелија које се брзо деле и дају одређена трајна ткива. У секундарне меристеме спадају фелоген плуте, фелоген лентицеле, камбијум и меристеми рана.

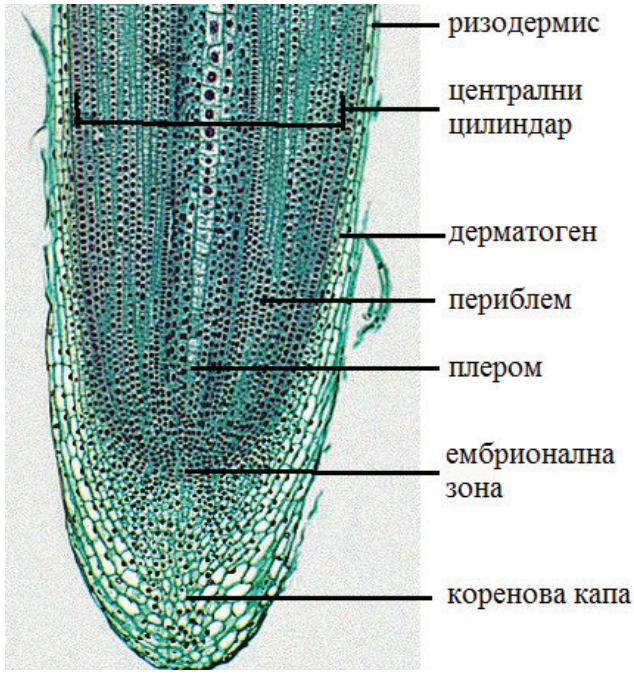
Вегетациона купа стабла је примарни апикални (вршни) меристем. То је зона интензивног раста биљке. У овој зони деобе и диференцијације ембриоланих ћелија, вегетациона купа стабла испод зоне ембриоланих ћелија састављена је од два слоја примарних ткива – протодерма и прокамбијума. **Протодерм** се састоји од недиференцираних ћелија које током даље деобе дају трајна ткива – епидермис (примарно покорично ткиво), стоме и највећу масу паренхимског ткива стабла које има различиту улогу (асимилациону, апсорпциону, за складиштење материја). **Прокамбијум** се такође састоји од недиференцираних ћелија које граде шупљи цилиндар. Деобом ћелија прокамбијума настају трајна механичка и проводна ткива (Сл. 54).

Вегетациона купа корена је такође примарни апикални меристем. Прекривена је кореновом капом или **калиптром** која је штити од механичких повреда током њеног пробијања кроз слојеве земљишта. Као и вегетациона купа стабла, и вегетациона купа корена дели се на одређене зоне – вршну ембрионалну зону, зону диференцијације и зону издуживања. Ћелије у зони диференцијације дају примарна ткива – **дерматоген, перибле**м и **плером**. Нешто даље од зоне диференцијације дерматоген прелази у ризодермис (покорично ткиво корена), а перибле м и плером у ткива централног цилиндра (централног дела корена) (Сл. 55).

Слика 54. Вегетациона купа стабла



Слика 55. Вегетациона купа корена



Уметнути (интеркаларни) меристеми су примарни меристеми који су уметнути између трајних ткива у зони чланака (нодуса) изданка при основи лисне дршке. Део су вегетационе купе стабла од које су их одвојила трајна ткива која су у међувремену набујала. И поред тога што су одвојени од вегетационе купе стабла, задржавају свој примарни карактер и деобама дају допринос у издуживању изданка.

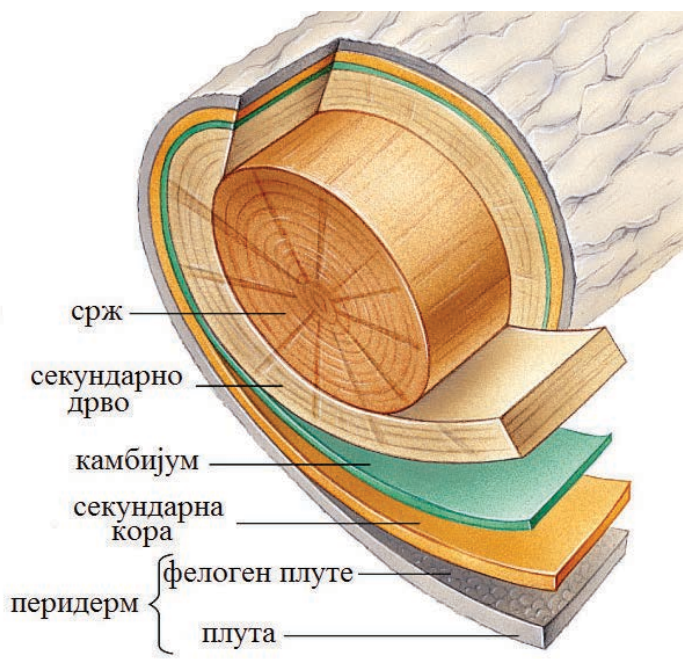
Фелоген плуте или плутин камбијум је секундарно бочно меристемско ткиво које настаје у примарној кори стабла (некад и корена) од недиференцираних ћелија примарне коре. Овај меристем на попречном пресеку стабла има облик периферног прстена који је смештен непосредно испод примарног покоричног ткива (епидермиса). Вишеструким тангенционалним деобама његових ћелија, према периферији настаје плута која представља секундарно покорично ткиво.

Фелоген лентицеле је секундарно бочно меристемско ткиво које настаје диференцијацијом паренхимских ћелија у области лентицела. Лентицеле су пукотине у кори стабла преко којих се врши размена гасова. Фелоген лентицеле је бочно спојен са фелогеном плуте, а нарочито је активан током пролећа када гради растресито ткиво за попуњавање лентицеле.

Ово растресито ткиво омогућава неометану размену гасова између биљке и атмосфере. Током јесени преко ткива за попуњавање се образује опна која затвара лентицеле штитећи биљке од исушивања у време зимских мразева. У пролеће фелоген лентицеле се поново активира, његове ћелије се деле и граде ново растресито ткиво за попуњавање лентицеле које истискује старо ткиво и опну. На овај начин, размена гасова преко лентицела поново се успоставља.

Камбијум је секундарно бочно меристемско ткиво које такође настаје накнадно од паренхимског ткива. На попречном пресеку стабла има облик прстена смештеног дубље у стаблу (Сл. 56). Узастопним тангенционалним деобама његових ћелија, према периферији стабла настају ткива секундарне коре, а према унутрашњости стабла настају ткива секундарног дрвета.

Слика 56. Положај фелогена плуте и камбијума у стаблу



Меристеми рана (трауматични меристеми) су секундарни меристеми који настају на местима повреде биљака углавном од паренхимских ћелија. Ове ћелије бујају и стварају ткиво калус које у виду чепа затвара рану. На тај начин спречава се сушење унутрашњих ткива биљке и продор паразита и патогена кроз рану.

4. 2. ТРАЈНА ТКИВА

4.2.1. ПАРЕНХИМСКО ТКИВО

Паренхимско ткиво чини основну масу биљака. Сва биљна ткива осим епидермског, урођена су у паренхимско ткиво. Паренхимске ћелије су лоптасте или цилиндричне, богате цитоплазмом, са по једном крупном вакуолом и танким ћелијским зидом. Имају способност да секундарно пређу у меристемска ткива и да накнадним деобама дају нова трајна ткива. Диференцирано паренхимско ткиво у зависности од улоге коју има, дели се на паренхим за апсорпцију, паренхим за фотосинтезу, паренхим за складиштење и проводни паренхим.

Паренхим за апсорпцију назива се и **ризодермис** (епидермис корена). Има улогу упијања воде и у њој растворених минералних материја из земљишта. Састоји се од слоја танкозидних ћелија са слузавим зидом који обавија површину младих бочних коренова. Поједине ћелије ризодермиса издужују се у коренске длачице тако да им се апсорпциона површина знатно повећава.

Поред ризодермиса апсорпциону улогу имају и нека друга ткива:

- **ризоиди** који се налазе код биљака које немају корен (маховине), а имају улогу упијања воде из подлоге;
- **длаке** за апсорпцију које налазе се на листовима неких биљака, а служе за упијање атмосферске воде;
- **хаусторије** које представљају ткиво паразитских биљака (вилине косице, имеле) којим оне апсорбују воду или органске материје из биљке на којој паразитирају.

Паренхим за фотосинтезу назива се и **хлоренхим**. Ћелије хлоренхима имају хлоропласте са зеленим пигментом хлорофилом тако да обављају фотосинтезу. Ово ткиво се углавном налази у листовима и младим зеленим стаблима. У листовима гради **мезофил** који је смештен између епидермиса (покоричног ткива) лица и наличја листа. Мезофил је код највећег броја листова подељен на **палисадно** и **сунђерасто** ткиво (Сл. 87).

Ћелије **палисадног ткива** налазе се ближе лицу листа. Цилиндричног су облика, присно спојене међу собом својим бочним странама, док су ужим делом ослоњене на епидермис и распоређене у једном или неколико слојева. У ћелијама палисадног ткива има више хлоропласта тако да је лице листа по правилу тамније зелене боје од наличја листа.

Ћелије **сунђерастог ткива** су ближе наличју листа. То је растресито ткиво које се састоји од ћелија различитог облика између којих се налазе интерцелуларне (међућелијске) шупљине. Код биљака сушних и осунчаних станишта боље је развијено палисадно ткиво, док је код биљака влажних и сеновитих станишта боље развијено сунђерасто ткиво.

Асимилационо ткиво изданака јавља се у младим изданцима. Углавном је смештено испод покоричног ткива, а чине га паренхимске ћелије у којима се налазе хлоропласти.

Паренхим за складиштење има улогу складиштења органских материја, воде или ваздуха. Од органских материја углавном се складиште скроб и липиди. Паренхим у коме се складиште ове материје најразвијенији је у кртолама, ризомима, луковицама, задебљалим кореновима, плодовима, семењу. Паренхим за складиштење воде назива се **хидренхим**. Састоји се од крупних лоптастих танкозидних ћелија у задебљалим стаблима или листовима сукулентних биљака (кактуса, алоје, агаве, чуваркуће). Паренхим за складиштење ваздуха назива се **аеренхим**. Ћелије су крупне и танкозидне, а између њих се налазе интерцелулари испуњени ваздухом. Ово ткиво налази се у листовима, стаблима, кореновима, ризомима, плодовима и семењу многих водених биљака.

Проводни паренхим учествује у транспорту воденог раствора органских и неорганских материја на мања растојања. Ћелијски зид и плазмалема проводних ћелија су веома наборани чиме се увећава њихова апсорпциона површина. Обично се налазе уз проводне снопиће и на њиховим завршецима.

4.2.2. МЕХАНИЧКО ТКИВО

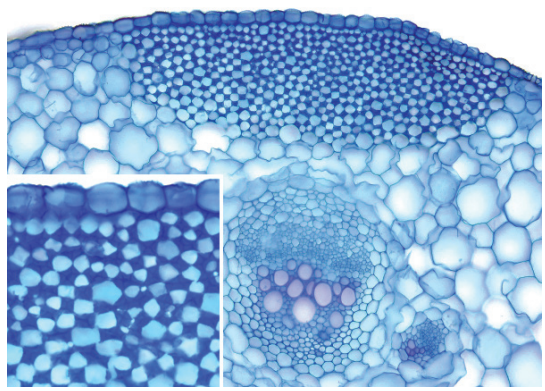
Механичко ткиво одржава облик и даје чврстину и потпору биљкама како би издржале ударе ветра и терет снега, грана, листова и плодова. Мада ћелијски зид и унутарћелијски притисак (тургор) омогућују чврстину појединим биљним деловима, то није довољно када се ради о крупнијим копненим биљкама. Због тога биљке имају и механичко ткиво које гради биљни скелет. Механичко ткиво чине **коленхим, склеренхим** и **склереиди**.

Коленхим се образује као примарно механичко ткиво младих биљака и у младим биљним органима. Обично се јавља у виду прстена или снопића испод епидермиса изданака, у лисним дршкама и листовима, око проводних снопића. Граде га издужене ћелије које су за разлику од других механичких ћелија, живе, испуњене цитоплазмом и богате водом. Њихов ћелијски зид је задебљао, грађен од више наизменичних слојева целулозе и пектина. Коленхимске ћелије су еластичне, а њихова дужина износи 1 до 2 mm.

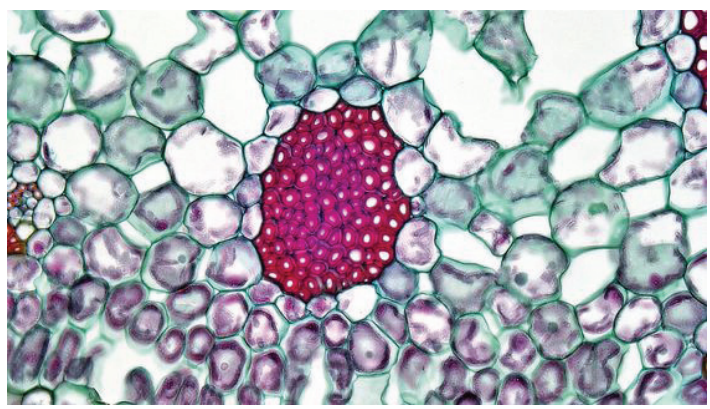
У зависности од тога како су задебљали зидови коленхимских ћелија, коленхим може бити **угласт** (ћелијски зид је задебљао по угловима ћелија), **плочаст** (задебљали су тангенционални ћелијски зидови) и **растресит** (налази се око интерцелулара) (Сл. 57).

Склеренхим је најзаступљеније механичко ткиво биљака. Даје механичку потпору деловима биљака који су завршили са растом. Граде га ликина и дрвена влакна. Ствара га камбијум (секундарни меристем) који на попречном пресеку стабла има изглед прстена смештеног дубље у стаблу. Попречним деобама ћелија камбијума настају ткива како према периферији стабла (са спољашње стране камбијума), тако и ткива ка центру стабла (са унутрашње стране камбијума).

Слика 57. Снопић угластог коленхима



Слика 58. Снопић склеренхима



Ликина влакна су издужене механичке ћелије зашиљене на крајевима. Могу достићи дужину до 2 mm, а у екстремним случајевима и знатно већу (код лана преко 6 cm, код конопље преко 7 cm). Ликина влакна расту на оба зашиљена краја и крајевима се утискују једно у друго градећи снопиће. У снопићима су ликина влакна чврсто збијена међу собом, веома еластична и способна да поднесу велика механичка оптерећења. Због интензивног дебљања ћелијских зидова, протопласт ликиних влакана брзо изумире. Тек након тога она почињу да обављају своју механичку улогу. Њихов ћелијски зид може бити целулозан као што је случај код примарних ликиних влакана, или може бити лигнификован (прожет лигнином) као што је случај код секундарних ликиних влакана. Ликина влакна се углавном налазе у секундарној кори биљака у виду трака или снопића (Сл. 58).

Дрвена влакна (либриформ) су издужене механичке ћелије зашиљене на крајевима и нешто краће од ликиних влакана. И ове ћелије почињу да обављају своју праву механичку функцију након изумирања протопласта. Протопласт изумире услед дебљања и лигнификације ћелијских зидова који постају непропустљиви. Дрвена влакна се углавном налазе у секундарном дрвету биљака, и то у виду снопића.

Склереиди су изодијаметричне ћелије са јако задебљалим зидовима. Обично се јављају појединачно, ређе у групицама или у виду ткива. Ткиво које је изграђено од склереида је тврдо и нееластично (коштице кајсије, шљиве или трешње, љуске лешника и ораха). Појединачно или у групицама појављују се и у паренхимским и проводним ткивима стабла, листова, корена или плодова. На пример, у плодовима дуње и крушке присутни су брахисклереиди (такозване камене ћелије), у листовима чаја присутни су астросклереиди, у семењачи пасуља и грашка присутни су цилиндрични макросклереиди.

4.2.3. ПОКОРИЧНО ТКИВО

Покорично ткиво налази се на површини биљака. Оно с једне стране штити унутрашња ткива биљака од механичких, физичких, хемијских и биолошких утицаја, а с друге стране омогућава размену материја са спољашњом средином.

Покорично ткиво чине **епидермис, перидерм** и **мртва кора**. У овим ткивима налазе се и ткива за промет гасова – стоме и лентицеле.

Епидермис је примарно покорично ткиво које обавија све једногодишње биљке и зељасте делове вишегодишњих биљака (младе изданке, пупољке, листове, цветне делове, плодове). Поред типичних епидермских ћелија, овом ткиву припадају и специјализоване ћелије. То су длаке, као и ћелије затварачице и ћелије помоћнице стоминог апарата.

Епидермис се може јавити у једном или више слојева. Гледано одозго, епидермске ћелије имају таласасте зидове (Сл. 59). На попречном пресеку оне су четвороугаоне, са задебљалим периферним зидовима. Спољашњи зидови епидермиса су често прекривени кутикулом, воштаним превлакама, длакама и минералима (Сл. 60).

Кутикула је најразвијенија на епидермису биљака сушних и топлих области, док одсуствује на епидермису водених биљака. Такође, налази се на површини многих плодова (грожђе, јабука, паприка...). У слојеве кутикуле често се умећу воштани слојеви који као и кутикула, смањују прекомерну транспирацију, спречавају дуго задржавање кишних капи или полагање јаја од стране инсеката.

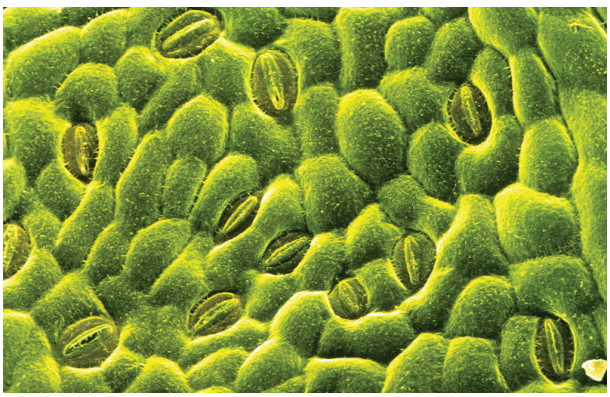
Минерали на површини епидермиса ($CaCO_3$, SiO_3, NaCl), представљају сувишне продукте метаболизма, али имају и улогу у механичкој заштити, као и у спречавању животиња да се хране појединим биљним деловима као што су листови.

Длаке (трихоме) настају од епидермских меристемоида који представљају разбацане групице или појединачне меристемске ћелије. Оне су различите по облику, величини, грађи и функцији. Могу бити једноћелијске или вишећелијске, живе или мртве, разгранате или неразгранате. На лицу неких листова налази се бели длакав омотач који има улогу у одбијању светлости и спречавању прегревања листова. Извесне биљке имају жлездане длаке са заштитном улогом.

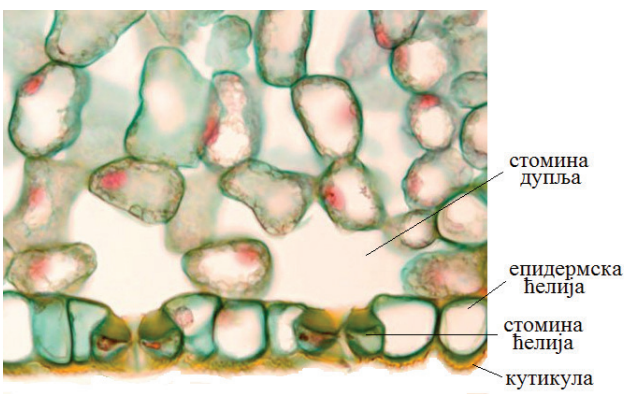
Емергенце представљају епидермалне творевине које имају првенствено заштитну функцију. Јављају се код неких биљака (ружа, малина, купина...) и подсећају на трнове, али за разлику од трнова немају правилан распоред.

Стомин апарат такође је смештен у епидермису (гр. *stoma* – уста). Његова улога је размена гасова са атмосфером и избацивање водене паре из биљке у процесу транспирације. Овај апарат састоји се од две стомине ћелије (ћелије затварачице) и ћелија помоћница које се налазе око њих. **Стомине ћелије** су живе, испуњене хлоропластима, најчешће пасуљастог облика (Сл. 59). Њихови ћелијски зидови су неравномерно задебљали. Обично су дебљи са трбушне (вентралне) стране, односно стране којом су стомине ћелије окренуте једна према другој и повезане својим крајевима. Ћелијски зидови са леђне (дорзалне) стране су тањи.

Слика 59. Стомине ћелије гледане одозго



Слика 60. Попречни пресек кроз стомине ћелије



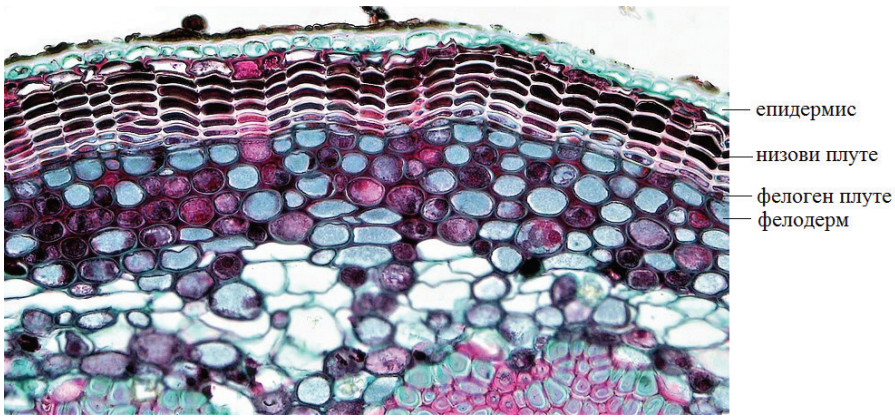
Између стоминих ћелија налази се стомин отвор остиолум који води у стомину дупљу (Сл. 60). Отвореност остиолума зависи од тургоровог притиска који делује на унутрашњи део мембрана стоминих ћелија. Преласком скроба у шећер, у стоминим ћелијама долази до интензивнијег везивања воде и повећања унутарћелијског тургора. У том случају лећни зидови као тањи, истежу се и повлаче задебљале трбушне зидове. На тај начин долази до размицања стоминих ћелија и отварања стоминог отвора чиме се увећава промет гасова и транспирација. У супротном случају, при преласку шећера у скроб, вода из ћелије се отпушта, унутарћелијски притисак (тургор) опада, стомине ћелије се смежуравају и примичу једна другој. На тај се начин стомин отвор затвара. На степен отворености стоминог отвора поред физиолошких процеса у ткивима, утичу и влажност ваздуха, влажност земљишта, температура, јачина ветра и други еколошки фактори. Што су стоме отвореније, то је интензивнија размена гасова са атмосфером и интензивнија транспирација што је од огромног значаја за кретање воде из корена ка листовима, за транспорт материја растворених у води и за хлађење биљке.

Стоме су најбројније на листовима где се њихов број креће од 100 до 300, па чак и до 700 на 1mm^2 површине листа.

Перидерм је секундарно покорично ткиво стабла и корена вишегодишњих дрвенастих биљака. Развија се уместо епидермиса који не може да прати секундарно дебљање стабла па због тога пуца и опада убрзо након образовања перидерма.

Перидерм настаје радом **фелогена** (секундарног творног ткива) који има облик периферног прстена на попречном пресеку стабла и корена. Попречним деобама ћелија фелогена, према периферији настају ћелије **плуте**, а према унутрашњости код неких врста настају и паренхиматичне ћелије **фелодерма**. Изнад сваке ћелије фелогена образују се радијални низови ћелија плуте који имају улогу секундарног покоричног ткива. Сваки радијални низ ћелија плуте настаје од по једне ћелије фелогена која се стално дели у попречном правцу. Ћелија плуте најближа ћелији фелогена представља најмлађу ћелију у радијалном низу плутиних ћелија.

Слика 61. Перидерм



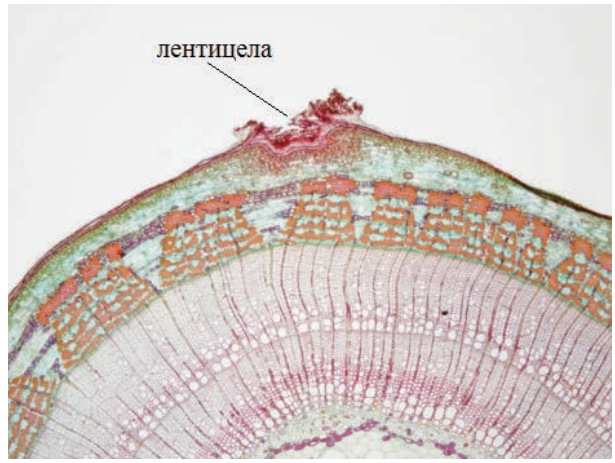
Ћелије плуте су међу собом чврсто спојене и између њих нема интерцелулара. Ове ћелије су живе само док су младе. Убрзо након њиховог настанка зидови им се прожимају суберином, материјом која онемогућава промет материја. Због тога њихов протопласт постаје изолован и изумире, а унутарћелијски простор се испуњава ваздухом. Тек када угину, плутине ћелије обављају своју праву заштитну улогу.

Плута се налази на површини вишегодишњих стабала и коренова, али и на површини неких љуспастих пупољака, плодова (крушка, тиса), кртола (кромпир) итд.

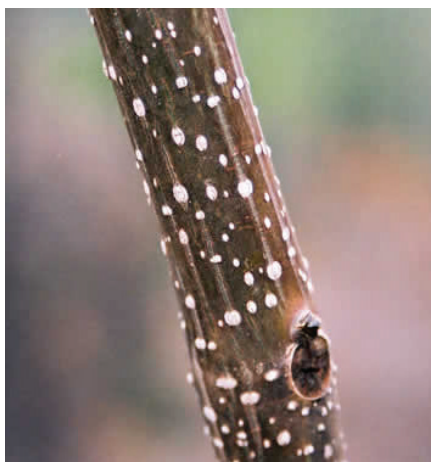
У перидерму стабла се образују и **лентицеле**. Њихова улога је размена гасова између ткива стабла и атмосфере. Имају облик сочивастих, некада издужених кржица. То су у ствари пукотинице испуњене растреситим ткивом богатим интерцелуларима. Ово растресито ткиво настаје радом фелогена лентицеле, секундарног бочног меристемског ткива (Сл. 62; Сл. 63).

Мртва кора је секундарно покорично ткиво стабла вишегодишњих дрвенастих биљака. Представља систем мртвих ткива. Наиме, код дрвенастих биљака након извесног периода фелогенски прстен престаје са деобама и стварањем плутиних ћелија. Након тога, испод њега се образује нов фелогенски прстен који започиње стварање нових радијалних низова ћелија плуте. И овај дубљи, млађи фелоген, функционише само извесно време, а потом се испод њега образује још млађи фелогенски прстен. Наведени процес се понавља више пута током живота биљке. Изнад најмлађег и најдубљег слоја плуте образује се систем мртвих ткива јер је плута непропустљива за воду и материје растворене у њој. Овакав систем мртвих ткива управо гради такозвану мртву кору (Сл. 64).

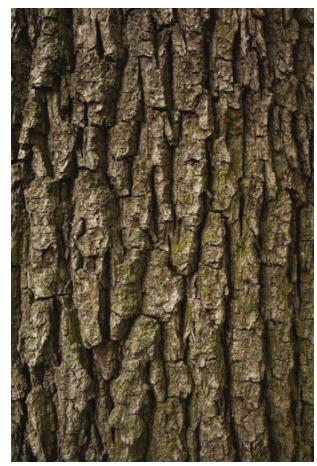
Слика 62. Пресек кроз лентицелу



Слика 63. Лентицеле на стаблу



Слика 64. Мртва кора



Дебљина мртве коре је различита и зависи од врсте биљака, њихове старости и еколошких услова у којима се биљке развијају. Пошто је она веома ефикасна заштита од свих физичко-хемијских и биолошких утицаја спољашње средине, биљке са развијенијом мртвом кором су отпорније и дуговечније.

4.2.4. ПРОВОДНО ТКИВО

Проводно ткиво обавља транспорт воде и у њој растворених минералних и органских материја. Елементи проводног ткива обично се групишу у проводне снопиће. У биљном свету проводне снопиће имају само папрати и цветнице које се због тога другачије називају васкуларне биљке.

Проводна ткива граде проводне системе. Проводни систем се састоји од живих и неживих ћелија и ћелијских фузија које су издужене у правцу кретања материје. Граде га трахеје, трахеиди, ситасте цеви, ћелије пратилице и проводни паренхим.

Трахеје и **трахеиди** проводе воду и у њој растворене минералне материје. Ови се проводни елементи називају **ксилем**.

Ситасте цеви и **ћелије пратилице** проводе растворене органске материје. Ови се проводни елементи називају **флоем**.

Ксилем је проводно ткиво за провођење воде и у њој растворених минералних материја. Правац воденог раствора који се креће ксилемом обично иде из правца корена до изданака и листова. Ксилем је изграђен од трахеида, трахеја и проводног паренхима.

Трахеиди су примарни елементи за провођење воде и неорганских материја. То су вретенасте ћелије са лигнификованим, локално задебљалим зидовима. Крајеви суседних трахеида се надовезују, а на местима њиховог спајања јављају се бројне јамице преко којих вода дифундује из једне ћелије у другу.

Трахеје представљају ћелијске фузије. Примарно, оне се јављају као појединачне издужене цилиндричне ћелије које се својим крајевима, односно, попречним зидовима, надовезују једна на другу. Секундарно, протопласт трахеја изумире, а њихови попречни зидови се разлажу. На тај начин трахеје граде дуге мртве цевчице. Трахеје настале у пролеће (када има највише воде), шире су од трахеја која настају током лета и јесени.

Ћелијски зидови трахеја са унутрашње стране секундарно дебљају. Ова задебљања дају потпору зидовима и спречавају да трахеје буду згњечене под притиском околних живих ткива. Задебљања могу бити прстенаста, спирална, мрежаста или јамичаста.

Код папрати и четинара се од ксилемских елемената јављају само трахеиде и проводни паренхим, док трахеје одсуствују. Због тога, дрво четинара представља такозвано меко дрво.

Флоем је проводно ткиво за провођење растворених органских материја. Ове се материје крећу из листова у којима настају током фотосинтезе, до одређених органа, првенствено за складиштење. Флоем граде неодрвенели елементи са релативно танким зидовима. То су ситасте цеви, ћелије пратилице и проводни паренхим.

Ситасте цеви настају од низа издужених живих ситастих ћелија које секундарно губе језгро и вакуоле. Бочне преграде које их раздвајају временом постају порозне и прелазе у такозване ситасте плоче. Ситасте плоче су шупљикаве тако да цитоплазма суседних ћелија преко њих комуницира, а оне саме се фузионишу у ситасте цеви.

Ћелије пратилице настају од исте ћелије од које настаје и ситаста ћелија на тај начин што се њихова мајка ћелија која представља камбијалну ћелију, подели уздужно. Већа ћелија се диференцира у ситасту ћелију, а мања у ћелију пратилицу. У извесним случајевима ћелија пратилица се дели и гради неколико уских ћелија пратилица које се налазе уз ситасту ћелију. Ћелије пратилице су на попречном пресеку троугаоне или четвороугаоне. Зид им је танак, саграђен од целулозе. Имају густу цитоплазму и јављају се само код скривеносеменица.

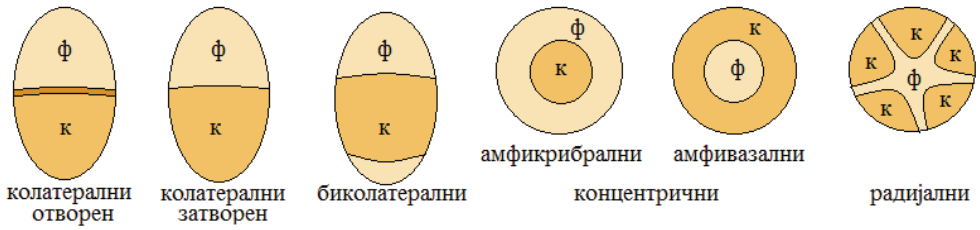
Проводни снопићи

Ксилем, флоем и проводни паренхим углавном су груписани у проводне снопиће. Проводни снопићи који имају и ксилем и флоем су **потпуни** или **сложени**. Ређи су случајеви да се проводни снопићи састоје од само једне врсте проводног ткива, односно, само од флоема или само од ксилема. У том случају, ради се о непотпуним или простим проводним снопићима.

Елементи проводног снопића настају од примарног творног ткива прокамбијума. Може се десити да се читаво прокамбијално ткиво издиференцира на елементе флоема и ксилема. У том случају ради се о **затвореном** проводном снопићу. Такође, могуће је да у снопићу заостане зона прокамбијума. У том случају реч је о **отвореном** проводном снопићу јер се новим деобама ћелија прокамбијума могу стварати додатни, млађи елементи флоема и ксилема. Затворени проводни снопићи јављају се у стаблима монокотила и у лишћу свих биљака. Отворени проводни снопићи налазе се у стаблима голосеменица и вишегодишњих дикотила.

Основни типови потпуних проводних снопића су **колатерални, биколатерални, концентрични** и **радијални** (Сл. 65). Ова подела извршена је на основу међусобног положаја флоема и ксилема на попречном пресеку снопића.

Слика 65. Типови сложених проводних снопића (попречан пресек)



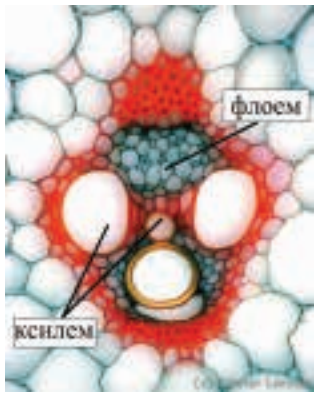
Колатерални проводни снопићи одликују се тиме што се флоем и ксилем налазе на истом радијусу и додирују се једном страном. Флоем је окренут периферији, а ксилем центру стабла (Сл. 66). Колатерални проводни снопићи су најчешћи тип снопића у стаблима и листовима већине цветница.

Биколатерални проводни снопићи представљају варијанту колатералних снопића. Код њих је присутна још једна флоемска трака која је са унутрашње стране ксилема. Дакле, има два флоемска дела између којих се налази ксилемски део. Ови снопићи могу се наћи код неких биљака из фамилија тикава (*Cucurbitaceae*), помоћница (*Solanacae*) и звездана (*Asteraceae*).

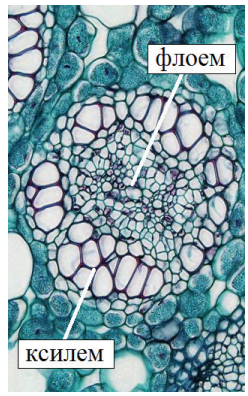
Концентрични проводни снопићи одликују се тиме што је један од два типа проводних ткива у центру, а други га окружују у виду прстена (Сл. 67). Уколико је ксилем у средини, а флоем га прстенасто обавија, ради се о **амфикрибралном** снопићу. Уколико је флоем у средини, а ксилем га прстенасто обавија, ради се о **амфивазалном** снопићу. Концентрични проводни снопићи су најзаступљенији код папрати.

Радијални проводни снопићи састоје се од снопова флоема и ксилема који су поређани наизменично, по различитим радијусима и додирују се својим бочним странама (Сл. 68). У зависности од броја ксилемских и флоемских снопића, деле се на дијархне, тријархне, тетрархне, пентархне. Ако је већи број наизменично поређаних ксилемских и флоемских снопића, онда је проводни снопић полиархни. Овај тип снопића присутан је само у корену монокотила.

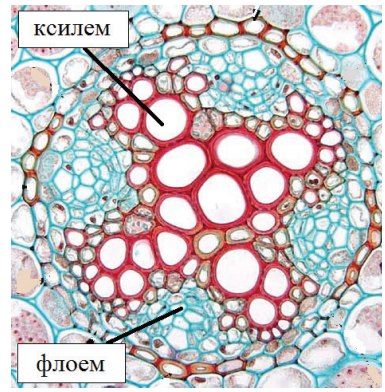
Слика 66. Колатерални проводни снопић



Слика 67. Концентрични проводни снопић



Слика 68. Радијални проводни снопић



4.2.5. СЕКРЕТОРНО ТКИВО

Секреторне ћелије јављају се појединачно или у групицама. Продукују различите секрете који су течни или чврсти продукти метаболизма које биљке сакупљају у свом телу или их излучују на површину. Секрети по хемијској природи могу бити соли, ензими, хормони, етарска уља, танини, гуме, смоле, слузи, алкалоиди, гликозиди, терпеноиди, кристали, млечни сок...

У зависности од места на ком их биљка депонује, секрети могу да буду интрацелуларни и екстрацелуларни. **Интрацелуларни секрети** остају у ћелији у којој су настали и складиште се у вакуоли или екстраплазматској кесици. **Екстрацелуларни секрети** напуштају ћелију у којој су настали.

Секреторне ћелије и њихове структуре по положају у биљци могу да буду унутрашње и спољашње.

Унутрашње (ендогене) секреторне ћелије и структуре налазе се у унутрашњости биљака. Има их више врста.

Идиобласте су појединачне ћелије различитог облика које се могу наћи у свим биљним ткивима. Најчешће садрже етарска уља, алкалоиде, танине, слузи и кристале.

Секреторне цеви су издужене ћелије облика цевчице. Типичне су млечне жлезде које садрже млечни сок (латекс). Основни састојци млечног сока су шећери, протеини, органске киселине, гликозиди, алкалоиди, танини, терпеноиди...

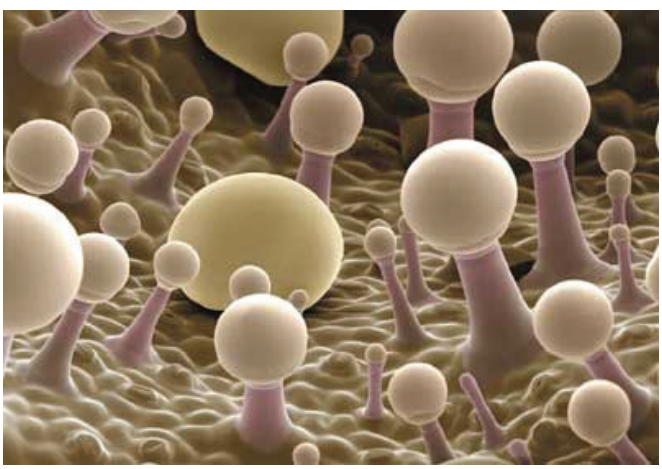
Секреторне шупљине настају тако што се зидови групице секреторних ћелија разлажу и њихов садржај се сакупља у насталој лоптастој шупљини.

Секреторни канали су издужени интерцелулари обложени жлезданим епителом. Канали настају размицањем секреторних ћелија.

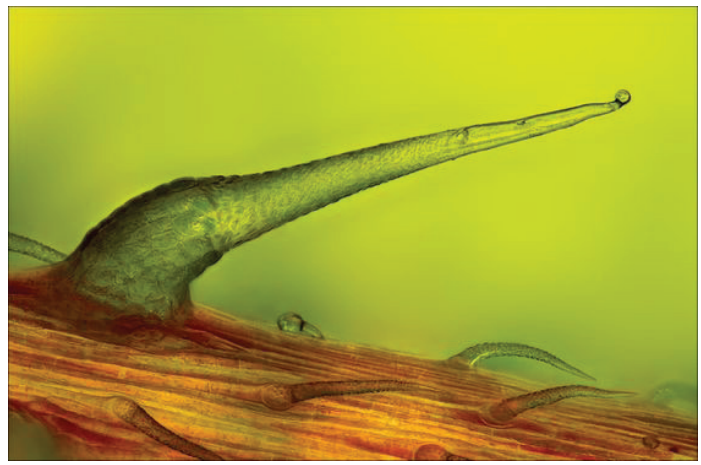
Спољашње (егзогене) секреторне ћелије и структуре налазе се на површини биљака. Такође их има више врста.

Жлездане длаке су вишећелијске жлездане структуре које се састоје из дршке и главице у којој се сакупљају секрети. Разликују се по изгледу и по садржају. Трихоме излучују етарска уља, флавоноиде и друга липофилна једињења (Сл. 69). Трихоме карниворних биљака излучују ферменте којима разлажу протеине ухваћених инсеката и других ситних животињица. Длаке халофитих биљака које насељавају слану подлогу, излучују слане водене растворе и на тај начин се ослобађају сувишних соли. Жарне длаке коприве (Сл. 70) излучују мешавину серотонина, хистамина, ацетилхолина и леукотриена која изазива упалне реакције на кожи. Тиме се коприва штити од предатора.

Слика 69. Трихоме жалфије



Слика 70. Жарна длака коприве



Поред жлезданих длака, присутне су и друге периферне творевине преко којих се избацују секрети.

Осмофоре представљају групице епидермалних и субепидермалних ћелија у региону цветних делова. У њима се синтетишу испарљиве мирисљаве материје.

Нектарије представљају групице секреторних ћелија такође у региону цвета (флоралне нектарије) или у региону листова (екстрафлоралне нектарије). Луче нектар који представља водени раствор шећера, азотних и фосфатних материја.

Колетере су секреторне ћелије у региону пупољака. Луче лепљиве материје којима штите пупољке у зимском периоду.

Хидатоде су жлездане ћелије које излучују воду у виду капљица. Ова појава назива се гутација. Хидатоде се већином налазе на врху листова, а до излучивања воде долази када је због велике влажности ваздуха стоматермна транспирација успорена.

БИЉНИ ОРГАНИ

5. БИЉНИ ОРГАНИ

Тело кормофитих биљака састоји се од вегетативних и генеративних органа.

Вегетативни органи имају улогу у одржавању виталних функција биљака. У вегетативне органе спадају изданак и корен. **Изданак** је надземни орган који обухвата стабло са листовима и пупољцима. Његова основна улога је размена гасова, транспирација и фотосинтеза. **Корен** је подземни орган. Његова основна улога је апсорпција воде и минерала и причвршћивање изданка за подлогу. Многе крупне вишећелијске алге имају тело (талус) чији делови по изгледу подсећају на корен, стабло и лист, а називају се ризоид, калуоид и филоид. Међутим, код ових алги у талусу не постоје диференцирана ткива.

Генеративни (репродуктивни) органи имају улогу у размножавању биљака. Код биљака које се размножавају бесполно генеративни органи су спорангије. Код биљака које се размножавају полно, генеративни органи су **цвет, семе** и **плод**.

5.1. КЛИЦА

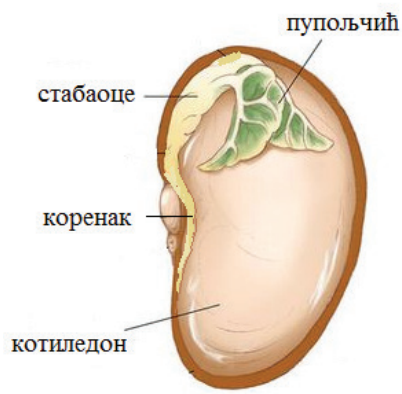
Спајањем мушког и женског гамета настаје зигот. Деобом његове ћелије која представља оплођену јајну ћелију, почиње да се развија ембрион који код биљака називамо клица. **Клица** (лат. *embryon*) је зачетак нове биљке који се развија у семену (Сл. 71). Биљке које се размножавају семеном називају се семењаче.

На клици се разликују клицини листићи котиледони, коренак (*radicula*), стабаоце (*axis*) и пупољчић (лат. *plumula*).

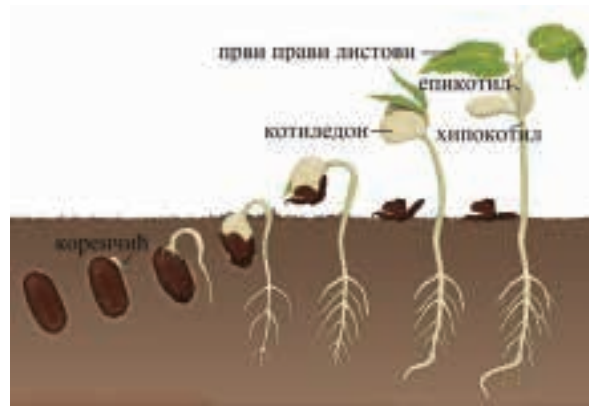
Број котиледона је важна систематска одлика биљака. Биљке могу имати један котиледон (монокотиле), два котиледона (дикотиле) и више од два котиледона (поликотиле). У монокотиле и дикотиле спадају скривеносеменице, а у поликотиле спадају голосеменице. Основна улога котиледона је складиштење хранљивих материја које клица користи током развоја и клијања. Место на стабаоцету за које су причвршћени котиледони назива се нодус. Нодус дели стабаоце на епикотил (део према пупољчићу) и хипокотил (део према коренку).

Клијање је процес избијања клице из семена (Сл. 72). Како би клица почела да клија, потребни су одговарајућа подлога, температура, светлост и довољно воде. Семе упија воду, набрекне, његова семењача пуца и појављује се млада биљчица. Процес клијања завршава се кад се на клици развију први фотосинтетички активни листови који биљчици омогућују да настави самосталан живот.

Слика 71. Клица



Слика 72. Клијање биљке



5.2. КОРЕН

Корен (лат. *radix*) је вегетативни осовински подземни орган биљака. Током еволуције настао је од изданка преласком биљака из водене на копнену средину. Развија се из коренчића клице и расте позитивно геотропно.

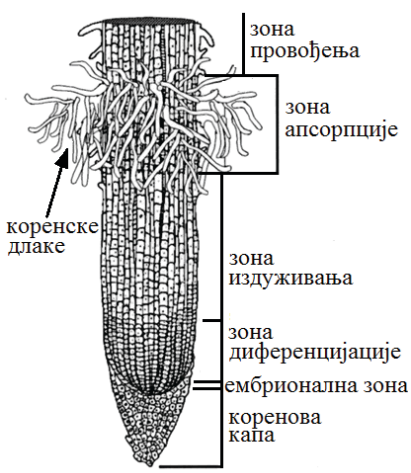
Основне функције корена су причвршћивање изданка за подлогу, апсорпција и провођење воде са раствореним минералним материјама и складиштење резервних хранљивих материја. Код извесних биљака корен се развија и у ваздушној, односно, воденој средини. У том случају код њега је дошло до секундарних промена у грађи и функцији.

Прави корен је само онај који је настао из коренка клице. Временом он дебља и грана се тако да гради коренов систем који представља скуп свих корена једне биљке. Поред правог, неке врсте имају и адвентивни корен. Адвентивни корен настаје из доњег дела стабла или листова.

Анатомска грађа корена

На самом врху корена налази се вегетациона купа. Она почиње ембриоталном зоном која је прекривена кореновом капом. Захваљујући овој зони корен активно расте током читавог живота биљке. Иза ембриоталне зоне налазе се зона диференцијације и зона издуживања. Изнад зоне издуживања, споља се налази зона коренских длака која представља зону апсорпције (Сл. 73). У том делу корен се одликује примарном грађом.

Слика 73. Зона примарне грађе корена



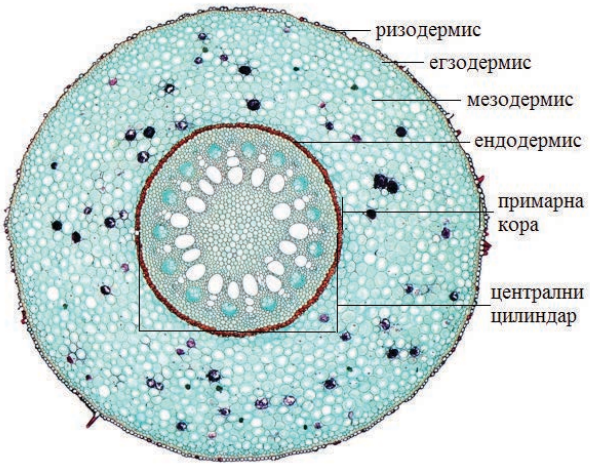
Примарна грађа корена карактеристична је за корен зељастих биљака и младе делове корена дрвенастих биљака. Одликује је присуство три слоја – ризодермиса, примарне коре и централног цилиндра (Сл. 74).

Ризодермис (корин епидермис) представља примарно покорично и апсорпционо ткиво корена. Налази се на површини младих делова корена. Поједине ћелије ризодермиса се издужују и граде коренске длаке. Оне су активне само неколико дана, а онда их у апсорпцији воде и минерала замењују новонастале длаке. То значи да је корен апсорпционо активан само на врху, у зони ризодермиса и коренских длака.

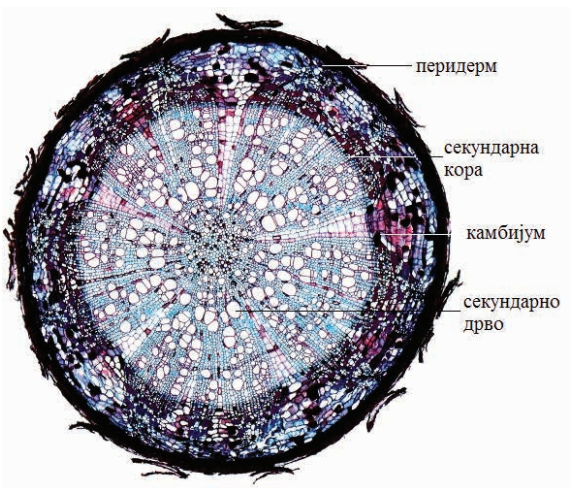
Примарна кора је најразвијенији део корена. Почиње слојем **егзодермиса** који је смештен испод ризодермиса. Након изумирања и опадања ризодермиса, ћелије егзодермиса оплутњаве и преузимају улогу покоричног ткива. Испод егзодермиса налази се дебео слој мезодермиса који је изграђен од паренхимских ћелија. Основна улога ових паренхимских ћелија је провођење воде и минералних материја из коренских длачица до проводних судова у централном цилиндру. Поједине паренхимске ћелије могу имати задебљале зидове тако да имају и механичку функцију. Унутрашњи и последњи слој примарне коре је **ендодермис**. Овај слој граде збијене ћелије које у виду прстена окружују централни цилиндар. Зидови су им са унутрашње стране задебљали у виду латиничног слова U, тако да су непропусне за воду. Међутим, у прстену ендодермиса јављају се и ћелије пропуснице кроз које из мезодермиса вода улази у централни цилиндар.

Централни цилиндар се налази у центру примарног корена. Започиње слојем који се назива перицикл. Перицикл представља прстен у коме се формирају бочни корени. Такође, у перициклу се образује део камбијума и фелоген плуте. То су творна ткива чијим деобама долази до секундарног дебљања корена код дрвенастих биљака. Испод перицикла смештен је радијални проводни снопић. Код неких биљака, у самом центру централног цилиндра налазе се и механичка ткива.

Слика 74. Примарна грађа корена



Слика 75. Секундарна грађа корена



Секундарна грађа корена карактеристична је за старије делове корена вишегодишњих дрвенастих биљака. До секундарних промена у корену ових биљака долази услед формирања камбијума. Камбијум се развија од прокамбијума (лучно испод флоемских снопића), и од делова перицикла (лучно изнад ксилемских снопића). Ови камбијални лукови се спајају својим крајевима тако да у почетку камбијум има кружни валовит облик. Каснијим тангенционалним деобама ћелија камбијума он добија изглед правилног прстена.

Деобама и диференцијацијом ћелија камбијума, према периферији настаје секундарна кора, а према центру секундарно дрво. У секундарној кори смештени су флоем, паренхим и перидерм. Перидерм се налази на самој периферији коре, а настаје формирањем фелогена плуте који тангенционалним деобама гради низове плутиних ћелија. На тај начин у старијим деловима корена плута се развија уместо ризодермиса. У секундарном дрвету које је смештено у средишту корена, развијен је ксилем са проводним паренхимом и механичким ћелијама (Сл. 75).

Морфологија корена

На основу изгледа, корен може бити осовински и жиличаст. Код **осовинског корена** развија се главни корен и бочни корени. Овакав корен имају махом дикотиле и голосеменице. Код **жиличастог** корена не може се разликовати главни корен зато што се из једног центра гранања развија већи број бочних коренова (Сл. 76). Овакав корен делом настаје од адвентивних коренова и карактеристичан је за монокотиле.

Према развијености, коренов систем може бити дубински или површински. Код **дубинског корена** главна осовина и бочни корени продиру до дубоких земљишних слојева. Овакав коренов систем најчешће имају биљке које се развијају на подлози у којој се доступна вода налази на већим дубинама. Насупрот дубинском, површински корен се развија и грана непосредно испод површине подлоге. Овакав корен имају на пример, кактуси чији је корен веома разгранат већ на дубини од 3 cm тако да апсорбује и најмању количину влаге после ретких киша у пустињским областима. Многе биљке имају комбинован корен.

Слика 76. Осовински и жиличаст корен



Слика 77. Репаст корен



Слика 78. Коренска кртола



У зависности од тога кроз колику се запремину земљишта грана, коренов систем може бити екстензиван или интензиван. **Екстензиван корен** обухвата велику запремину земљишта, али је слабо гранат. **Интензиван корен** обухвата малу запремину земљишта, али је разгранат.

Поред основних, корен може имати и друге функције. То је резултат преображаја корена који је специфичан за поједине биљне врсте.

Репаст корен је задебљао услед гомилања хранљивих материја у главном корену (мрква, шећерна репа, цвекла, целер, першун...) (Сл. 77).

Коренска кртола настаје гомилањем хранљивих материја у бочним коренима (далија, кађун...) (Сл. 78).

Вентилациони корен (пнеуматофор) присутан је код неких биљака које расту на забареној подлози са недовољно кисеоника. Овакав корен делом расте негативно геотропно (извирује из подлоге) тако да је у контакту са атмосферским ваздухом, испуњен је ваздушним ткивом и има крупне лентицеле које му омогућују дисање.

Контрактилни корен се налази на луковицама и ризомима. Улога му је да увлачи луковице или ризоме дубље у земљиште и на тај начин их штити од хладноће или суше (мразовац, крин, кађун...).

Асимилациони корен се налази код неких епифитих и водених биљака. Пошто се налази у воденој или ваздушној средини, он поред апсорпције воде или водене паре обавља и фотосинтезу јер се у његовим ћелијама налази хлорофил.

5.3. ИЗДАНАК

Изданак је надземни орган који обухвата стабло са листовима и пупољцима (Сл. 79). Његова основна улога је размена гасова, транспирација и фотосинтеза. Настаје од пупољчића клице и расте неограничено захваљујући деобама творних ћелија вегетационе купе.

Изданак се састоји од стабла, пупољака и листова.

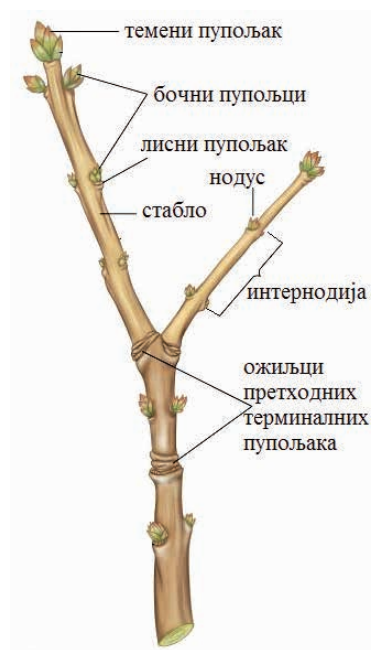
Стабло је осовина изданка, углавном ваљкастог облика и радијалне симетрије.

Лист је бочни део изданка, најчешће спљоштен или игличаст. Место на стаблу на коме се налази лист назива се чвор (нодус). Део стабла између два чвора назива се чланак (интернодија).

Пупољак је вегетациона купа заједно са листовима који је обавијају и штите. Деобама ћелија вегетационе купе настају сва ткива изданка. Пупољак који се налази на врху изданка је темени пупољак. У пазуху старијих лисних зачетака иза вегетационе купе налазе се зачеци нових вегетационих купа који представљају бочне (пазушне) пупољке. Из темених пупољака развијају се нови чланци изданка, а из бочних пупољака развијају се бочни изданци.

У зависности од тога који се орган развија из пупољака, пупољци могу бити дрвени, лисни, цветни или мешовити. Из дрвеног пупољка развија се изданак са листовима, из лисног пупољка развија се један или више листова на скраћеним изданцима, из цветног пупољка развија се један или више цветова на кратким изданцима, из мешовитог пупољка развија се изданак са листовима и цветовима.

Слика 79. Изданак



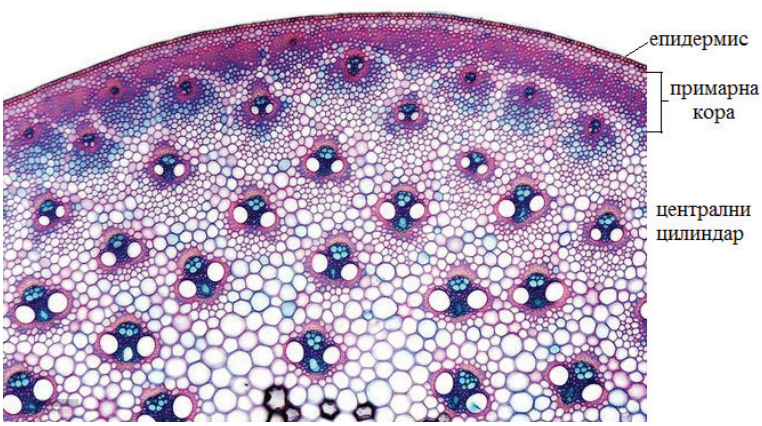
5.4. СТАБЛО

Стабло (лат. *caulis*) је осовина изданка која носи листове, цветове и плодове. У односу на грађу стабла, биљке се деле на две основне групе – зељасте и дрвенасте. **Зељасте биљке** имају зелено сочно стабло у коме доминира паренхимско ткиво. Углавном су једногодишње и двогодишње, ређе вишегодишње. **Дрвенасте биљке** имају одрвенело чврсто вишегодишње стабло које секундарно дебља захваљујући творном ткиву камбијуму.

Анатомска грађа стабла монокотила

Код већине монокотила налази се покорично ткиво **епидермис**. Испод епидермиса смештена је **примарна кора** коју граде паренхимске ћелије са хлорофилом и механички снопићи, углавном коленхим. У средишту је **централни цилиндар** изграђен од паренхимских ћелија и затворених колатералних проводних снопића. Флоем ових проводних снопића окренут је према периферији, а ксилем према центру стабла (Сл. 80).

Слика 80. Примарна анатомска грађа монокотила

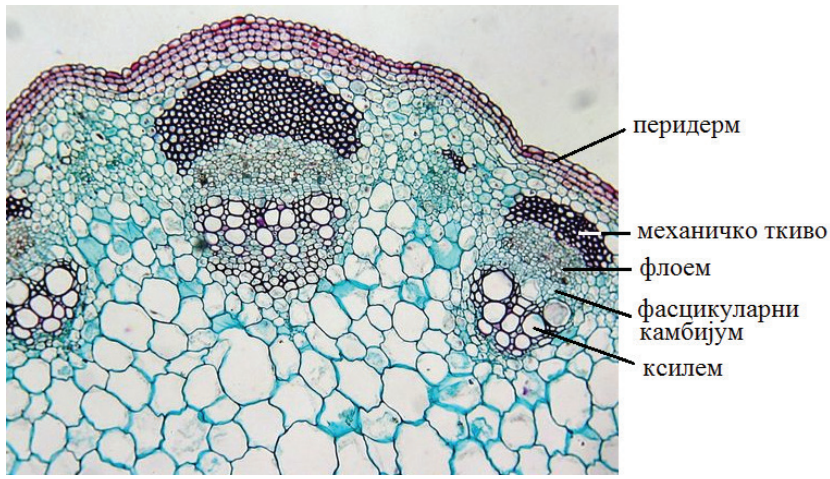


Примарна анатомска грађа стабла дикотила

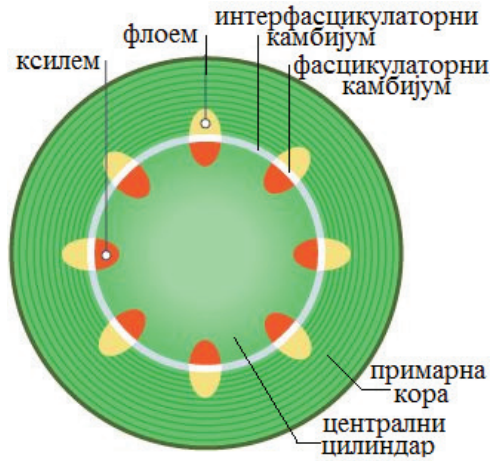
Код младих дикотила, на површини стабла такође се налази покорично ткиво **епидермис** који брзо опада и бива замењен перидермом. Испод епидермиса развијена је **примарна кора**, а потом, до самог центра стабла налази се **централни цилиндар**. Између примарне коре и централног цилиндра налазе се прстенасто распоређени отворени колатерални снопићи.

Ови су снопићи отворени јер се између флоема и ксилема налази фасцикуларни камбијум који се непрестано дели и увећава волумен проводних снопића. Флоем је окренут према периферији стабла и налази се у примарној кори. У примарној кори присутне су и паренхимске и механичке ћелије. Ксилем је окренут према центру стабла и налази се у централном цилиндру. Између снопића присутно је паренхимско ткиво. Ово ткиво и појединачне механичке ћелије испуњавају унутрашњост стабла. У самом центру стабла је срж коју чине крупне паренхимске ћелије (Сл. 81; Сл. 82).

Слика 81. Примарна анатомска грађа стабла дикотила



Слика 82. Шема примарне грађе стабла дикотила



Секундарна анатомска грађа стабла дикотила

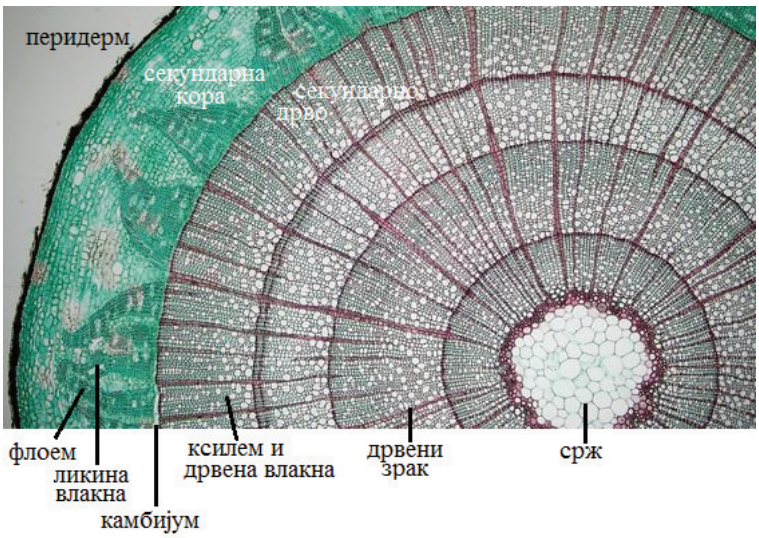
Код вишегодишњих дрвенастих дикотила стабло секундарно дебља. Дебљање стабла могуће је захваљујући фасцикуларном камбијуму који се налази између флоема и ксилема у проводном снопићу и интерфасцикуларном камбијуму који се налази између суседних проводних снопића. Спајањем фасцикуларног и интерфасцикуларног камбијума образује се континуирани прстен камбијума. Овај прстен представља границу између секундарне коре и секундарног дрвета. Деобом ћелија камбијума према периферији настаје секундарна кора, а према центру секундарно дрво (Сл. 83).

Код лишћара флоем у кори изграђен је од ситастих цеви и ћелија пратилица, а код четинара само од ситастих цеви. У кори се поред флоема налазе ликина влакна, паренхим коре и корини зраци. На површини коре уместо епидермиса развијено је секундарно покорично ткиво – перидерм.

Код лишћара ксилем у секундарном дрвету изграђен је од трахеја и трахеида, а код четинара само од трахеида. У дрвету се поред ксилема налазе дрвена влакна, паренхим дрвета и дрвени зраци. Дрвене зраке граде паренхимске ћелије чија је функција преношење материја у радијалном правцу, до кориних зракова. У самом центру стабла налази се срж.

На попречном пресеку стабла, у секундарном дрвету могу се разликовати годови. Год представља годишњи прираштај дрвне масе.

Слика 83. Секундарна анатомска грађа стабла дикотила



Морфологија стабла

Код копнених биљака стабло се развија над земљом, у ваздушној средини. То је такозвано фитофилно или **аерофилно** стабло. Многе вишегодишње зељасте биљке имају стабло развијено и под земљом. То је подземно или **геофилно** стабло. Код водених биљака стабло се развија у води. Овакво стабло назива се **хидрофилно**.

Надземно аерофилно стабло је једноставна или разграната осовина. Оно обично расте право, негативно геотропно, а бочне гране под извесним углом у односу на главну осовину. Изглед (хабитус) стабла зависи од типа система гранања. Гранање може бити дихотомо, моноподијално и симподијално.

Дихотомо гранање је присутно код неких маховина, папрати и неких палми. Одликује се тиме што се темена вегетациона купа дели на две нове које дају две подједнако развијене гране. Свака од ових грана на исти начин даје две гране тако да се развијају гране првог, другог, трећег реда и даље.

Моноподијално гранање карактерише стална активност вршне вегетационе купе главне осовине стабла. Диференцијацијом ћелија ове вршне купе главна осовина доминантно расте, док су бочне осовине (гране) подређене и заостају у развоју. Овај тип гранања углавном је заступљен код четинара.

Симподијално гранање карактерише заостајање у расту главне осовине која се савија у страну и преузимање осе растења од стране бочне осовине која почиње да доминира у расту. Овај тип гранања углавном је заступљен код листопадних дрвенастих врста.

Посебан начин гранања је **бокорење** (набусавање) када настаје више бочних изданака који у нивоу површине земљишта образују чвор бусења.

У односу на животну форму и чврстину, стабла могу бити зељаста и дрвенаста. Дрвенасте биљке по форми су **стабла** (буква, јасен, бор), **жбунови** (малина, леска, ружа), **полужбунови** (боровница, мајчина душица, жалфија). Стабла и изданци у целини који су током еволуције прошли кроз одређену трансформацију су влати, батве, столоне, лијане, стаблови ризоми, кртоле и луковице, трнови, рашљике, сукулентна стабла итд

Влат је стабљика са шупљим стаблом (пшеница, зоб).

Батва је издужени изданак без листова који избија из подземног пупољка, а на врху носи цвет (лук, лала).

Столона је хоризонтални надземни (јагода) или подземни изданак (пиревина) из кога се из пупољка развија адвентивни корен и надземно стабло који дају нову биљку (Сл. 84).

Лијана је стабло које пузи или обавија друге биљке и предмете (хмељ, бршљан).

Ризом је преображен вишегодишњи подземни изданак на коме се развијају ситни љуспасти листићи у чијем се пазуху налазе пупољци. Из пупољака се развијају нове биљке (траве, раставић, подбел, нана, дубочац). Улога му је складиштење хранљивих материја и вегетативно размножавање.

Кртола је преображен скраћени подземни изданак на коме се такође развијају ситни љуспасти листићи у чијем се пазуху налазе пупољци. Пупољци су веома ситни и називају се окца. Из пупољака се развијају нове биљке (кромпир, ротквица, келераба, орхидеје). Улога јој је складиштење хранљивих материја и вегетативно размножавање.

Луковица је преображен подземни изданак. Стабло је јако скраћено и има облик задебљалог диска. На његовој доњој страни развија се адвентивни корен, а на горњој страни сочни листови и пупољак. Из пупољка се развија надземни изданак (лукови, зумбул, лала, шафран). Улога јој је складиштење хранљивих материја и вегетативно размножавање (Сл. 85).

Слика 84. Столоне



Слика 85. Луковица



Слика 86. Рашљике



Трн је код неких биљака преображен кратак изданак. Трнови се појављују у пазуху листова глога, гледичије, трњине, крушке и других биљака, а представљају резултат раста на сувљим стаништима. Разликују се од емергенци (ружа) по томе што су емергенце ситније епидермалне творевине.

Рашљика је кратак изданак који служи за придржавање биљке која не може да се одржава у усправном положају сопственим механичким ткивом. Типичан пример су рашљике винове лозе (Сл. 86).

Сукулентна стабла имају биљке сушних станишта (кактуси, млечике). Ова стабла су месната, волуминозна, испуњена крупним паренхимским ћелијама у којима се складишти вода. На сукулентним стаблима листови се углавном преображавају у трнове и на тај се начин редукује транспирациона површина

5.5. ЛИСТ

Лист (лат. *folium*) је део изданка који се развија на стаблу из кржица (лисних примордија) на вегетационој купи стабла. Лист расте ограничено, а његов изглед карактеристичан је за сваку биљну врсту понаособ. Основна улога му је фотосинтеза, размена гасова и транспирација.

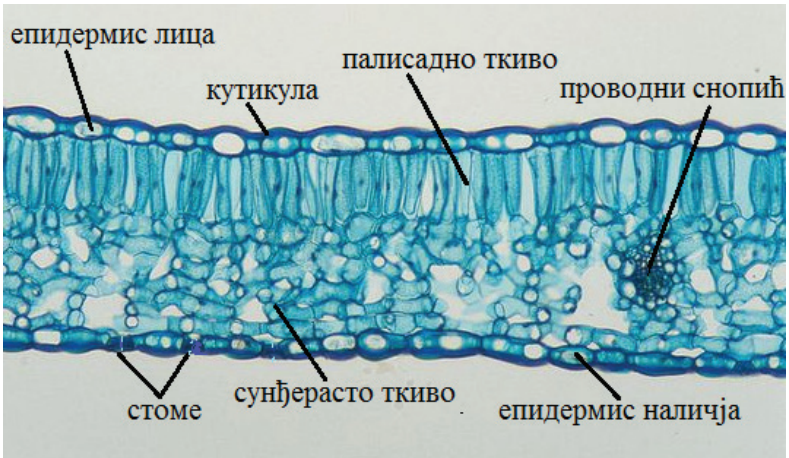
Анатомска грађа листа

На површини лица и наличја листа налази се епидермис. Ово покорично ткиво углавном је једнослојно, ређе двослојно или вишеслојно. На површини епидермиса листова копнених биљака налазе се кутикуларни и воштани слојеви или длакав омотач.

У епидермису се налазе стоме преко којих се одвија транспирација и размена гасова са атмосфером. Уколико се стоме налазе само на лицу листа, лист је **епистоматичан**. Ако су стоме смештене само на наличју листа, лист је **хипостоматичан**, а ако се стоме налазе и на лицу, и на наличју, лист је **амфистоматичан**. Код листова водених биљака који су потпуно потопљени у води, лист нема стоме, па за њега кажемо да је **астоматичан**. У том случају промет гасова обавља се преко танкозидних епидермских ћелија које немају кутикуларну и воштану заштиту.

У односу на положај према епидермису, стомине ћелије могу да буду изнад нивоа епидермиса код биљака влажних станишта (хигроморфних биљака), у нивоу епидермиса код биљака умерено влажних станишта (мезоморфних биљака) и испод нивоа епидермиса код биљака сушних станишта (ксероморфних биљака).

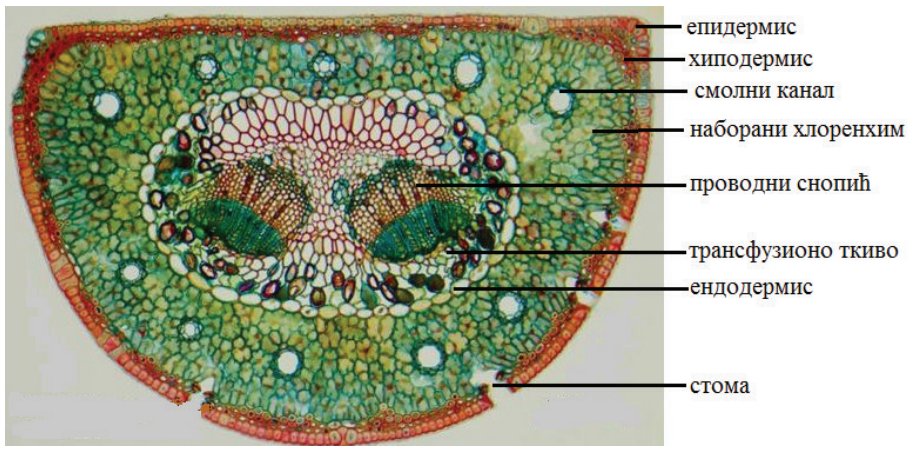
Слика 87. Типична грађа листа дикотила



Мезофил је средишњи део листа. Гради га асимилационо ткиво, такозвани **хлоренхим** чије су ћелије испуњене хлорофилним зрнцима. Код већине биљака хлоренхим је диференциран на **палисадно ткиво** окренуто према лицу, и на **сунђерасто ткиво** окренуто према наличју листа. Код биљака сушних области палисадно ткиво је боље развијено од сунђерастог, и може се јавити у два или више слојева. Код биљака влажних и водених станишта боље је развијено сунђерасто ткиво док палисадно ткиво може и да одсуствује. У листовима четинара хлоренхим није диференциран на палисадно и сунђерасто ткиво. У њима се налази такозвани наборани хлоренхим чије су ћелије звездолико наборане.

У лист преко лисне дршке улазе проводни снопићи затвореног колатералног типа. Ксилем ових снопића окренут је према лицу, а флоем је окренут према наличју листа. Око снопића се налазе механичке ћелије које граде такозвану механичку сару. Механичка сара листовима даје чврстину. Проводни снопићи и механичка сара граде нерватуру листа која је видљива голим оком.

Слика 88. Типична грађа листа четинара



Листови четинара на периферији имају једнослојни епидермис у коме се налазе ситне увучене стоме. Код њих је испод епидермиса развијен хиподермис изграђен од лигнификованих паренхимских ћелија које имају механичку улогу. Испод хиподермиса је наборани хлоренхим. Кроз хлоренхим пролазе смолни канали. Централни део листа одвојен је од хлоренхима једнослојним ендодермисом. Испод њега налази се трансфузионо ткиво које проводи растворене материје и воду од хлоренхима до проводних снопића и обрнуто. У трансфузионом ткиву смештена су обично по два затворена колатерална проводна снопића (Сл. 88).

Морфологија листа

На биљци се разликује више категорија листова.

Листови клице (котиледони) су ембрионални листићи просте грађе који имају кратак век трајања. Испуњени су хранљивим материјама којима се клица храни. Након образовања првих правих асимилационих листова котиледони се суше и опадају.

Профили су листови који се код неких биљака (детелине, пасуља, јагоде), развијају непосредно изнад котиледона и веома кратко трају.

Доњи листови су љуспасти листови који се развијају као заштитни листови на подземним изданцима и на доњим деловима надземних изданака.

Горњи листови се развијају у региону цветова и цвасти као заштитни листови ових генеративних органа. Обично су ситнији или морфолошки измењени.

Средњи листови су типични асимилациони листови чије су основне функције фотосинтеза, транспирација и дисање. Ови листови чине највећу лисну масу биљке.

Лист се састоји из три дела – лисне основе, лисне дршке и лиске. Код појединих група биљака лисна дршка одсуствује (Сл. 89).

Слика 89. Делови листа



Лисна основа је део којим је лист причвршћен за стабло. Развијена у облику лисног зглоба или лисног рукавца. Лисни рукавац је проширена лисна основа која потпуно или делимично обавија чланак стабла. Лисни зглоб је присутан углавном код дикотила, а лисни рукавац код монокотила. Из основе листа развијају се залисци. Обично су присутна по два залиска. Код неких биљака залисци су трнолики, док се код трава јављају као мали језичак (лигула) који затвара простор између седећег листа и стабла.

Лисна дршка (лат. *petiolus*) се јавља код стајаћих листова. Њена основна улога је да учвршћује лиску за стабло и да је померањем доводи у најповољнији положај у односу на светлост. Седећи листови немају лисну дршку и граде лисни рукавац.

Лиска (лат. *lamina*) је главни део листа који обавља фотосинтезу, транспирацију и размену гасова.

Листови код којих је лице интензивније зелене боје, односно, код којих се лице разликује од наличја, називају се **бифацијални** листови. Листови код којих се лице и наличје не разликује, називају се **еквифацијални**, а листови код којих нема лица и наличја, називају се **унифацијални** листови.

Листови на стаблу су распоређени тако да један другом не заклањају светлост и да својом тежином равномерно оптерете стабло. Распоред листова може бити спиралан, наспраман и пршљенаст (Сл. 90). Када се на сваком нодусу налази по један лист а листови су распоређени по замишљеној спирали тако да је сваки следећи лист у односу на претходни померен за 120^0, распоред је **спиралан**. Ако се на сваком нодусу налазе по два наспрамно постављена листа, распоред је **наспраман**. Ако се на сваком нодусу налазе три или више листова, онда је распоред **пршљенаст**.

Слика 90. Распоред листова на стаблу



Облик лиске је специфичан за сваку биљну врсту. Може да буде игличаст, линеаран, ланцетаст, округао, елиптичан, срцаст, јајаст, обрнуто јајаст итд.

Обод лиске такође може да буде различит. Најчешће је раван, назубљен, таласаст, тестераст, режњевит, плиће или дубље прстасто или перасто дељен. **Нерватура листа** је систем проводних снопића обавијених механичким ћелијама. Нерватура по облику може бити рачвасто граната, паралелна, мрежаста, прстасто или перасто дељена.

У односу на број лиски које се налазе на истој лисној дршци, лист може бити **прост** и **сложен**. Код простог листа на једној лисној дршци налази се једна лиска. Код сложеног листа на једној лисној дршци налази се већи број лиски. Сложен лист може бити трочлано (детелина), прстасто (кестен) или перасто дељен (козинац – *Astragalus* sp.) (Сл. 91). Уколико се лисна дршка перасто дељеног листа завршава са два листића, лист је парно перасто дељен (рогач). Уколико се лисна дршка перасто дељеног листа завршава са једним листићем, лист је непарно перасто дељен (багрем).

Слика 91. Сложени листови



На истој биљци асимилациони листови су углавном истог облика и величине. Међутим, и у овом случају јављају се одступања. Та одступања се одражавају као хетерофилија, анизофилија и гамофилија.

Слика 92. Хетерофилија



Слика 93. Анизофилија



Слика 94. Гамофолија



Хетерофилија је појава листова различитог облика на истој биљци. Типичан пример је водени љутић (*Ranunculus aquatilis*). Код ове врсте листови доњег дела стабла налазе се у воденој, а листови горњег дела стабла у ваздушној средини. Листови потопљени у води су ресасти, прозирни, без стома, кутикуле и без палисадног ткива. За разлику од њих, листови који се развијају у ваздушној средини су цели, дебљи, са палисадним ткивом и стомама (Сл. 92).

Анизофилија је појава листова различите величине на истој биљци, као што је то случај код велебиља (*Atropa belladonna*) (Сл. 93).

Гамофилија је појава срастања листова што је нарочито заступљено у региону цветова и цвасти. Типичан пример гамофилије присутан је код биљке орлови нокти (*Lonicera caprifolium*) (Сл. 94).

Различити услови спољашње средине утицали су на преображај листова одређених еколошких група биљака.

Трнови који су настали преображајем листова су оштри израштаји који имају заштитну улогу (жутика – *Berberis vulgaris*). Код неких биљака у трн се не преображава цео лист, него само врх његовог главног нерва и крупних бочних нерава (зеленике – *Ilex aquifolium*). Код неких биљака као што је багрем, трнови представљају преображене залиске.

Рашљике или витице представљају листове преображене у дугачке израштаје који као хватаљке служе за причвршћивање биљака за ослонац уз који се пењу. Код грашка у витице се преображавају листови, док се на пример код павити, у витице преображавају лисне дршке.

Филодије представљају лисне дршке преображене у листове зато што је дошло до редукције лиски. Ова појава нарочито је карактеристична за акације.

Листови биљака месождерки претрпели су промене ради хватања и варења ситних животињица, првенствено инсеката. На пример, неке месождерке имају листове у виду лепљивих длакавих штипаљки које се преклапају кад инсекти слете на њих (венерина мухоловка – *Dionaea muscipula*), док код неких биљака листови имају облик дубоких бокала са поклопцем који се затвара кад животињица упадне у њих (*Nepenthes* sp.)

5. 6. ЦВЕТ

Цвет (лат. *flos*) је вегетативни орган који је развијен код скривеносеменица (*Angiospermae*). То је кратак изданак ограниченог растења чији су листови преображени како би учествовали у процесу полног размножавања.

Анатомска грађа и морфологија цвета

Цвет се развија из такозване цветне купе апикалног меристема. Делови цвета су цветна дршка, цветна ложа, чашични листићи, крунични листићи, прашници и оплодни листићи срасли у тучак (Сл. 95).

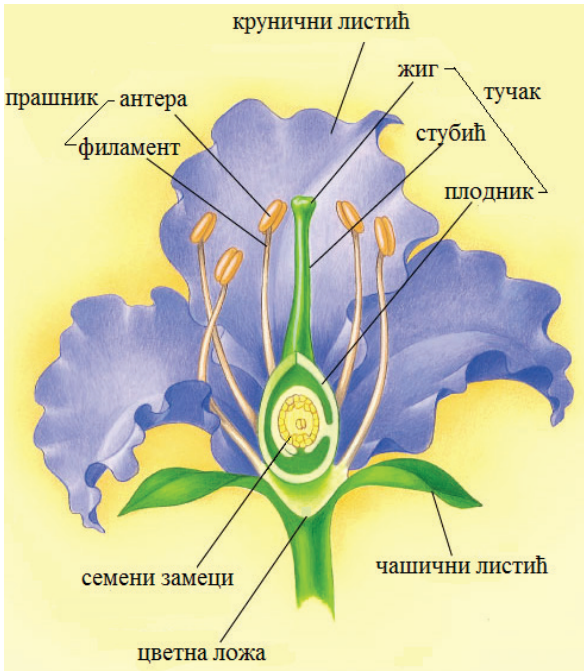
1) **Цветна дршка** полази са стабла и носи цвет. У ретким случајевима цвет нема цветну дршку. То је такозвани седећи цвет који се налази непосредно на стаблу. Цветна дршка излази из пазуха листа који се зове приперак или брактеја. Поред брактеје, додатно се могу јавити још један или два листића који се називају брактеоле.

2) **Цветна ложа** представља вршни проширени део цветне дршке. По облику може бити равна, удубљена или испупчена. На њој се налазе густо распоређени остали делови цвета. Распоред делова цвета може бити цикличан (циклични цветови), спиралан (спирални цветови) или комбинован (хемициклични цветови).

3) **Чашични листићи** (лат. *sepale*) представљају спољашњи део цветног омотача који је смештен по ободу цветне ложе. Сви чашични листићи једног цвета граде његову чашицу (*calyx*). Листићи чашице обично су зелени, чврсти, прекривени кутикулом и воском. У ретким случајевима преображени су у бодље или чуперке длака. Могу бити слободни, делимично или потпуно срасли у звоно или цев. Њихова основна улога је да штите остале делове цвета и чувају им влагу, нарочито док су они у стадијуму пупољка. Поред тога, код неких врста играју улогу круничних листића, штите младе плодове и олакшавају њихово расејавање.

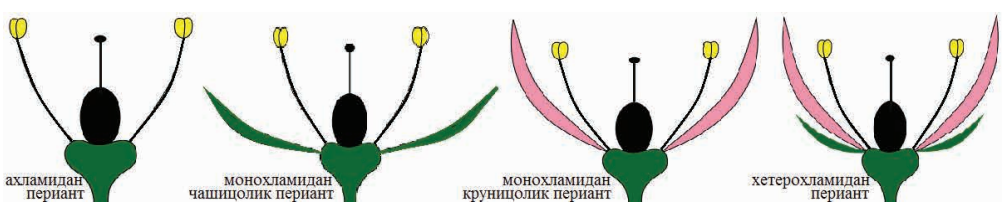
4) **Крунични листићи** (лат. *petale*) представљају унутрашњи део цветног омотача који је смештен дубље на цветној ложи. Сви крунични листићи једног цвета граде његову круницу (лат. *corolla*). Крунични листићи су крупнији, нежнији и упадљивије обојени од чашичних листића јер уместо хлорофила у њима су присутни други пигменти. Могу бити слободни (хорипеталан цвет), делимично или потпуно срасли међу собом (симпеталан цвет). У ретким случајевима могу се преобразити у нектарије. Њихова основна улога је да својом бојом, обликом и распоредом привлаче опрашиваче цвета. Због тога, биљке које се опрашују ветром обично имају ситну, неугледну круницу.

Слика 95. Делови цвета



Чашични и крунични листићи граде **цветни омотач периант.** Уколико је периант састављен од чашичних и круничних листића, он је потпун или **хетерохламидан**. Ако у перианту недостају чашични или крунични листићи, он је **монохламидан**. Уколико монохламидан периант има круничне листиће сличне чашичним, периант је чашицолик (коприва, кукурек), а уколико периант има чашичне листиће сличне круничним, периант је круницолик (висибаба, шафран) (Сл. 96). У случају да на цвету недостају и чашични и крунични листићи, и да цвет граде само прашници и тучкови, он је го или **ахламидан**.

Слика 96. Врсте цветног омотача



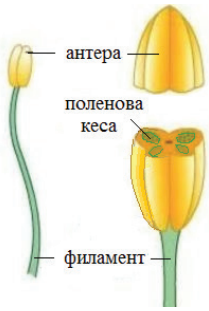
У зависности од тога колико се равни симетрије може повући кроз средину цвета, он може бити зигоморфан или актиноморфан (Сл. 97). **Зигоморфни** су они цветови кроз чију се средину може повући само једна раван симетрије. **Актиноморфни** су они цветови кроз чију се средину може повући већи број равни симетрије.

Слика 97. Зигоморфан и актиноморфан цвет

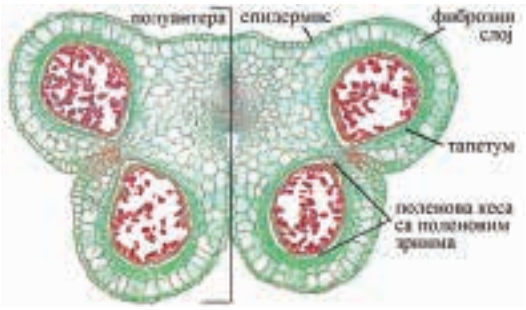


5) **Прашник** (лат. *stamens*) је мушки полни орган у коме се одвијају процеси важни за образовање мушких полних ћелија – микроспорогенеза и образовање поленових зрна. Током еволуције биљака настао је преображајем ситних листића микроспорофила. Прашници су дубље постављени на цветној ложи, а сви прашници у једном цвету чине такозвани **андрецеум** (лат. *androeceum*). Андрецеум се састоји од само једног (орхидеје), па до више стотина прашника (мимозе). Најчешће их је 3, 4, 5, 6 или 10. Обично су распоређени у једном до два круга.

Слика 98. Делови прашник



Слика 99. Пресек кроз антеру



Прашник се састоји из **прашничке нити** (лат. *filamentum*) и **прашнице** или антере (лат. *antera*) која је смештена на врху прашничке нити (Сл. 98). Прашничка нит може да буде листолика или разграната. Код појединих врста прашничке нити срастају међу собом и неједнаке су дужине. Такође, код појединих врста делимично срастају са круничним листићима или деловима тучка. Антера је изграђена од две полуантере (*theca*), а свака полуантера је подељене на две поленове кесе (лат. *loculi*). У поленовим кесама се образују поленова зрна која носе мушке полне ћелије (Сл. 99). **Поленова кеса** се састоји од епидермиса на површини, фиброзног слоја испод епидермиса, тапетума и поленових зрна у различитим фазама развоја. Улога фиброзног слоја је отварање поленове кесе у време сазревања полена. Тапетум је унутрашњи слој који обавија поленове кесе и складишти хранљиве материје неопходне за развој полена.

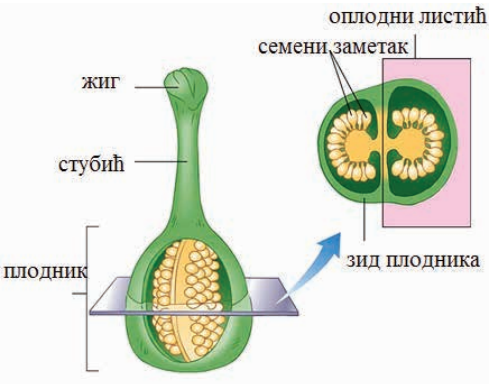
6) **Тучак** (лат. *pistill*) је женски полни орган у чијем се плоднику налазе семени замеци. Постављен је у средишту цветне ложе, а изграђен је од једног или већег броја оплодних листића, такозваних карпела. Оплодни листићи су током еволуције биљака настали преображајем ситних листића макроспорофила. Скуп свих оплодних листића у једном цвету чини такозвани гинецеум (лат. *gynoeceum*). Уколико је саграђен од једног оплодног листића чији су крајеви срасли, тучак је **монокарпан**. Уколико је саграђен од два или већег броја сраслих оплодних листића, тучак је **синкарпан**. Постоје и цветови са већим бројем самосталних монокарпних тучкова. То су цветови са такозваним **апокарпним** гинецеумом.

Делови тучка су жиг, стубић и плодник (Сл. 100).

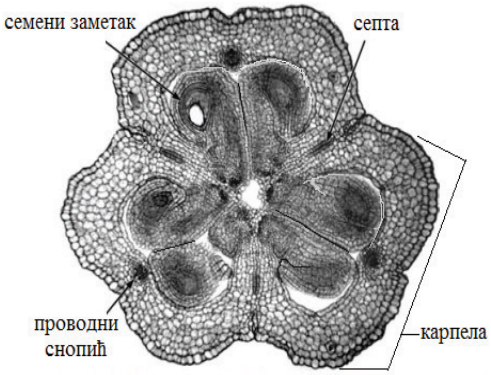
Жиг (*stigma*) се налази врху стубића тучка. Има улогу прихватања поленових зрна која падну на њега. Због тога је лепљив или длакав.

Стубић (*styllus*) спаја жиг са плодником тучка. Код неких цветова стубић може да одсуствује тако да се жиг налази непосредно на плоднику (седећи жиг).

Слика 100. Тучак и његов двоок плодник



Слика 101. Пресек кроз троок плодник

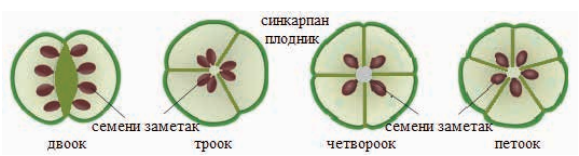


Плодник (лат. *ovarium*) је доњи проширени део тучка у коме се образују јајне ћелије и семени замеци. Плодник може да буде саграђен од једног оплодног листића (карпеле) чији су крајеви срасли (монокарпан), или може бити саграђен од већег броја оплодних листића (синкарпан). Оплодни листићи могу да расту својим крајевима тако да граде јединствен (несептиран) плодник. Такође, оплодни листићи могу да расту својим ободима сваки за себе и да граде плодник са више посебних коморица (септиран). Уколико се плодник састоји од једног оплодног листића или више оплодних листића која су срасла крајевима и граде јединствен несептиран плодник, такав плодник је **једноок** (Сл. 102). Уколико се плодник састоји од два или више оплодних листића који су срасли сваки за себе, он је **вишеок** (двоок, троок, четвороок, петоок...) (Сл. 103).

Слика 102. Структура плодника

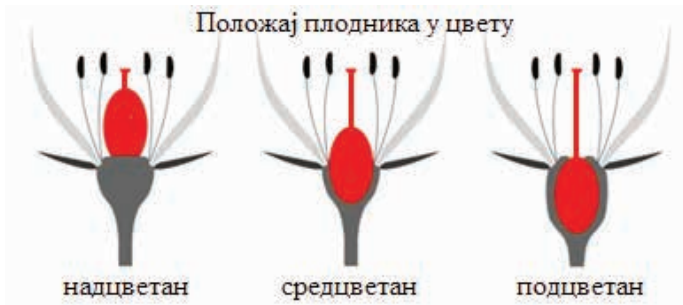


Слика 103. Типови вишеоких плодника



У односу на остале делове цвета, плодник може да буде подцветан, средцветан или надцветан (Сл. 104). **Надцветан плодник** налази се на врху цветне ложе, односно изнад осталих делова цвета. **Средцветан плодник** делимично је урастао у цветну ложу тако да се остали делови цвета налазе око његовог средишта. **Подцветан плодник** је потпуно урастао у цветну ложу тако да се остали делови цвета налазе изнад њега.

Слика 104. Положај плодника у односу на остале делове цвета



У плоднику (овариуму) налазе се **семени замеци** (Сл. 101). У зависности од врсте биљака, у плоднику је смештен један или више семених заметака. Место на коме је семени заметак везан за зид плодника назива се плацента. Преко плаценте семеном заметку стиже неопходна храна.

Опрашивање и оплођење

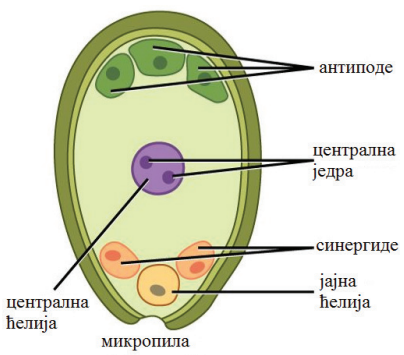
Цветови могу бити **двополни** када се у њима налазе и прашници и тучкови (јабука, крушка) или **једнополни** када једна врста цвета носи само прашнике (мушки цветови), а друга само тучкове (женски цветови). Биљне индивидуе које носе и мушке и женске цветове су **једнодоме** (орах, лешник). Биљне индивидуе које носе само мушке или само женске цветове су **дводоме** (топола, хмељ).

Опрашивање је процес преношења полена са антере прашника до жига тучка. Присутна су два облика опрашивања – самоопрашивање и унакрсно опрашивање. **Самоопрашивање** је процес преношења полена са антере прашника до жига тучка истог цвета или на цвет исте биљке. **Унакрсно опрашивање** је процес преношења полена са антере прашника једне биљке на жиг тучка друге биљке исте врсте. Полен преносе различите животињске врсте (биотичко опрашивање) и ветар или вода (абиотичко опрашивање).

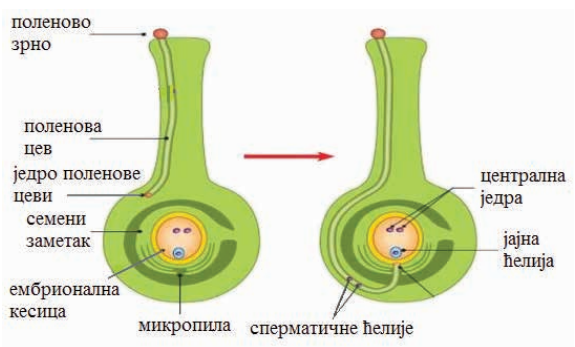
Поленова зрна се развијају у поленовим кесама. На површини су обавијена омотачем који се назива егзина. На **егзини** се налазе поре и различите скулптуре (бодљице, мреже) које су специфичне за сваку биљну врсту. Испод егзине је **интина** која представља унутрашњи, нежнији омотач. У средишту зрна је већа вегетативна ћелија богата хранљивим материјама и мања генеративна ћелија која се дели на две сперматичне ћелије (мушке гамете). Кад полен падне на жиг тучка, еластична интина се издужује, излази кроз неку од пора егзине, добија облик цеви која пролази кроз стубић и доспева до плодника тучка (Сл. 106). Након тога две сперматичне ћелије клизе низ ову цев и стижу до плодника тучка где се налазе семени замеци са женским полним ћелијама.

Семени заметак се састоји од **дршке** (фуникулуса), **омотача** (интегумента) и **ембрионалне кесице.** Омотач не сраста у потпуности, него оставља отвор (микропилу) кроз који улази поленова цев. Језгро ембрионалне кесице се дели на осам језгара. Два од ових језгара се спајају дајући централну ћелију ембрионалне кесице. Три језгра представљају јајни апарат који се трансформише у једну јајну ћелију и две помоћне ћелије (синергиде). Од остала три језгра образују се три ћелије које се називају антиподе (Сл. 105). Кад садржај поленовог зрна доспе у семени заметак, јајна ћелија се спаја са сперматичном ћелијом поленовог зрна и гради зигот који се развија у клицу. У исто време централна ћелија ембрионалне кесице спаја се са вегетативном ћелијом поленовог зрна и гради хранљиво ткиво ендосперм. Ендосперм храни клицу и омогућава јој развој.

Слика 105. Ембрионална кесица



Слика 106. Процес оплођења скривеносеменица



Цвасти

Цветови могу да буду појединачни или скупљени у цвасти. Цваст (*inflorescentia*) представља скуп цветова на заједничкој осовини. Цветови се налазе непосредно на осовини или на бочним гранама осовине.

У зависности од тога како се осовина грана и који је редослед отварања цветова, цвасти могу бити **моноподијалне** (рацемозне, центрипеталне) и **симподијалне** (цимозне, центрифугалне).

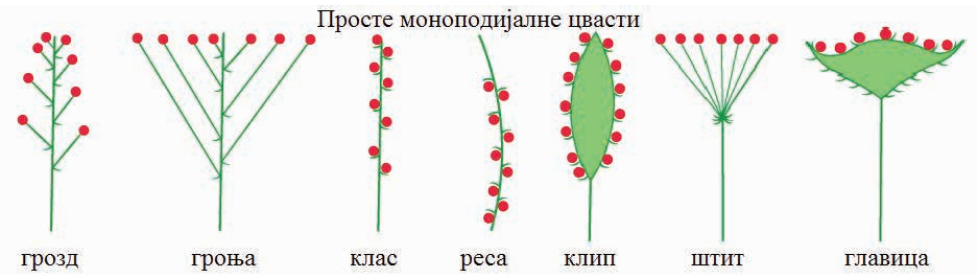
1) Код **моноподијалних цвасти** главна осовина дуго расте и образује цветове са стране, па се на крају и она сама завршава теменим цветом. Редослед отварања цветова је од базе према врху тако да је темени цвет најмлађи. Моноподијалне цвасти могу да буду просте и сложене. Код простих моноподијалних цвасти цветови се развијају директно на главној осовини. Код сложених моноподијалних цвасти цветови се развијају на бочним осовинама првог, другог или трећег реда.

а) **Просте моноподијалне цвасти** су грозд, клас, реса, клип, гроња, штит и главица (Сл. 107).

- **Грозд** (*racemus*) је цваст код које главна осовина расте образујући бочне наизменичне цветове на дршкама приближно исте дужине (багрем, ђурђевак, зумбул).
- **Гроња** (*corymbus*) је модификован грозд. Код ње је главна осовина скраћена и усправна, а бочни цветови се налазе на цветним дршкама неједнаке дужине тако да су сви у приближно истој равни (крушка, јабука, трешња).
- **Клас** (*spica*) је цваст код које главна осовина расте усправно образујући бочне наизменичне седеће цветове (боквица, орхидеје).
- **Реса** (*amentum*) је слична класу али је тања, без довољно механичких елемената, па због тога не стоји усправно, него виси (бреза, леска, орах, дуд, јова).
- **Клип** (*spadix*) је цваст код које је главна осовина јако задебљала и на њој се налазе спирално распоређени седећи цветови (козлац, женска цваст кукуруза, иђирот).
- **Штит** (*umbrella*) је цваст код које је главна осовина кратка, а испод њеног врха се из једне тачке образује већи број цветних дршки истих дужина тако да се цветови налазе у истој равни (јагорчевина, лук, шаргарепа)

- **Главица** (*capitulum*) је цваст са јако скраћеном и проширеном главном осовином на којој се налазе седећи цветови. Осовина цвасти може да буде тањираста (сунцокрет, красуљак) или елиптично испупчена (маслачак, камилица, детелина). Код појединих врста по један крунични листић периферних цветова је већи од осталих, тако да цваст на први поглед подсећа на цвет. Ова појава назива се псеуданција.

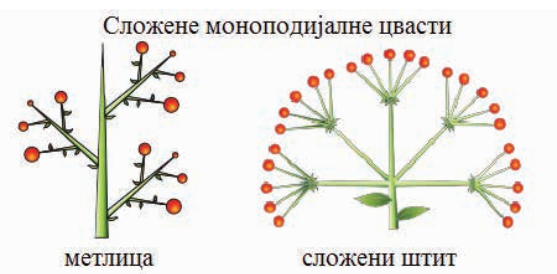
Слика107. Просте моноподијалне цвасти



б) **Сложене моноподијалне цвасти** су метлица, сложен клас и сложен штит (Сл. 108).

- **Метлица** (*panicula*) је цваст која се састоји од више гроздова (винова лоза, јоргован) или више класова (овас, траве).
- **Сложен клас** (*spica composita*) је цваст која се састоји од задебљале главне осовине на којој се уместо седећих цветова налазе прости класови (пшеница, јечам, раж).
- **Сложен штит** (*umbella composita*) је цваст код које се сваки бочни изданак простог штита уместо цветом, завршава новим штитом (першун, целер).

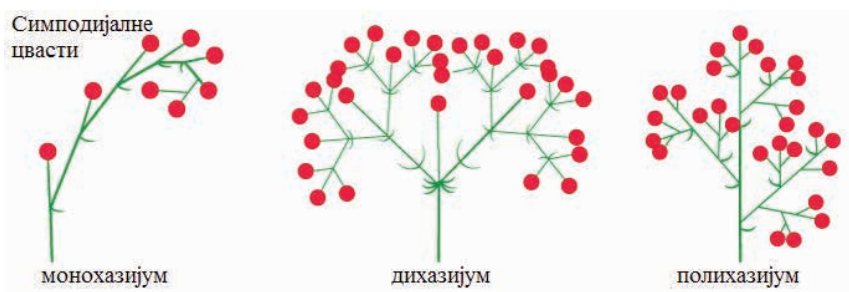
Слика108. Сложене моноподијалне цвасти



2) **Симподијалне цвасти** имају главну осовину која брзо престаје са растом и доноси цвет, а затим се испод тог вршног цвета развијају бочни изданци са цветовима који надвисују главну осовину. Бочни изданци премашују главну осовину само по дужини, али не и по јачини. Симподијалне цвасти су монохазијум, дихазијум и плејохазијум (Сл. 109).

- **Монохазијум** је цваст која се састоји од главне осовине испод чијег се цвета развија само једна бочна грана. Уколико се бочна грана савија према главној осовини, таква цваст је **увојак** (гавез). Уколико се бочна грана савија супротно од главне осовине, таква цваст је **срп**. У случају да бочне гране полазе наизменично, у леву, па у десну страну, таква цваст је **кривударка** (перуника).
- **Дихазијум** је цваст која се састоји од главне осовине испод чијег се цвета на истој висини једна наспрам друге развијају две бочне гране са цветом, и свака од њих поново образују гране (каранфил, валеријана).
- **Полихазијум** је цваст која се састоји од главне осовине испод чијег се цвета развија неколико (увек више од две) бочних грана које се завршавају цветом (зова, млечике, орлови нокти). Плејихазијум је сличан штиту, али за разлику од штита, отварање цветова је центрифугално.

Слика 109. Симподијалне цвасти



5. 7. ПЛОД

Плод (лат. *fructus*) је биљни орган скривеносеменица у коме се налази семе.

1) **Структура плода**

Плод се састоји се од плодовог омотача и семена. Његова улога је да штити семе и помаже његово расејавање. Плод се развија из плодника и других делова цвета или цвасти током сазревања семена. Поред плодника, у изградњи плодова могу да учествују цветна ложа, крунични и чашични листићи, па чак и осовина цвасти. Сваки део плода који није настао од плодника тучка назива се акцесорија.

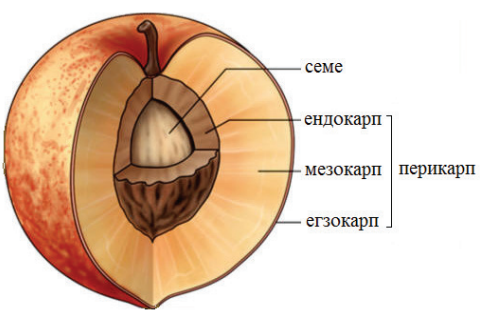
Плодов омотач другачије се назива **перикарп**. Овај омотач може да буде сочан или сув. Слојеви перикарпа су егзокарп, мезокарп и ендокарп (Сл. 110; Сл. 111).

Егзокарп (или епикарп) је спољашњи слој плода који настаје од спољашњег зида плодника. Саграђен је од једног или неколико слојева ћелија. На егзокарпу се често образују длаке, кукице, бодље, крилца и сличне творевине које олакшавају расејавање семена смештеног у плоду.

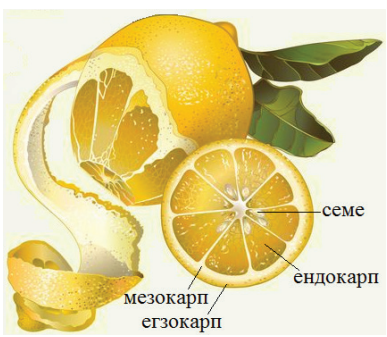
Мезокарп је средишњи слој плода. Настаје од паренхимских ћелија зида плодника. У њему су код неких плодова присутни и склереиди, ликина влакна или коленхим.

Ендокарп је унутрашњи слој плода који настаје од унутрашњег зида плодника. Саграђен је од једног или неколико слојева ћелија и обично се састоји од механичких ћелија које граде коштуницу (шљива, бресква, трешња) или пергаментни омотач (јабука, крушка, дуња). Код неких плодова може и да изостане.

Слика 110. Делови плода коштунице



Слика 111. Делови плода бобицеа



Семе је репродуктивни биљни орган присутан само код семеница (голосеменица и скривеносеменица). Настаје у плоднику тучка од оплођене јајне ћелије и осталих делова семених заметака. Представља клицу у латентном стању око које се налазе резервне материје које је хране, и семењача која је обавија. Семе се састоји из језгра и семењаче.

Језгро садржи клицу и хранљиво ткиво ендосперм.

Семењача је једнослојна или вишеслојна опна која настаје од опне семеног заметка. На њој се обично уочава пупчани ожиљак (хилум) на месту где се налазила дршка семеног заметка, и отвор микропила кроз који семе упија влагу и кроз који коренак излази при клијању. Семењача може да има и друге длакаве или крилате додатке.

2) **Подела плодова**

У зависности од тога како су настали, каква им је структура и како се отварају, плодови се деле на **просте** (моноантокарпне) и **сложене** (полиантокарпне). Прости плодови настају од једног цвета. Сложени плодови настају од цвасти.

а) **Прости плодови** могу бити посебни и збирни.

Посебни плодови настају од плодника једног тучка и самостално учествују у расејавању семена. У зависности од начина ослобађања семена, деле се на **пуцајуће** код којих се семе ослобађа пуцањем перикарпа, и на **непуцајуће** код којих се семе ослобађа труљењем перикарпа.

Посебни пуцајући сушни плодови имају сув перикарп саграђен од склеренхима. Обично се у њима налази више семена. Семе се из њих ослобађа пуцањем перикарпа. У ову групу плодова спадају мешак, махуна и чаура.

- **Мешак** је сушни плод настао од једног оплодног листића. Пуца по једном шаву на месту где је обод оплодног листића срастао. У цвету може да буде један или више мешака (божур, кукурек, љутић) (Сл. 112).
- **Махуна** је сушни плод настао од једног оплодног листића. Пуца по два шава. Присутна је код багрема, пасуља, грашка...
- **Чаура** је сушни плод настао од синкарпног плодника који се састоји од два или више оплодних листића. Чаура се отвара шавовима (татула) (Сл. 113), порама (мак) или поклопцем (буника). Посебни типови чауре су љуска и љушчица. **Љуска** је издужени вишесемени плод изграђен од два оплодна листића која су одвојена преградама (септама).

Отвара се по два уздужна шава и дужина јој је знатно већа од ширине (купус). **Љушчица** је такође изграђена од два оплодна листића која су одвојена преградама, али су јој дужина и ширина сличних димензија (хоћу-нећу).

Посебни непуцајући сушни плодови имају сув перикарп саграђен од склеренхима. Семе се из њих ослобађа труљењем перикарпа. У ову групу плодова спадају орашица, ахенија, крупа, цепајући плод и подељен плод.

- **Орашица** има сув одрвенео перикарп (леска, кестен, храст). Посебан тип орашице су ахенија и крупа. **Ахенија** је ситна орашица која је мање тврда од типичне орашице. Обично има вршни додатак у облику чуперка длака (маслачак, павит) (Сл. 114). **Крупа** је ситна орашица чији је перикарп срастао са семењачом (јечам, раж, кукуруз).
- **Цепајући плод** настаје од синкарпног плодника. Током сазревања распада се на онолико орашица колико је оплодних листића било у плоднику тучка (здравац, морач, слез).
- **Подељен плод** настаје од синкарпног плодника. Током сазревања распада се на орашице чији је број већи од броја оплодних листића у плоднику тучка (коприва, поречница).

Посебни непуцајући сочни плодови имају потпуно или делимично меснат перикарп. Семе се из њих ослобађа труљењем перикарпа. У ову групу плодова спадају бобица, коштуница и помум.

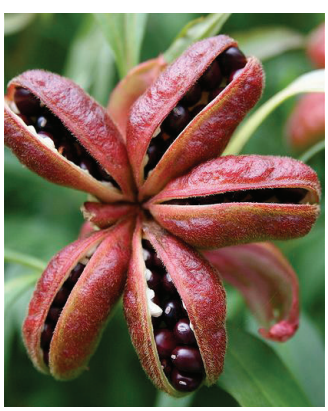
- **Бобица** је сочан плод без коштунице. Код ње су сви делови меснати, а на њиховој површини налази се заштитни епидермис (винова лоза, парадајз, краставац). Посебни типови бобице су хесперидијум и пепо. **Хесперидијум** је бобица која се јавља код цитруса (лимуна, поморанџе, грејпфрута). У овом плоду ендокарп је сочан, а мезокарп и егзокарп граде белу пулпу са кором. **Пепо** је тврда бобица. Код ње су егзокарп и цветна ложа срасли у чврсту кору, а мезокарп и ендокарп су меснати (лубеница, диња, тиква).
- **Коштуница** је сочан плод код кога ендокарп гради чврсту коштуницу, а мезокарп и егзокарп су меснати (шљива, кајсија, трешња, маслина). На њиховој површини налази се епидермис.
- **Помун** (или јабучасти плод) је сочан плод код кога меснати део настаје од синкарпног плодника тучка и разрасле цветне ложе. Ендокарп образује пет пергаментних кућица са по две семенке у свакој (јабука, крушка, дуња, глог).

Збирни плодови настају од цветова који имају већи број тучкова (апокарпан гинецеум). Од плодника сваког тучка развија се по један засебан плодић. Сви плодићи су повезани неким делом цвета тако да заједно опадају са биљке.

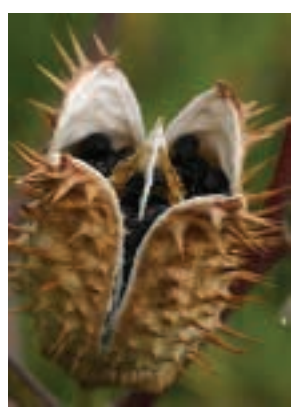
- **Збирна орашица** је збирни плод који се састоји од већег броја појединачних орашица које су повезане сочном цветном ложом (јагода) (Сл. 115; Сл. 116).
- **Збирна коштуница** је збирни плод који се састоји од већег броја појединачних коштуница окупљених око разрасле суве цветне ложе (купина, малина). Збирна коштуница присутна је и код руже, али су коштунице руже повезане удубљеном цветном ложом.

б) **Сложени плодови** (полиантокарпни) су плодови цвасти. Из сваког цвета цвасти развија се појединачан плод, али су сви појединачни плодови повезани неким делом цвета тако да опадају заједно. На пример, ситне орашице смокве налазе се у удубљеној и разраслој осовини цвасти (Сл. 117). Ситне орашице дуда повезане су осовином цвасти и сраслим листићима перианта.

Слика 112. Мешак божура



Слика 113. Чаура татуле



Слика 114. Ахенија маслачка



Слика 115. Збирна орашица јагоде



Слика 116. Орашица јагоде



Слика117. Сложени плод смокве



Плодови и семена се распростиру на више начина. **Аутохорија** је самораспростирање семена помоћу нарочитих творевина за њихово избацивање из плода на већу даљину. **Хидрохорија** је распростирањае плодова и семена помоћу воде. **Зоохорија** је процес распростирања плодова и семена помоћу животиња. **Анемохорија** је распростирање плодова и семена помоћу ветра. **Антропохорија** је распростирања плодова и семена помоћу човека.

ЖИВОТИЊСКА ТКИВА

6. ЖИВОТИЊСКА ТКИВА

Ткива вишећелијских животиња, почев од дупљара па до кичмењака, све су сложеније структуре. Код кичмењака ткива се према грађи и функцији деле се на везивно, мишићно, нервно, и епително.

6.1. ВЕЗИВНО ТКИВО

Везивно ткиво граде ћелије, влакна и течности углавном мезодермалног порекла. Ово веома хетерогено ткиво код адулутних организама има улогу у:

- формирању и одржавању облика тела;
- кретању;
- повезивању, потпори и заштити унутрашњих органа;
- транспорту и складиштењу материја;
- терморегулацији;
- одбрани организма од страних материја и микроорганизама итд.

Везивно ткиво може да буде 1) течно, 2) влакнасто, 3) хрскавичаво и 4) коштано.

1) **Течно везивно ткиво**

Течно везивно ткиво кичмењака су **крв** и **лимфа**, једина врста везивног ткива која не садржи влакна.

Крв је течно везивно ткиво које циркулише кроз крвне судове. Састављена је од течне крвне плазме (55%) и крвних ћелија које су потопљене у плазми (45%).

Крвна плазма је бледо жута течност која се састоји од воде (око 90%), крвних беланчевина (албумина, глобулина и фибриногена), глукозе, холестерола, хормона, креатинина, билирубина, мокраћне киселине, натријум-хлорида, калцијумових и магнезијумових соли, кисеоника, угљен-диоксида и других материја. Крвна плазма учествује у транспорту воде, гасова, хранљивих материја, хормона и сувишних продуката метаболизма, у одржавању ацидо-базне равнотеже организма, у коагулацији крви током крварења итд.

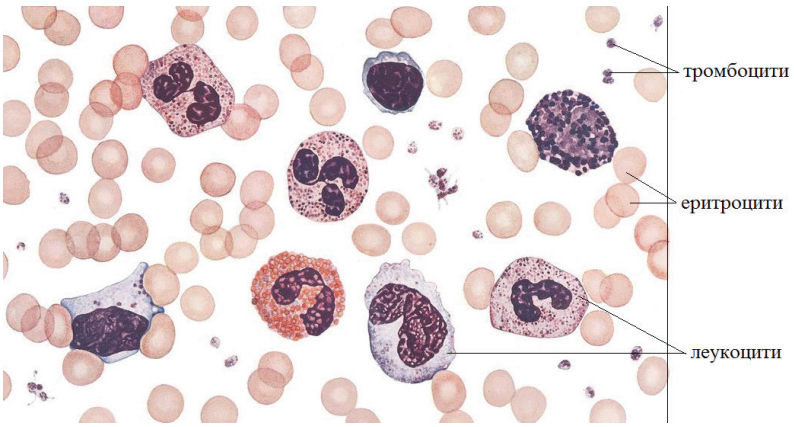
Крвне ћелије су црвена крвна зрнца, бела крвна зрнца и крвне плочице (Сл. 118). Крвне ћелије се стварају у коштаној сржи, а процес настанка крви назива се хематопоеза. Поред коштане сржи у стварању крвних ћелија учествују и грудна жлезда тимус, слезина и лимфни чворови.

Црвена крвна зрнца (еритроцити) (гр. *erythros* – црвен; *kytos* – ћелија), су ћелије без једра које код сисара имају облик биконкавног сочива. Састављена су од беланчевина, холестерина и крвног пигмента хемоглобина. Хемоглобин је металопротеин који еритроцитима даје црвену боју. Састоји се од четири пептидна ланца и хем групе састављене од порфиринског прстена у чијем се средишту налази гвожђе (Сл. 26). Основна улога еритроцита је транспорт кисеоника до других ткива и одвођење угљен-диоксида из њих.

Бела крвна зрнца (леукоцити) (гр. *leucos* – бео; *kytos* – ћелија), су ћелије са једром. Могу бити гранулоцити, лимфоцити и моноцити. **Гранулоцити** имају зрнасту цитоплазму и режњевито једро. Деле се на неутрофилне, еозинофилне и базофилне гранулоците. Ова група леукоцита учествује у активацији лимфоцита и у одбрани од микроорганизама, алергена и осталих страних молекула и тела које неутралише у процесу фагоцитозе. **Лимфоцити** имају веома крупно лоптасто једро. Учествују у стварању антитела и у уништавању туморозних ћелија и ћелија инфицираних вирусима. **Моноцити** имају бубрежасто једро. Из крвотока могу да пређу у друга ткива где фагоцитирају остатке изумрлих ћелија. Такође учествују у препознавању појединих микроорганизама и активацији лимфоцита или антитела који их даље уништавају.

Крвне плочице (тромбоцити) (гр. *thrombosis* – угрушак; *kytos* – ћелија), су ситне ћелије без једра, бинкокавног облика. Имају улогу у коагулацији (згрушавању) крви приликом повреда крвних судова тако да спречавају отицање крви. Током коагулације неактиван протеин протромбин се активира у тромбин. Тромбин даље активира неактиван протеин фибриноген у фибрин. Истовремено долази до брзе промене облика тромбоцита. Они на површини образују бројне кончасте наставке и са макромолекулима фибрина стварају тромбоцитни чеп који затвара повређен крвни суд.

Слика118. Крвне ћелије човека



Лимфа је течност која циркулише кроз лимфни систем. Има улогу посредника између крви и међућелијске течности која представља производ ћелијског метаболизма телесних ткива. По саставу је слична крвној плазми али њен састав може бити променљив у зависности од врсте и концентрације материја које преноси. Од крвних ћелија у њој су присутни лимфоцити.

2) **Влакнасто везивно ткиво**

Влакнасто везивно ткиво састоји се од везивних ћелија, везивних влакана и међућелијске супстанце (матрикса) у којој су распоређена везивна влакна. У међућелијској супстанци преовлађују гликозаминогликани и протеогликани који омогућују фиксацију везивних влакана у међућелијским просторима.

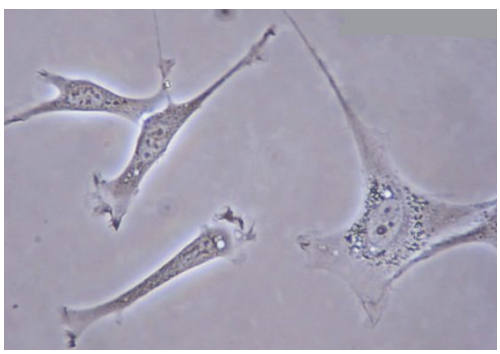
Везивне ћелије су различитог облика – неправилног, звездастог, округлог, овалног. Обично су урођене у међућелијску супстанцу. Најзаступљеније везивне ћелије су:

- **фибробласти** – покретне вретенасте ћелије са наставцима које одржавају структуру везивног ткива лучећи протеогликане, колаген и градивне протеине (Сл. 119);
- **макрофаги** – крупне покретне ћелије амебоидног облика које у процесу фагоцитозе разлажу стране честице и дотрајале ћелије, и истовремено коштану срж снабдевају гвожђем неопходним за синтезу хемоглобина;
- **адипоцити** – ћелије масног везивног ткива у којима се складиште триглицериди као извор резервне енергије.

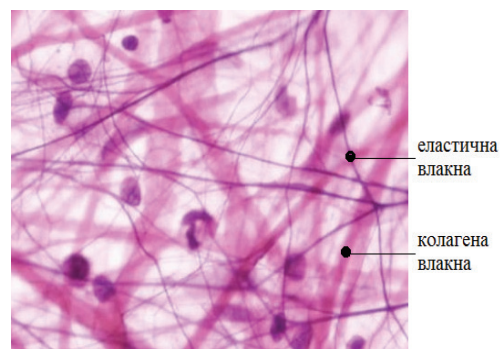
Везивна влакана граде чврсто и растресито везивно влакнасто ткиво (Сл. 120).

Чврсто влакнасто везивно ткиво састављено је од колагенских, еластичних и ретикуларних влакана урођених у међућелијску супстанцу. **Колагенска влакна** су чврста, дебела и савитљива. Састоје се од снопова кончастих макромолекула колагена. Сваки макромолекул колагена изграђен је од по три спирално увијена ланца аминокиселина. Ова влакна присутна су у лигаментима, тетивама, хрскавици, костима и кожи. **Еластична влакна** такође су изграђена од колагенских нити, али су танка, разграната и еластична. Присутна су у еластичним органима – плућима, крвним судовима, мембранама итд. **Ретикуларна (мрежаста) влакна** су такође колагенске природе. Граде потпорне мрежасте структуре у меким ткивима – јетри, слезини, коштаној сржи, лимфном систему.

Слика 119. Фибробласти



Слика 120. Везивна влакна



Растресито влакнасто везивно ткиво је најзаступљеније ткиво у телу кичмењака. Састоји се од колагенских и еластичних влакана утопљених међућелијску супстанцу. Налази се у органима, између њих и у мембранама повезујући мишиће, кости, нерве, кожу, крвне и лимфне судове. У овом ткиву се складиште масти, пигменти и леукоцити.

3) **Хрскавичаво везивно ткиво**

Хрскавичаво ткиво је потпорно везивно ткиво које је еластично и способно да издржи већи притисак. Због тога ово ткиво даје значајан допринос у очувању облика тела и пружању потпоре меким ткивима.

Слика 121. Хрскавичаво ткиво



Хрскавичаво ткиво граде хрскавичаве ћелије хондроцити и хондробласти, везивна влакна и међућелијска супстанца. Међућелијска супстанца изграђена је од колагена, хијалуронске киселине, воде, гликопротеина, протеогликана и других материја. **Хондробласти** су ћелије које луче међућелијску супстанцу и учествују у образовању хондроцита. Смештене су у периферном делу хрскавице (перихондијуму). **Хондроцити** су ћелије са значајним резервама гликогена и липида као извора енергије. Опкољене су међућелијском супстанцом, а смештене су у шупљинама (лакунама) ове супстанце (матрикса) (Сл.121).

На основу састава и грађе, разликују се три врсте хрскавице – стакласта, мрежаста и влакнаста хрскавица.

Стакласта (хијалина) хрскавица изграђена је од међућелијске супстанце са високим процентом протеогликана у коју су урођена чврста колагенска влакна распоређена без икаквог реда. У ембрионалној фази развоја представља највећу масу потпорног ткива коју временом замењује коштано ткиво. Код одраслих кичмењака задржава се као хрскавица носа, гркљана, душника, већих бронхија, ребара и зглобова. Код групе хрскавичавих риба гради хрскавичави скелет током читавог њиховог живота.

Мрежаста (еластична) хрскавица изграђена је од међућелијске супстанце у коју су урођена тања колагенска влакна и еластична влакна тако да је еластичнија и савитљивија. Присутна је у ушној шкољци, непчаној ресици, деловима гркљана и ситнијим бронхијама.

Влакнаста (везивна) хрскавица изграђена је од међућелијске супстанце у коју су урођена чврста колагенска влакна спојена у паралелне снопове. Између снопова уметнути су делићи стакласте хрскавице. Налази се у међупршљенским дисковима и на крајевима тетива које се везују за кост.

4) **Коштано везивно ткиво**

Коштано ткиво је потпорно везивно ткиво. Присутно је код већине одраслих кичмењака замењујући њихово хрскавичаво ембрионално ткиво. Уобличени елементи овог ткива су кости које граде скелетни систем. Коштано ткиво пружа телу потпору, везује мишиће и заједно са њима омогућује кретање, штити унутрашње органе, депонује јоне калцијума и фосфора, ствара крвне ћелије итд. Изграђено је од чврсте коштане међућелијске супстанце, везивних влакана и коштаних ћелија.

Коштана међућелијска супстанца другачије се назива **коштани матрикс**. Ова чврста супстанца састоји се од органских и неорганских материја и везивних влакана. Органске материје синтетишу се у коштаним ћелијама остеобластима. Од органских материја преовлађују колаген (95%), хијалуронан, протеогликани и гликопротеини. Од неорганских материја преовлађују јони калцијума, фосфора, магнезијума, калијума и натријума, бикарбонати и цитрати. Јони калцијума и фосфора граде аморфни калцијум-фосфат и кристале хидроксиапатита који формирају плочице постављене паралелно са колагенским влакнима.

Коштане ћелије су остеобласти, остеоцити и остеокласти.

Остеобласти су ћелије коштаног ткива са крупним језгрима (Сл. 122). Обично се налазе у групицама на површини коштане масе (периостеуму) и у њу залазе танким цитоплазматичним наставцима. Активно учествују у стварању и одржавању коштаног ткива синтетишући читав низ протеина колагене и неколагене природе. Синтетска активност остеобласта је под контролом хормона раста који излучује хипофиза, као и низа других хормона.

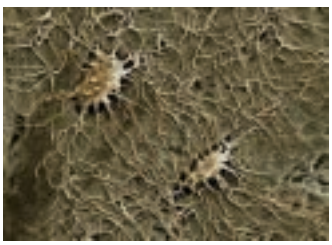
Остеоцити су ћелије смештене у коштаном матриксу, у просторима који се називају лакуне. На површини остеоцита наказе се танки цитоплазматични наставци који залазе у узане каналиће коштаног матрикса (Сл. 123). Преко наставака ове ћелије комуницирају како међу собом, тако и са остеобластима. На тај начин се обавља размена материја између ћелија. Попут остеобласта, и остеоцити синтетишу и излучују органске материје коштаног матрикса.

Остеокласти су веома крупне коштане ћелије. Покретни су, тако да им је облик променљив. Смештени су на површини коштане масе у улегнућима (лакунама) која саме стварају. То су такозване Хаушипове лакуне (Сл. 124). Синтетишу хидролитичке ензиме којима ресорбују и деминерализују коштани матрикс током растења и ремоделовања костију.

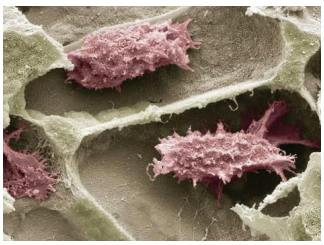
Слика 122. Остеобласти



Слика 123. Остеоцити



Слика 124. Остеокласти



<u>Структура коштаног ткива</u> је сложена пошто ово ткиво није хомогено. На попречном пресеку дугих костију нарочито се издвајају а) површинска везивна опна покосница, б) периферно компактно коштано ткиво и в) централно сунђерасто коштано ткиво.

а) Површинска везивна опна покосница (периостеум) покрива спољашњу површину костију осим у пределу зглобних површина које су прекривене стакластом хрскавицом. Покосница се састоји од спољашњег и унутрашњег слоја. У спољашњем влакнастом слоју смештени су крвни судови, а у унутрашњем слоју налазе се остеобласти који стварају коштано ткиво.

б) Периферно компактно коштано ткиво саграђено је од структурних јединица остеона (Сл. 125). У грађи остеона учествују коштане ћелије и коштани матрикс са влакнима. Сваки остеон састоји се од:

- Хаверзовог канала кроз који пролазе завршеци нерава, ситни крвни и лимфни судови;
- остеобласта, коштаних ћелија које облажу Хаверзов канал и синтетишу једињења коштаног матрикса;
- ламела коштаног матрикса које су распоређене концентрично око Хаверзовог канала;
- остеоцита, коштаних ћелија које су кружно распоређене између ламела у чије каналиће залазе својим цитоплазматичним наставцима и
- цемента, периферног слоја матрикса.

Формирана компактна кост састоји се од снопова остеона који су интерстицијалним ламелама повезани уздужно, а Волкмановим каналима попречно (Сл. 127).

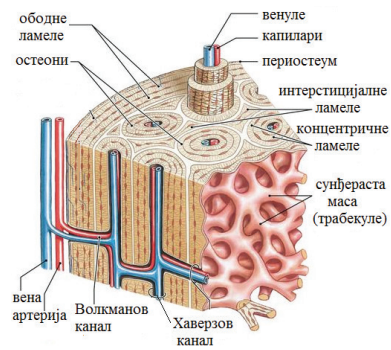
Слика125. Остеон



Слика 126. Трабекуле



Слика 127. Структура коштаног ткива



в) Централно сунђерасто коштано ткиво другачије се назива трабекуларно или спонгијасто ткиво. То је веома порозно ткиво које се налази у унутрашњости кости, нарочито на крајевима дугих костију, близу зглобова и у унутрашњости пршљенова. Основне структуралне јединице овог ткива су такозване **трабекуле** које су у облику стубића и плочица (Сл. 126). Трабекуле су састављене од коштаног матрикса, влакана и остеоцита, а на њиховој површини налази се опна ендостеум кроз коју пролазе крвни судови. Граде растреситу мрежасту структуру тако да је ово ткиво слабије и еластичније од компактног коштаног ткива. У шупљинама коштаног сунђерастог ткива налази се коштана срж и хематопоетске матичне ћелије од којих настају еритроцити, леукоцити и тромбоцити.

Коштана срж је мекано ткиво чију строму граде фибробласти, макрофаге, адипоцити, остеобласти, остеокласти и друге ћелије и влаква. У коштаној сржи налазе се и хематопоетске матичне ћелије од којих настају крвне ћелије, као и ћелије имуног система.

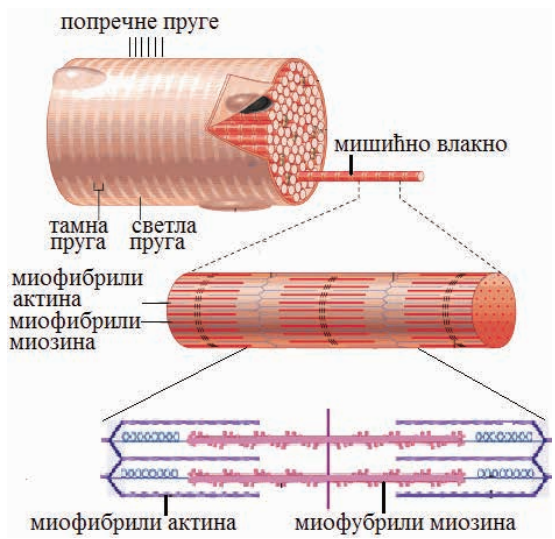
У организму човека постоје црвена и жута коштана срж. У црвеној коштаној сржи настају све врсте крвних ћелија (еритроцити, леукоцити и тромбоцити), док у жутој коштаној сржи настају поједине врсте леукоцита. Код новорођенчета сва коштана срж је црвена. Временом се она у неким костима преображава у жуту срж тако да код одраслих организама црвена срж остаје само у пљоснатим костима – у грудној кости, у костима кукова, кичме, ребара, рамена, у кључним костима, у своду лобање.

6.2. МИШИЋНО ТКИВО

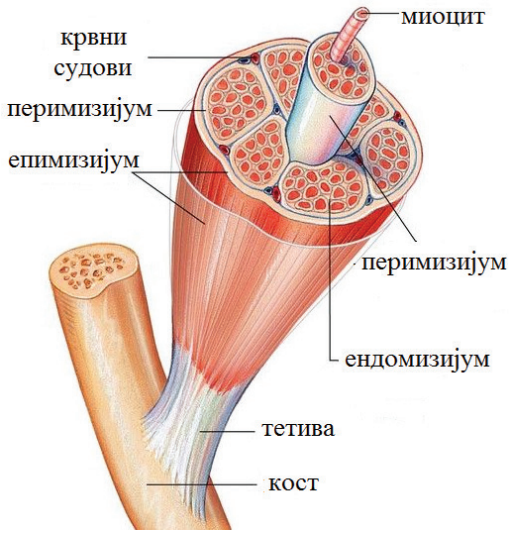
Мишићно ткиво је изграђено од ћелија миоцита које имају способност да трансформишу енергију хемијских веза у механички рад. На тај начин ово ткиво обезбеђује кретање читавог тела или појединих делова тела, контракцију и промену положаја појединих органа и одржавање свих виталних функција организма.

Основне особине мишићних ћелија су надражљивост и контрактилност. Надражљивост (ексцитабилност) подразумева присуство рецептора на ћелијској мембрани миоцита који примају дражи из спољашње и телесне средине и реагују на њих. Контрактилност подразумева способност сакупљања или скраћивања мишићних ћелија и ткива захваљујући присуству протеина актина и миозина. Ови протеини унутар миоцита граде полипептидне ланце (миофибриле). Актин је полимер састављен од два дуга међусобно спирално увијена протеинска ланца. Ти ланци су изграђени од мономера глобуларног актина. На сваком мономеру се налази по једно активно место за везивање миозина. Миозин је такође састављен од два дуга међусобно спирално увијена протеинска ланца. Међутим, они се на крајевима набирају и граде такозване миозинске главице у чији састав улазе и по два кратка протеинска ланца.

Слика 128. Структура попречно-пругастог мишићног влакна



Слика 129. Структура попречно-пругастог мишићног ткива



У односу на структуру миоцита, инервацију и начин контракције, мишићно ткиво дели се на: а) попречно-пругасто, б) глатко и в) срчано (Сл. 130).

а) **Попречно-пругасто (скелетно) мишићно ткиво** изграђено је од цилиндричних, дугачких и танких миоцита. Због таквог изгледа називају се и мишићна влакна. У њиховој цитоплазми (саркоплазми), налази се већи број једара и ћелијских органела, као и велика концентрација миофибрила актина и миозина. Једно од главних спољашњих обележја ових ћелија је испруганост у попречном правцу условљена распоредом актина и миозина. Миоцити су окружени биомембраном сарколемом и слојем растреситог везивног омотача који се назива **ендомизијум**. Миоцити су међу собом паралелно повезани тако да граде снопове миоцита који су обавијени омотачем који се назива **перимизијум**. На крају, ови снопови образују мишић и окружени су још једним везивним омотачем који се назива **епимизијум**. Кроз све ове омотаче пролазе крвни судови и нерви (Сл. 129).

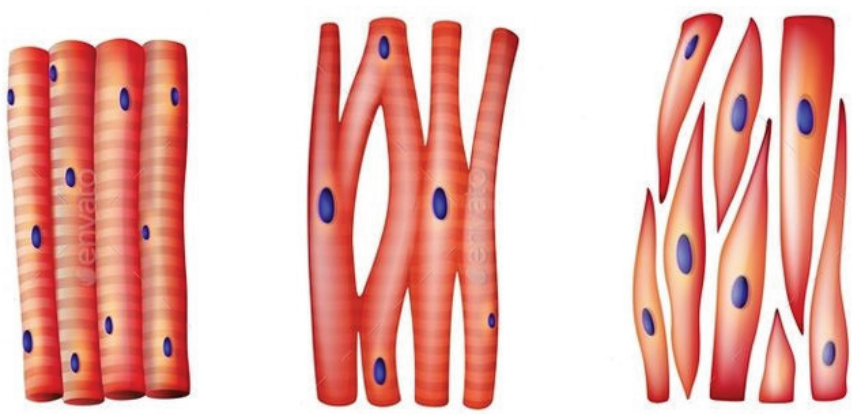
Попречно-пругасто мишићно ткиво код човека служи за кретање, за одржавање положаја тела, за мимику, говор, гутање, дисање и друге функције организма. Код човека изграђује мишиће трупа, удова, лица, врата, језика, непца, ждрела, гркљана, дијафрагме, највећег дела једњака, мокровода... Обично је одговорно за краткотрајне и снажне контракције, а инервишу га моторна и сензорна влакна цереброспиналног нервног система што значи да обавља вољне покрете. Изузетак су само мишићи једњака и дијафрагме.

б) **Глатко мишићно ткиво** граде једноједарни миоцити вретенастог облика. Актински и миозински миофибрили су у овим ћелијама другачије распоређени тако да код њих нема попречне испруганости.

Делови глатког мишићног ткива су вишејединични и једнојединични. **Вишејединични мишићи** изграђени су од миоцита које инервишу посебни нервни завршеци тако да се они контрахују независно једни од других. **Једнојединични мишићи** изграђени су од миоцита повезаних у листове или снопове које инервишу исти нервни завршеци тако да се контрахују као целина.

Глатко мишићно ткиво је прилагођено спорим и дуготрајнијим контракцијама слабијег интензитета тако да се не замара. Контрахује се спонтано или под утицајем ендокриног и аутономног нервног система. Улази у састав зидова цевастих органа и органа са шупљинама – крвних и лимфних судова, органа за варење, душника, мокраћне бешике, материце итд.

Слика130. Ћелије попречно-пругастог, срчаног и глатког мишићног ткива



в) **Срчано мишићно ткиво** по структури је слично попречно-пругастом, а по функцији глатком мишићном ткиву. Састоји се од снопова вретенастих миоцита (кардиомиоцита). Сваки кардиомиоцит има једно или два једра. Миофибрили актина и миозина у њима немају исти распоред као код попречно-пругастих ћелија. Из тог разлога, као и због присуства великог броја митохондрија, попречна испруганост је слабије изражена. Између суседних ћелија налазе се прелазне плоче које се називају интеркаларни дискови. Они омогућују брзо преношење импулса кроз срчани мишић.

Ово ткиво изграђује средишњи слој срчаног зида (миокарда) и средишњи слој плућних вена у близини њиховог ушћа у срце. Срце се састоји од две врсте срчаног мишићног ткива. Једна врста гради радну мускулатуру одговорну за контракције, а друга врста гради проводну мусклулатуру која је одговорна за стварање и провођење импулса до контрактилних влакана. Срчани мишићи се контрахују ритмично и аутоматизовано, а инервише их вегетативни нервни систем (симпатикус и парасимпатикус). Сигнали који изазивају срчане контракције настају у зиду десне преткоморе, с тим што на његов ритам утиче нервни систем.

Поред описаних, постоји још неколико врста мишићних ћелија. **Миоепителне ћелије** се налазе у жлездама и њиховим изводним каналима. Ове ћелије стимулишу ослобађање жлезданог секрета. **Миофибробласти** граде строму појединих органа, продукују колагена влакна и испољавају контрактилна својства. **Перицити** су контрактилне ћелије које се налазе у зидовима капилара и малих венских судова. Регулишу проток крви, пропустљивост зидова ситних крвних судова и имају способност фагоцитозе.

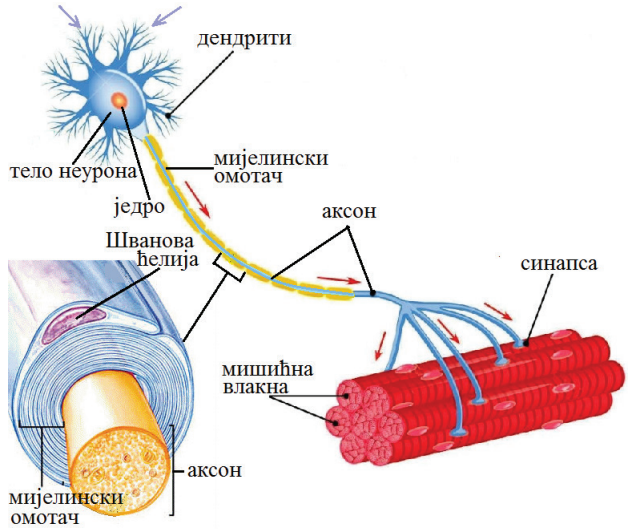
6.3. НЕРВНО ТКИВО

Нервно ткиво гради нервни систем. Ово ткиво омогућује реакције организма на промене у спољашњој средини, као и реакције на промене унутар самог организма. Његова улога је комуникација организма са окружујућом средином и између делова организма. Оно прима информације, комбинује их, преноси до различитих делова тела и обезбеђује адекватан одговор других ткива, органа и органских система на њих. У зависности од правца преношења импулса (информације), неурони могу да буду сензитивни и моторни. **Сензитивни неурони** импулс преносе од рецептора до централног нервног система. **Моторни неурони** импулс преносе од централног нервног система до рецептора.

Нервно ткиво се састоји од а) нервних ћелија који преносе информације и б) пратећих ћелија које помажу неуронима у обављању функције.

а) **Нервне ћелије** – **неурони,** су специјализоване ћелије које имају карактеристичан врпчаст облик. Неурони имају тело (перикарион) са кога полазе две врсте цитоплазматских наставака помоћу којих примају надражаје и преко којих реагују на те надражаје. Ови наставци се називају дендрити и аксони (Сл. 131).

Слика131. Грађа нервне ћелије



Тело неурона има језгро и већи број других ћелијских органела. У зависности од тога какав је облик тела, неурони могу бити звездасти, пирамидални, вретенасти и зрнасти који имају мало лоптасто тело.

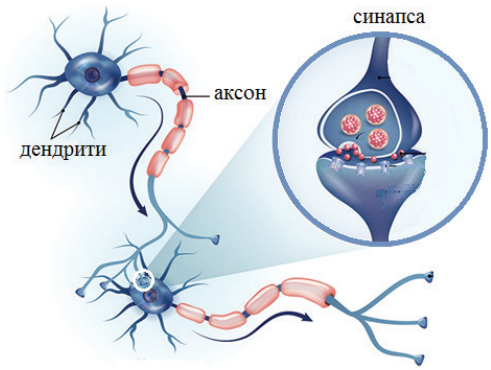
Дендрити (грч. *dendron* – дрво) су кратки разгранати наставци неурона који примају надражаје од других неурона и спроводе их до тела неурона. На телу неурона обично су присутни у већем броју. Примају надражаје за бол, додир, топлоту, укус, мирис, звук итд.

Аксони (грч. *axon* – осовина) или неурити су дугачки наставци неурона који се гранају на самом крају. Неурон има по један аксон који прима надражаје од тела неурона и преноси их до аксона, дендрита или тела других неурона.

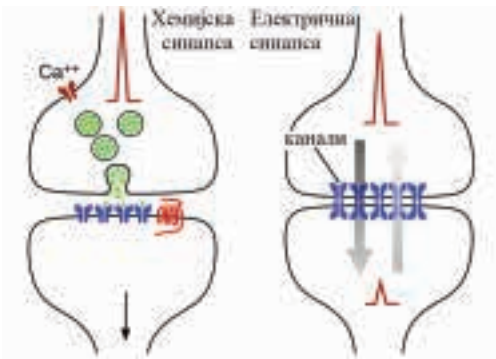
Аксон је обавијен мијелинским омотачем који је богат липидима. Улога мијелинског омотача је изолација аксона и повећавање брзине преношења електричних импулса дуж аксона. Овај омотач не прекрива аксон у континуитету, него се дуж аксона налазе фрагменти мијелина између којих се налазе празнине, такозвана Ранвијеова сужења. У централном нервном систему мијелин производе пратеће ћелије олигодендроцити, док га у периферном нервном систему производе Шванове ћелије.

Место комуникације аксона једног неурона са аксоном, дендритом или телом другог неурона, назива се **синапса** (Сл. 132). Синапсе могу бити хемијске или електричне (Сл. 133).

Слика 132. Синапса између два неурона



Слика 133. Хемијска и електрична синапса



Хемијске синапсе се остварују преко хемијских преносника. Кад нервни импулс стигне до краја аксона, аксон излучује неуротрансмитер који допире до рецептора суседне нервне ћелије и изазива појаву електричног импулса. На тај се начин електрични импулс преноси са једне на другу нервну ћелију или са нервне ћелије на друге ћелије. Хемијска синапса образована између моторног неурона и попречно-пругасте мишићне ћелије назива се моторна плоча или нервно-мишићна синапса (Сл. 131). У групу једињења неуротрансмитера спадају ацетилхолин, норадреналин, адреналин, допамин, серотонин, глицин, глутамин итд. Хемијским синапсама се импулси преносе из централног нервног система и то увек у једном правцу.

Електричне синапсе се остварују преко канала за директно провођење електричних сигнала (нервних импулса). Ови канали називају се пукотинасте везе. Састоје се од наспрамних канала (конексона) суседних нервних ћелија који се спајају у један канал (Сл. 133). Конексони су изграђени од по шест кружно распоређених молекула протеина конексина који граде зидове канала. Електричне синапсе стварају неурони са срчаним и глатким мишићним ћелијама. У овим синапсама електрични импулси се преносе веома брзо што омогућује да се мишићне ћелије истовремено контрахују. За разлику од хемијских синапси, електричним синапсама се импулси преносе у оба правца.

Према правцу ширења импулса, неурони се деле на **сензорне неуроне** (аферентне) који надражај преносе од рецептора до одговарајућег центра у централном нервном систему, **моторне неуроне** (еферентне) који надражај преносе од централног нервног система до ефектора и **асоцијативне неуроне** (уметнуте) који се налазе у централном нервном систему и надражај преносе од сензитивних ка моторним неуронима.

б) **Пратеће ћелије** називају се још и ћелије неуроглије или глијалне ћелије. Међусобно се разликују по ембрионалном пореклу, по месту и улози у нервном систему. Ове ћелије прехрањују неуроне, пружају им потпору, изолацију и имунолошку заштиту. Навешћемо улогу неких од њих. **Олигодендроцити** излучују мијелинску опну аксона у централном нервном систему. **Шванове ћелије** такође излучују мијелинску опну аксона, али у периферном нервном систему. **Астроцити** нервном ткиву мозга и кичмене мождине обезбеђују хранљиве материје, екстрацелуларну равнотежу јона, регулацију крвотока, зарастање оштећења након траума и инфекција. **Епендимске ћелије** су епителне ћелије које облажу коморе мозга и централни канал кичмене мождине. **Микроглије** обезбеђују нормално функционисање мозга тако што детектују сва оштећења и инфекције нервних ћелија и одмах реагују на њих. У оваквим случајевима мигрирају ка местима инфекције или повреде, брзо се активирају, мењају форму и почињу да луче материје које усмеравају имунолошке одговоре. Део њих се преображава у фагоците који фагоцитирају и неутралишу микроорганизме, стране материје и честице или делове оштећених ћелија.

6.4. ЕПИТЕЛНО ТКИВО

Епително ткиво (епител) је покровно ткиво које се састоји од збијених и међусобно повезаних епителних ћелија. Ово ткиво покрива површину тела и унутрашњих органа, телесне шупљине и изводне канале. У зависности од врсте епитела и места на којима се налази, он има заштитну, ресорпцијску, секреторну или неку другу улогу.

Компактан слој епителних ћелија належе на **подепителну ламину** коју изграђује ванћелијски матрикс. Састоји се од базалне ламине коју ствара епително ткиво и дубље постављене фиброретикуларне ламине коју ствара везивно ткиво. Подепителна ламина везује епително за доње везивно ткиво. Пошто до епитела не долазе крвни судови, ова ламина истовремено омогућава дифузију кисеоника и хранљивих материја из везивних у епителне ћелије.

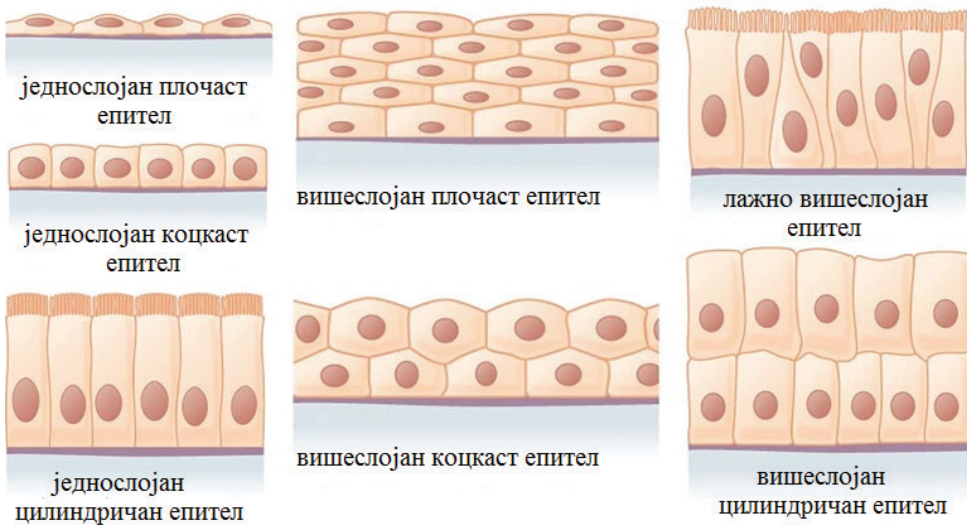
Епително ткиво је једнослојно или вишеслојно.

а) **Једнослојни епител** у зависности од изгледа и улоге коју има може да буде плочаст, коцкаст или цилиндричан. **Плочаст** (нископризматичан) **епител** састоји се од ћелија чија је ширина већа од висине. Овај епител облаже зидове крвних и лимфних судова (ендотел), трбушне дупље (мезотел), перикарда, плућних алвеола, мождане опне итд. **Коцкаст епител** састоји се од ћелија приближно једнаких димензија. Овај епител облаже бубрежне тубуле, изводне каналиће егзокриних жлезда, јајнике итд. **Цилиндричан епител** састоји се од ћелија чија је висина већа од ширине. Поједини делови цилиндричног епитела имају цилије тако да граде трепљасти епител. Овај епител облаже зидове дигестивног тракта, бронхија, делове утеруса, јајовода, бешике, итд. Посебан тип једнослојног епитела је **лажно вишеслојан епител** (псеудостратификован епител). Он се састоји од једног слоја цилиндричних ћелија различитог облика и положаја једра тако да одаје утисак вишеслојног епитела кад се посматра под микроскопом (Сл. 134).

б) **Вишеслојан епител** састоји се од више слојева ћелија. Најдубљи (почетни) слој у контакту је са подепителном ламином. Он се састоји из недиференцираних ћелија чијим деобама настају горњи слојеви диференцираних ћелија. Према облику, ћелије вишеслојног епитела такође се деле на плочасте, коцкасте и цилиндричне. **Вишеслојан плочаст епител** може да буде некератизован и кератизован. Некератизован плочаст епител облаже усну дупљу, једњак, вагину. Кератизован плочаст епител (покожица) налази се на површини коже која облаже тело у целини. **Вишеслојан коцкаст** епител облаже изводе егзокриних жлезда (млечних, знојних, пљувачних). **Вишеслојан цилиндричан епител** облаже изводне канале крупнијих егзокриних жлезда и делове мокраћне цеви мушкарца.

Покожица (епидермис) је вишеслојан плочаст епител који представља површински део коже. Покожица бескичмењака је једнослојна и покривена кутикулом. Покожица кичмењака је вишеслојна, изграђена од слојева плочастих ћелија. Доњи слојеви покожице представљају такозвани герминативни слој. Они су активни током читавог живота и деобама образују горње слојеве. У ћелијама горњих слојева покожице долази до процеса орожњавања. Током овог процеса у ћелијама се гомила рожна материја кератин што доводи до њиховог изумирања. Због тога се на самој површини тела образује слој мртвих ћелија – **рожни слој** који има заштитну улогу.

Слика134. Врсте епителa по изгледу и структури



Жлездани епител је посебна врста епителa који је изграђен од жлезданих секреторних ћелија. Ове ћелије стварају одређене материје које у процесу егзоцитозе избацују у ванћелијску средину. Жлездане ћелије често са другим ткивима граде жлезде. Према типу секреције разликују се ендокрине, егзокрине и егзокрино-ендокрине жлезде.

Ендокрине жлезде су жлезде са унутрашњим лучењем. су Оне немају изводне канале тако да своје секрете (хормоне) избацују у међућелијски простор, а из њега у крв, лимфу или цереброспиналну течност којима доспевају до органа на које делују (хипофиза, епифиза, штитаста, грудна, надбубрежна жлезда).

Егзокрине жлезде су оне жлезде које имају изводне канале. Овим каналима секрети се избацују у телесну дупљу или у спољашњу средину (лојне, знојне, млечне, пљувачне, сузне жлезде).

Егзокрино-ендокрине жлезде су оне жлезде које своје секрете избацују у међућелијски простор или у неку телесну шупљину (панкреас, полне жлезде).

ОРГАНИ И СИСТЕМИ ОРГАНА ЖИВОТИЊА

7. ОРГАНИ И СИСТЕМИ ОРГАНА ЖИВОТИЊА

Органи су делови организма састављени од једног или више ткива. Сваки орган има одређен облик, величину, положај и функцију. **Систем органа** је група органа који заједно, као целовит биолошки систем, обављају једну или више специфичних функција у организму.

Најсложенији систем органа присутан је код кичмењака. Код ове групе животиња разликују се скелетни, мишићни, нервни, кардиоваскуларни, респираторни, дигестивни, уринарни, репродуктивни, ендокрини и покровни систем.

7.1. СКЕЛЕТНИ СИСТЕМ

Скелетни систем (грч. *skeletos* – суво тело) даје телу чврстину, представља ослонац за мишиће и штити мекане телесне органе.

Код бескичмењака скелет представља унутрашњу рожну или спољашњу структуру, тако да се назива **спољашњи** или **егзоскелет**. Сунђери имају унутрашњи скелет од калцијум-карбоната или рожне материје спонгина. Дупљари такође имају скелет од рожне материје. Мекушци имају спољашње љуштуре најчешће од калцијум-карбоната. Бодљокошци имају скелет од чврстих плоча које могу да срасту у оклоп или су међусобно спојене мишићима. Код зглавкара на површини тела налази се чврста хитинска кутикула која штити тело и представља ослонац за мишиће. Овај егзоскелет је изграђен од већег броја плоча које покривају тело и екстремитете. Појединачне скелетне плоче су међусобно покретно спојене што омогућује покретљивост тела. Пошто овакав егзоскелет ограничава раст зглавкара, они се морају пресвлачити. Пресвлачење представља повремено одбацивање старе кутикуле, а затим образовање нове. Поред спољашњег скелета, код

неких група бескичмењака присутни су и елементи унутрашњег скелета. На пример, поједини мекушци и зглавкари имају хрскавичаву чауру која штити мозак.

За разлику од бескичмењака, код кичмењака скелет је унутрашња структура тако да се назива **унутрашњи** или **ендоскелет**. У току еволуционог развића кичмењака најпре се појавио скелет везивне природе (**хорда**) који је касније замењен хрскавичавим, а потом коштаним скелетом. Хрскавичав скелет и даље је присутан код најнижих кичмењака (колоуста и хрскавичавих риба којима припадају ајкуле и раже), док остали кичмењаци почев од риба са коштаним скелетом (кошљориба), имају коштани скелет. Кости скелетног система птица по својој структури разликују се од костију других копнених кичмењака јер су прилагођене да издрже напоре узлетања, лета и слетања. Многе кости птица су шупље (пнеуматизоване), са унутрашњим решеткама које им пружају потпору. Уз то, респираторни систем многих врста птица образује шупље ваздушне кесе око полушупљих костију.

Скелет је по грађи врло сличан код свих кичмењака. Њега чини а) осовински скелет, б) скелет удова и в) кожни скелет.

а) **Осовински скелет** састоји се од главеног скелета, кичме, ребара и грудне кости.

Главени скелет чине лобања и вилично-језични апарат.

Почев од кошљориба, **лобања** је састављена од већег броја сраслих костију. Код свих риба она је непокретно везана за кичменицу што погодује пробијању кроз воду. Код копнених кичмењака лобања је покретно везана за кичменицу захваљујући покретним зглобним наставцима који залазе у одговарајућа удубљења на првом кичменом пршљену. Код сисара су присутна два покретна зглобна наставка.

Главеном скелету припада и **шкржни (висцеларни) скелет** који се код хрскавичавих риба састоји од 6 до 7 пари, а код кошљориба од 4 пара шкржних лукова који имају улогу подупирача шкрга. Код осталих кичмењака током еволуције прва два шкржна лука изгубила су првобитну функцију и ступила су у везу са лобањом. Они су се преобразили у **вилично-језични апарат.** Први лук је преображен у **вилични (мандибуларни) лук** који подупире и уоквирује усни отвор, а други је преображен у **језични (хиоидни) лук** који служи као ослонац језику. Он истовремено повезује први лук са лобањом. Код коштаних риба је у горњој вилици присутна квадратна кост, а у доњој вилици артикуларна кост. Преко ових костију зглобљене су горња и доња вилица.

Код сисара квадратна и артикуларна кост прешле су у средње ухо и од њих су настале слушне кошчице **чекић** и **наковањ**. Трећа слушна кошчица – **узенгија**, настала је од дела језичног лука. Остатак шкржног скелета код сисара је преображен у подјезични скелет и хрскавицу гркљана.

Кичменица или кичма (лат. *columna vertebralis*) је чврст и еластичан осовински коштани стуб изграђен од покретно зглобљених кичмених пршљенова. Она кичмењацима омогућава брзо и разнолико кретање – ход, трчање, скакање, гмизање, пливање, летење. Код колоуста су присутни само хрскавичави зачеци кичменице. Код хрскавичавих риба (ајкула и ража) кичменица је потпуно развијена, али је хрскавичава. Код кошљориба и осталих кичмењака кичменица је потпуно окоштала.

Кичмени пршљен (лат. *vertebra*) је неправилна кост на којој се разликује тело, лук који са телом формира отвор кичменог канала и три врсте наставака – ртни наставак који представља трнолики продужетак лука, два попречна наставка која представљају потпору ребрима и по два горња и доња наставка која представљају места зглобљавања суседних пршљенова (Сл. 136). Између пршљенова смештени су међупршљенски дискови изграђени од влакнасте хрскавице.

Пршљенови се међу собом незнатно разликују у зависности од тога који регион кичменице граде. Код риба су присутна само два региона кичменице – трупни и репни. Код копнених кичмењака присутно је пет региона – вратни, грудни, слабински, крсни и репни који је код човека закржљао и образује тртичну кост. Број кичмених пршљенова се разликује код различитих група кичмењака. Кичменица човека састављена је од 32-33 пршљена.

Код гмизаваца, птица и сисара за грудне пршљенове кичменице везана су ребра. **Ребра** (лат. *costae*) представљају дугачке, закривљене кости које се са трбушне стране тела везују за грудну кост (лат. *sternum*) тако да са њом образују грудни кош. Код човека присутно је 12 пари ребара, а првих седам је хрскавицом повезано за грудну кост. Основна улога грудног коша је да штити виталне органе, првенствено срце, плућа, једњак, душник и крвне судове. Грудни кош је одвојен од трбушне дупље плућном дијафрагмом која уједно регулише и дисање. Покретима дијафрагме, грудни кош се шири и скупља тако да има улогу и у процесу дисања.

б) **Скелет удова** (екстремитета) код кичмењака је паран или непаран. **Непарни удови** су заступљени само код колоуста и риба у виду непарних пераја. Непарна пераја су леђно, репно и анално, док су парна пераја грудна и трбушна. **Парни удови** су присутни код свих осталих кичмењака. Они се састије од непокретног дела (раменског и карличног појаса) који даје ослонац скелету покретног дела удова. Парни удови су предњи и задњи.

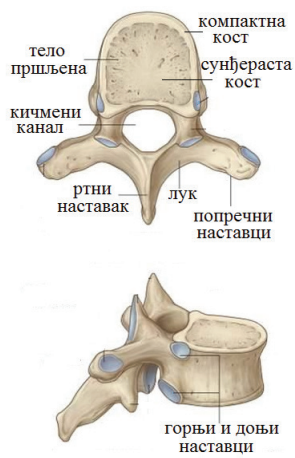
Предњи удови сисара састоје се од непокретног раменог појаса и покретних костију. **Рамени појас** састоји се од три парне кости – **лопатице** која је на леђној страни, и **кључњаче** и **коракоидне кости** које су на трбушној страни. Ове две кости се ослањају на грудну кост. Коракоидна кост је редукована и сведена на наставак на лопатици назван гавранов кљун. Код неких сисара као што су копитари и зверови, ишчезла је и кључна кост тако да се њихов рамени појас састоји само од лопатице.

Покретни део скелета предњих удова чине рамењача, жбица, лакатна кост, кости корена шаке, кости шаке и кости прстију. Број прстију код кичмењака примарно износи пет. Међутим, код многих је дошло до њихове редукције услед различитог начина кретања. Код птица у крилима су остала три прста. Код папкара има их четири (два дужа и два краћа) или само два, а код копитара их има три или само један.

Слика 135. Делови скелетног система човека



Слика 136. Грађа пршљена



Задњи удови се састоје од непокретног карличног појаса и покретних костију. Карлични појас је причвршћен за крстачни регион кичмењице. Граде га по три кости – **бедрењача** која је на леђној страни, и **седњача** и **препоњача** које су на трбушној страни. Покретни део скелета задњих удова граде карлична кост, бутна кост, голењача, лисњача, кости корена стопала, кости стопала и кости прстију. Покретни део скелета задњих удова изграђен је по истој шеми као и скелет предњих удова.

ц) **Кожни скелет** присутан је код хрскавичавих риба (ајкула) у виду кожних зубића, код кошљориба у виду крљушти смештених у крзну коже, код корњача и крокодила у виду коштаних плоча које су прекривене рожним плочама и образују оклоп. Код корњача оклоп је срастао са кичменицом и ребрима, тако да оставља само отворе за протурање главе, репа и удова. Међу сисарима само оклопници (армадилоси) имају развијен кожни скелет у виду коштаних плоча покривених рожним плочама.

7.2. МИШИЋНИ СИСТЕМ

Мишићни систем или мускулатура (лат. *musculus* – мишић) учествује у кретању делова тела или целог тела, као и у многим физиолошким процесима као што су исхрана, дисање и циркулација крви.

Мишићно ткиво је везано за скелетни систем који им пружа потпору. Снопови мишића за кост се везују тетивама. Оне представљају наставке мишићних снопова у облику плоча или жила које на кости преносе снагу мишића. Састоје се од међућелијске супстанце, везивних ћелија и везивних влакана, првенствено колагенских. На крајевима тетива присутна је и влакнаста хрскавица.

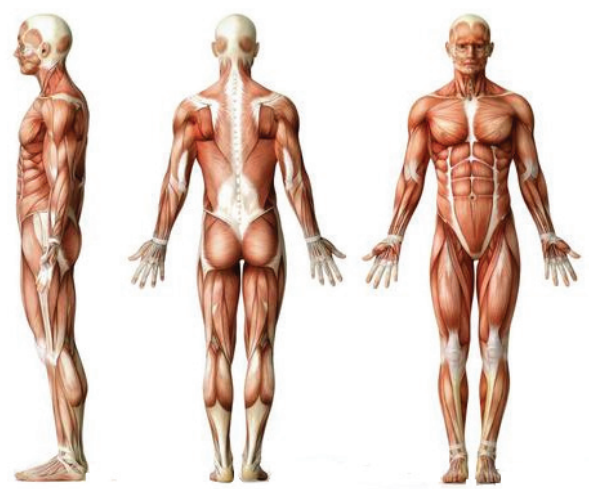
Мишићи су у присној вези и са нервним влакнима. Сваки мишић инервише посебан нерв. Место њихове комуникације назива се синапса. Мишићно влакно или сноп понавља само једну врсту покрета. Због тога су мишићни снопови појединих делова тела везани у функционалне целине које делују антагонистички. На пример, двоглави мишић на предњој страни надлактице човека савија руку, а троглави мишић на задњој страни надлактице је опружа.

Када је реч о бескичмењацима, код појединих група присутно је мишићно ткиво једноставне грађе. Код чланковитих црва испод епидермиса постоји слој кружне, а дубље и слој уздужне мускулатуре која обезбеђује контракције тела. Код мекушаца су нарочито добро развијени мишићи плашта и стопала. Код бодљокожаца је мишићни систем такође добро развијен и често везан за плоче егзоскелета. Код зглавкара су присутни снопови попречно-пругастих мишића везани за егзоскелет.

Када је реч о кичмењацима, телесни мишићи колоуста и риба распоређени су у две уздужне траке на боковима тела. Ове траке су подељене попречним преградама миосептама на већи број сегмената – миомера. Преласком кичмењака на копнени начин живота дошло је до низа промена у грађи мишићног система:

- за кретање по подлози највећи значај добили су удови тако да су се мишићи удова снажно развили;
- сегментисаност телесних мишића готово се изгубила тако да се може уочити само на трбушним мишићима (Сл. 137);
- развојем дијафрагме дошло је до раздвајања грудне дупље од трбушне, и до поделе трбушне мускулатуре на грудну и трбушну;
- услед развоја грудног коша, развили су се међуребарни мишићи;
- од мишића шкржног апарата присутних код риба, код копнених кичмењака задржали су се мишићи који покрећу доњу вилицу, мишићи ждрела и гркљана и мишићи који се распоређују око очију, уста, ушију и на образима;
- код примата и човека развили су се поткожни мишићи лица који омогућују покрете и мимику.

Слика 137. Мишићни систем човека



Код птица снажно су развијени они мишићи који су одговорни за покретање крила. Највећи су грудни (пекторални) мишићи који омогућују снажан замах крила током летења и мишић супракоракоидеус који одржава крила између два замаха.

7.3. НЕРВНИ СИСТЕМ

Нервни систем (лат. *systema nervosum*) обезбеђује одговарајуће реакције организма на промене у телу и спољашњој средини, и усаглашено функционисање како унутрашњих органа, тако и организма у целини. Изграђен је од нервних ћелија (неурона) које примају различите надражаје из спољашње и телесне средине и преносе информације у виду брзих таласа до ефекторних ткива и органа.

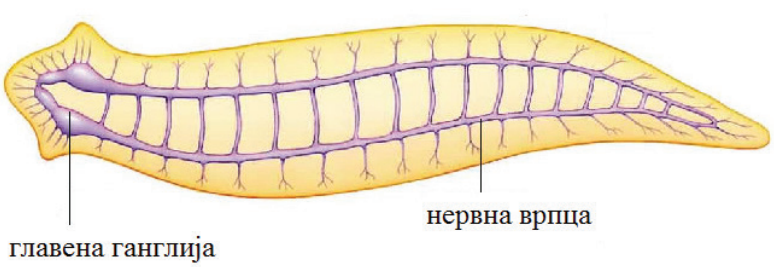
Код најпримитивнијих вишећелијских животиња (плакозоа и сунђера), нервни систем не постоји. Код њих способност примања дражи и контрактилности имају само поједине епителијалне ћелије. Код осталих животиња присутно је неколико основних типова нервног система: дифузни, врпчаст, ганглионаран и цеваст.

Дифузни (мрежаст) нервни систем је најпростији тип нервног система који је присутан код реброноша и жарњака (полипа, медуза, морских саса). Одликује се одсуством мозга, а састоји се од мрежасто распоређених нервних ћелија у телесном зиду.

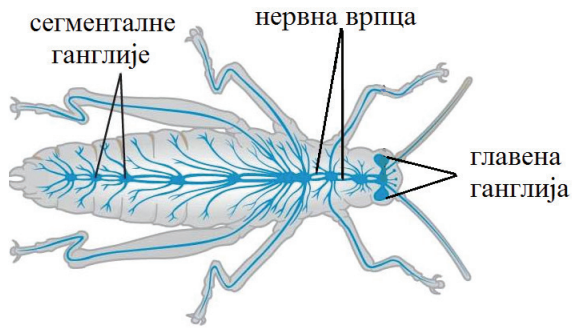
Врпчаст нервни систем је нешто сложенији, а јавља се код пљоснатих црва. Састоји се од главене ганглије која је састављена од већег броја тела неурона и гради примитиван „мозак". Са главене ганглије полазе парне нервне ћелије повезане попречним везама и спојене у уздужне врпце (Сл 138).

Ганглионаран нервни систем присутан је код чланковитих црва, мекушаца, главоножаца и зглавкара. Састоји се од главене ганглије и телесних ганглија. У сваком телесном сегменту налази се по један пар ганглија које су попречно повезане или спојене. Истовремено, све ове сегменталне ганглије су уздужним нервним врпцама повезане међу собом и са главеном ганглијом (Сл. 139). Између врпчастог и ганглионарног нервног система постоје различите прелазне варијанте.

Слика 138. Врпчаст нервни систем



Слика 139. Ганглионаран нервни систем



Цеваст нервни систем је најсложенији тип нервног система који је развијен код кичмењака. Обухвата централни и периферни нервни систем.

7.3.1. ЦЕНТРАЛНИ НЕРВНИ СИСТЕМ

Централни нервни систем (мождано-мождински, цереброспинални), састоји се од **мозга** и **кичмене мождине**.

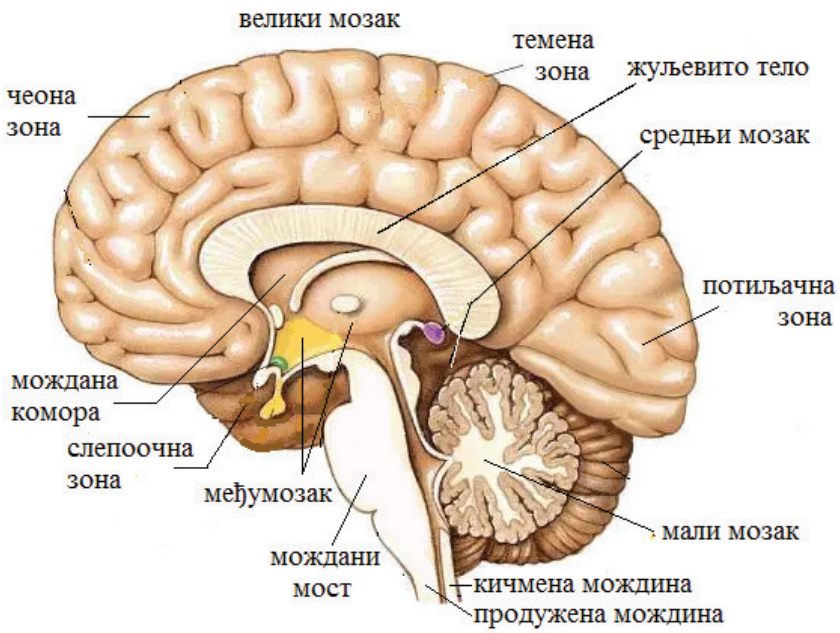
У централном нервном систему долази до удруживања нервних и пратећих ћелија са елементима везивног ткива у сиву и белу масу. **Сиву масу** граде тела нервних ћелија, дендрити и пратеће ћелије. Сива маса се у мозгу налази на површини где гради кору, док се у продуженој и кичменој мождини налази у средишту. **Белу масу** граде аксони и пратеће ћелије. Бела маса је у свим деловима мозга смештена испод сиве масе, док се у продуженој и кичменој мождини налази на површини.

а) **Мозак**

Мозак (лат. *encephalon*; грч. *enkephalos*) је најзначајнији део нервног система. Смештен је у лобањској чаури и обавијен можданим опнама: тврдом, паучинастом и меком. **Тврда опна** (*dura mater*) је спољашња чврста мембрана која належе на коштани зид лобање. **Паучинаста опна** (*arachnoid mater*) је средишња мекана и танка мембрана. **Мека опна** (*pia mater*) је унутрашња, такође мекана мембрана која належе на површину мозга и увлачи се у све жлебове. Између тврде и паучинасте опне смештен је капиларни простор, а између паучинасте и меке опне налази се цереброспинална течност (ликвор) која штити мозак од потреса и обавља транспорт материја.

Основне структурно-функционалне целине мозга сисара су **ромбаст, средњи** и **предњи мозак**. Између ових целина и њихових делова у мозгу је присутан и **систем комора** (вентрикуларни систем). Он се састоји од четири коморе које су међу собом повезане и даље се надовезују на централни канал кичмене мождине. Коморе су испуњене цереброспиналном течношћу.

Слика 140. Мозак човека



Ромбаст мозак

Ромбаст мозак (лат. *rhombencephalon*) чине продужена мождина, можданi мост и мали мозак.

Продужена мождина се налази изнад кичмене мождине и испред малог мозга. У њој се укрштају сензорни и моторни нерви који повезују мозак са осталим деловима тела. Због тога десна хемисфера великог мозга инервише леву половину тела и обрнуто.

Можданi мост је постављен изнад продужене мождине. Чини га сноп нерава који размењују сигнале између великог мозга и кичмене мождине, и истовремено повезују сваку од хемисфера великог мозга са супротном хемисфером малог мозга.

Продужена можджина и можданi мост заједно са средњим мозгом чине **можданo стабло**. У средини можданог стабла смештена је **ретикуларна** (мрежаста) **формација** која је састављена од острваца сиве масе раздвојених сноповима беле масе. Она одређује које ће се сензорне информације проследити великом мозгу и на тај начин помаже да се концентришемо на одређене информације из спољашње средине. У можданом стаблу се налазе и највиши центри аутономног нервног система за дисање, крвоток, гутање, жвакање, сисање, лучење суза, кашаљ, кијање итд.

Мали мозак се налази у задњем доњем делу лобање, иза можданог моста и испод потиљачне зоне великог мозга. Он је као и велики мозак, подељен на две хемисфере. Међутим, за разлику од великог мозга, у малом мозгу не долази до укрштања сигнала из леве и десне половине тела, тако да свака хемисфера инервише своју страну тела. Мали мозак учествује у одржавању равнотеже, у регулацији мишићног тонуса и активности мишића, у аутоматској регулацији редоследа и обима вољних покрета.

Средњи мозак

Средњи мозак (лат. *mesencephalon*) је смештен између малог мозга и међумозга. Контролише рефлексне покрете очију, координише покрете очију и главе, прикупља звучне информације и шаље их великом мозгу мада повремено и сам реагује на поједине звучне надражаје. Средњи мозак је укључен и у значајан процес учења који помаже преживљавање. На пример, када организам изврши одређене радње корисне по њега, средњи мозак га награђује осећајем пријатности који га мотивише на понављање тих радњи. Ако рецимо, једемо кад је нашем организму потребна храна, и пијемо када је организму потребна вода, средњи мозак нас осећајем пријатности и задовољства стимулише да то поново урадимо.

Предњи мозак

Предњи мозак се састоји из међумозга и великог мозга.

Међумозак чине таламус, метаталамус, епиталамус, субталамус, хипоталамус и трећа можданa комора. Он обавља низ значајних функција: преноси моторне сигнале кроз мали мозак, кору великог мозга и базалне ганглије, преноси чулне информације (осим чула мириса) до одређених делова коре великог мозга и одлучује којих од тих информација ћемо бити свесни, усмерава пажњу на одређени звук или објекат, регулише осећај глади и жеђи, контролише функције кардиоваскуларног система, регулише телесну температуру, одређује степен офанзивног и дефанзивног

понашања, емоционалног стреса и сексуалног нагона итд. У међумозгу се налази ендокрина жлезда хипофиза. Она лучи тропне хормоне који утичу на рад других ендокриних жлезда (штитасте жлезде, коре надбубрежне жлезде, полних жлезда), и метаболичке хормоне којима директно делује на поједина ткива и органе.

Велики мозак (лат. *telencephalon*) је најразвијенији део мозга који покрива све остале делове мозга. Састоји се од мождане коре, леве и десне мождане коморе, мирисног мозга и лимбичког система.

- Мождана кора представља спољашњи део сиве масе. Она образује мождане вијуге (гребене и бразде) које су раздвојене мозданим жлебовима. На тај начин повећана је површина великог мозга. Дубок средњи жлеб дели велики мозак на **две хемисфере** – леву и десну. На дну овог жлеба налази се **жуљевито тело.** То је сноп нервних влакана преко којих се преносе информације из једне у другу хемисферу. Ове две хемисфере пристигле информације обрађују на различите начине. Лева хемисфера их обрађује у деловима, а десна све истовремено. Због тога је лева хемисфера одговорнија за логично закључивање и сналажење у простору, а десна хемисфера за емоционалност и креативност. Поред средњег, присутни су и бочни жлебови који површину сваке хемисфере деле на **чеону, потиљачну, слепоочну** и **темену зону**, и на **острво**. Свака од ових зона управља одређеним физичким и психичким функцијама.
- Чеона зона учествује у контроли нагона, расуђивању, памћењу, решавању проблема, социјализацији, планирању, предвиђању последица одређеног понашања и одлука, претварању мисли у говор итд.
- Потиљачна зона прима информације од чула вида и омогућује разликовање облика и боја, опажање покрета и просторних односа.
- Слепоочна зона је задужена за краткорочно памћење. Она такође, прима информације од чула слуха и обрађује их у разумевање језика и говор, и информације од чула вида и обрађује их у способност препознавања индивидуа, објеката и призора.
- Темена зона прикупља и комбинује све сензорне информације (вид, слух, укус, додир, температуру, бол...) и повезује их са нашим сећањима како би им дала значење. Ова зона омогућује и оријентацију у простору.
- Острво има улогу у стварању неких емоција (страх, бес, туга, срећа, презир...) и повезивању неких сећања са емоцијама.

– Мирисни мозак (лат. *rhinencephalon*) је мања специјализована структура великог мозга која углавном обухвата мождану кору. Ова структура прима информације од чула мириса и омогућује селекцију мирисних сигнала, разликовање мириса и њихове јачине.

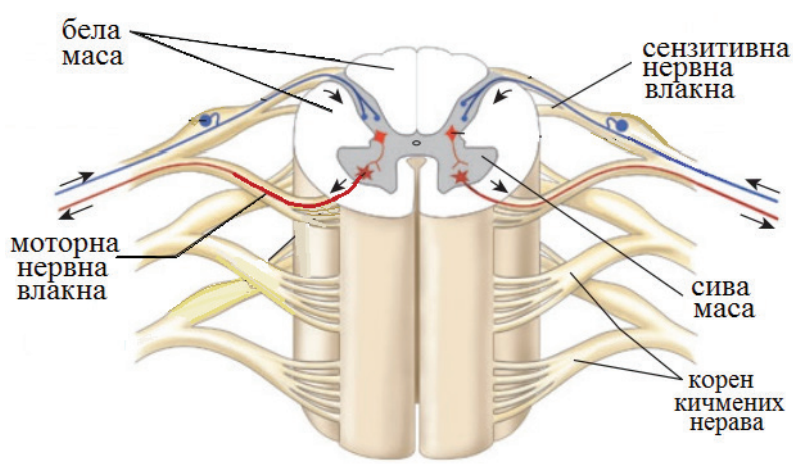
– Лимбички систем је сложена вишеделна структура која је смештена испод мождане коре и преко можданог стабла. Овај систем обликује и чува дугорочна сећања која су повезана са јаким емоцијама, контролише и планира понашања на основу уочених и могућих проблема, учествује у формирању осећања као што су стид, љубомора, бес и кривица, утиче на убрзан раду срца и убрзано дисање у ситуацијама које изазивају страх, игра важну улогу у доношењу одлука итд.

б) **Кичмена можданa**

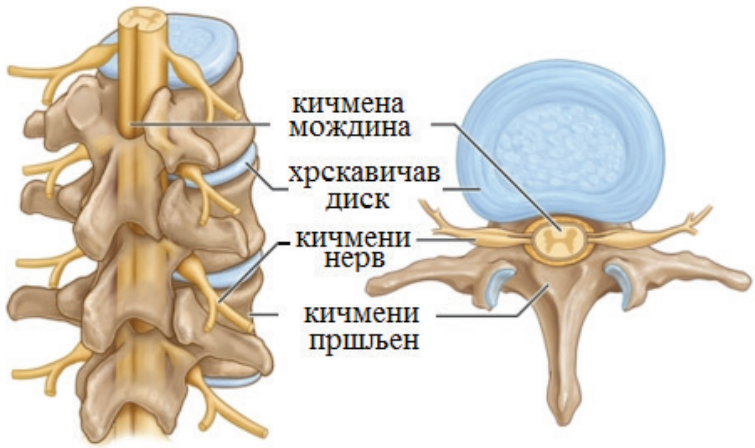
Кичмена можданa заједно са мозгом гради централни нервни систем. Од мозга кичмена можданa се спушта кроз отвор кичменог канала тако да је кичмени пршљенови штите од повреда. Додатну заштиту кичменој можданi пружа цереброспинална течност у каналу, као и три опне које обавијају и мозак – тврда, паучинаста и мека.

У кичменој можданi, као и у великом мозгу, присутне су сива и бела маса. Међутим, за разлику од мозга, сива маса је у центру, опкољена белом масом (Сл. 141).

Слика 141. Кичмена можданa



Слика 142. Положај кичмене мождине у кичми



Сива маса има облик лептира. Изграђена је од тела и дендрита неурона. Образује један пар леђних и један пар трбушних наставака – рогова. До леђних рогова из осталих делова тела долазе сензорна нервна влакна која преносе надражеје из тела, а из трбушних рогова у остале делове тела одлазе моторна нервна влакна која преносе сигнале до ефекторних органа. Сензорна и моторна нервна влакна се по изласку из кичмене мождине спајају у заједнички нерв. **Бела маса** која се налази око сиве масе, састављена је од узлазних аксона којима се проводе надражаји из делова тела ка мозгу, као и силазних аксона којима се преносе сигнали из мозга. Кичмена мождина је дакле, проводник надражаја у правцу мозга (узлазна или сензорна нервна влакна) као и сигнала из мозга (силазна или моторна нервна влакна). Поред тога, кичмена мождина је центар и за многе просте рефлексне покрете као што су покрети савијања и опружања мишића удова или покрети ширења и сужавање лумена крвних судова.

Са обе стане кичмене мождине полазе нерви који су сегментално распоређени. Код човека од кичмене мождине полази 31 пар нерава који пролазе кроз отворе на пршљенима и преносе сигнале у оба смера.

7.3.2. ПЕРИФЕРНИ НЕРВНИ СИСТЕМ

Периферни нервни систем обухвата сензорна нервна влакна која повезују органе са централним нервним системом, као и централни нервни систем са ефекторним органима. Овај део нервног система граде нерви (снопови сензитивних, моторних или мешовитих неурона) и ганглије (скупови неурона ван централног нервног система).

Периферни нервни систем се састоји од цереброспиналног и аутономног (вегетативног) нервног система.

Цереброспинални нервни систем преноси импулсе под утицајем воље. Овај део нервног система у телу човека састављен је од 12 пари главених (кранијалних) нерава који полазе са мозга, и 31 пара кичмених (спиналних) нерава који полазе са кичмене мождине.

Аутономни (вегетативни) нервни систем регулише физиолошке процесе који нису под утицајем воље – рад срца, крвни притисак, дисање, варење, отвореност зеница, сексуално узбуђење итд. Део овог система се активира у критичним ситуацијама (страх, узбуђење), тако да захваљујући њему поједини органи адекватно реагују.

Аутономни нервни систем састоји се од **симпатичког** и **парасимпатичког** система. Ова два система у организму имају супротстављене улоге. Симпатички систем стимулише рад неких органа, али зато инхибира рад других. Парасимпатички систем исто тако на неке органе делује стимулативно, а на неке инхибиторно. Када симпатички систем неке органе стимулише, тада их парасимпатички систем углавном инхибира или обратно. Симпатички систем се најчешће активира када се организам нађе у некој опасности или када се изложи наглој промени у свом окружењу. Утиче тако што припрема организам за пуну и адекватну мобилност (борбу, бег). Парасимпатички систем најчешће делује инхибиторно и умирујуће тако да је активнији када организам мирује.

Центар симпатичког система налази се у бочним деловима сиве масе кичмене мождине. Одатле полазе аксони који допиру до низа симпатичких ганглија које се налазе уз кичмени стуб. Из ових ганглија аксони се даље настављају и стижу до унутрашњих органа.

Центар парасимпатичког система налази се у мозгу. Из мозга већина парасимпатичких нерава спушта се до десетог кичменог нерва – вагуса. Вагус се даље грана и као и симпатички нерви, стиже до унутрашњих органа (срца, плућа, једњака, желуца, панкреаса, танког и дебелог црева).

Делови парасимпатичког система који нису део вагуса, инервишу делове ока, сузне и пљувачне жлезде, ректум, мокраћну бешику и гениталије.

Као и симпатички нервни систем, и парасимпатички се састоји од пре и постганглијских влакана. Међутим, овде се ганглије налазе у зиду циљног органа, тако да су преганглијска влакна дуга, а постганглијска јако кратка, свега неколико милиметара.

Аутономном нервном систему припада и ентерички систем који је смештен је у зиду органа за варење. Простире се од једњака до краја дебелог црева. Превасходна улога му је контрола перисталтике, односно, покрета изазваних контракцијама мишића у облику таласа који омогућују транспорт, уситњавање и ресорпцију хране.

7.3.3. ЧУЛНИ ОРГАНИ

Сензорне нервне ћелије примају одређене сензорне информације (дражи) из спољашње и унутрашње средине. Примљене дражи код њих се преносе као надражаји који се даље прослеђују централном нервном систему. Након тога следи одговарајућа реакција организма посредством механичких нерава. Захваљујући сензорним нервима животињски организми имају чула која сигнале из спољашње и унутрашње средине трансформишу у информације и реакције од значаја за њихов опстанак. Поједине дражи препознају и преносе само нервне ћелије, док се за примање појединих дражи нервним ћелијама придружују епителијалне и друге ћелије и ткива који граде чулне органе као део нервног система. Основна чула код човека су тактилна чула, чула вида, слуха, мириса и укуса.

Тактилна чула

Тактилна чула обухватају чула механичких и термичких дражи. Чине их завршеци сензорних нерава и сензорна телашца смештена у кожи. Ови рецептори препознају, примају и прослеђују сигнале са коже и епитела. Реагују на додир, притисак, топлоту, хладноћу, положај у простору, вибрације, звуке, бол... Поједини бескичмењаци имају и способност магнеторецепције (детекције магнетних поља) и електрорецепције (детекције електричних поља).

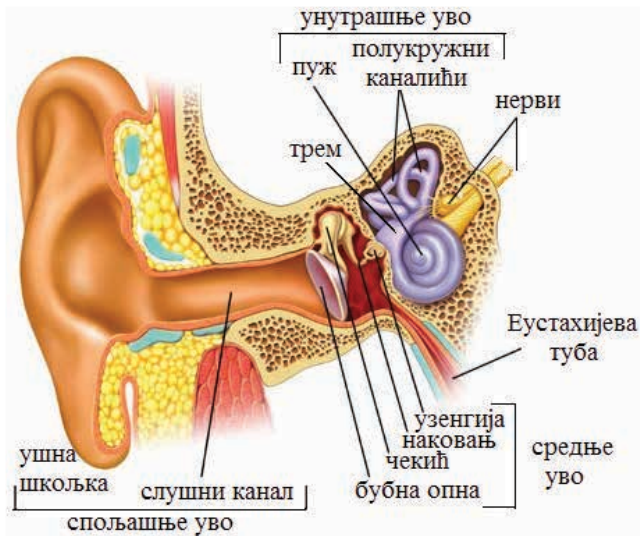
Сензорни нерви се у кожи слободно завршавају својим аксонима. Ови нерви су задужени за преношење бола. За разлику од њих, сензорна телашца састоје се од инкапсулираних аксона. Аксони који се налазе у капсули изгубили су мијелински омотач и окружени су опном. Сензорна

телашца се разликују по структури и функцији тако да су специјализована за примање различитих дражи. На пример, Мајснерова телашца реагују на додир, притисак и вибрације између 10 и 50 херца, Краузеова телашца реагују на хладноћу, Руфинијеви цилиндри реагују на топлоту, итд.

Чуло слуха и равнотеже

Чуло слуха и равнотеже обједињени су у заједнички стато-акустички апарат. Код гмизаваца, птица и сисара развили су се и помоћни делови овог апарата који примају и преносе звучне осцилације. Они граде **уво** (ухо) као периферни орган чула слуха и равнотеже. Код сисара уво се састоји из три целине – спољашњег, средњег и унутрашњег ува (Сл. 143).

Слика 143. Делови ува



Спољашње уво се састоји од хрскавичаве ушне шкољке и спољашњег хрскавичасто-коштаног слушног канала који је бубном опном одвојен од средњег ува.

Средње уво обухвата бубну опну (*membrana tympanica*) и три слушне кошчице смештене иза бубне опне у бубној дупљи. Бубна опна је кожно-фиброзно-слузокожна мембрана која сакупља звучне таласе и преноси их на слушне кошчице које су покретно зглобљене и спојене мишићним влакнима. Чекић (*malleus*) је прва слушна кошчица која је причвршћена за бубну опну. За чекић је покретно везан наковањ (*incus*), а за њега је даље

везана узенгија (*stapes*). Звучне осцилације фреквенције од 20 Hz до 20 kHz изазивају треперења бубне опне које се преко слушних кошчица преносе у унутрашње уво. Бубна дупља је преко слушне трубе (Еустахијеве тубе) која представља коштано-опнасто-хрскавичаву цев, спојена са носним делом ждрела тако да служи за изједначавање притиска на спољашњој и унутрашњој страни бубне опне.

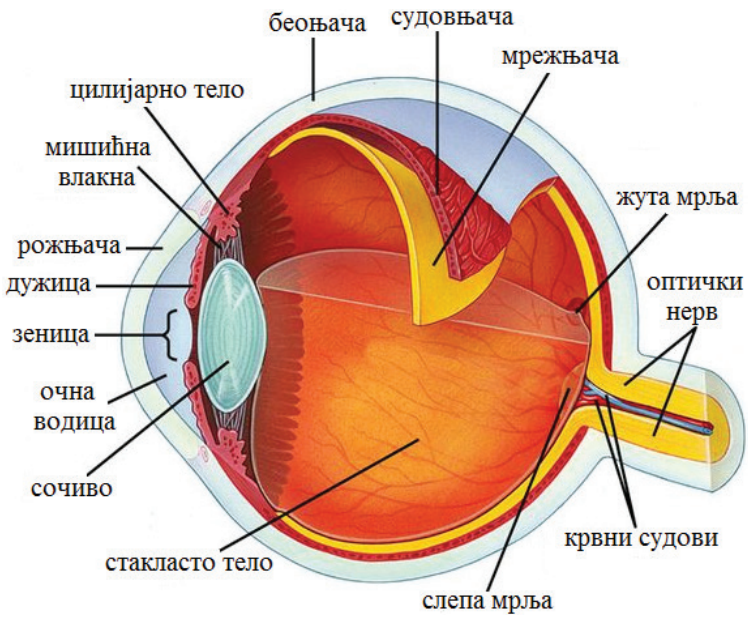
Унутрашње уво лежи у сунђерастом ткиву слепоочне кости. У њему је смештен стато-акустички апарат који је сграђен од три полукружна каналића као чула равнотеже, пужа као чула слуха и трема између њих. Полукружни каналићи и пуж урођени су у течну перилимфу и испуњени су течном ендолимфом. У ендолимфи полукружних каналића налазе се кристали калцијум-карбоната који надражују сензорне неуроне, док је у пужу смештен Кортијев орган као сензорни део чула слуха. Примљени сигнали се из унутрашњег ува даље преносе на заједнички статоакустични нерв и интермедијални нерв лица.

Чуло вида

Чуло вида је фоторецепторно чуло које детектује светлост и претвара је у електрохемијске импулсе неурона. Ово чуло поседује већина бескичмењака и сви кичмењаци. Најпростије грађено чуло вида је очна мрља присутна код једноћелијских еуглена. Захваљујући фотоосетљивим протеинима она омогућава препознавање светлости и таме. Код већине вишећелијских бескичмењака и код свих кичмењака органи чула вида су много сложенији. Најсложеније су мехурасте очи. Представљају сложен оптички систем који сакупља светлост, регулише њен интензитет, формира слику и претвара је у скуп електричних сигнала које се у мозгу претварају у визуелни доживљај.

Мехурасто око човека (Сл. 144) састоји се од очне јабучице која је обавијена спољашњом, средњом и унутрашњом овојницом.

Слика144. Делови ока



Спољашњу овојницу чини **беоњача** која на предњем делу очне јабучице прелази у провидну **рожњачу**.

Средишњу овојницу граде судовњача, шареница и цилијарно тело. **Судовњача** је прожета мрежом крвних судова и испуњена пигментима који спречавају продор светлости кроз све делове ока осим кроз зеницу. Дужица (шареница) својим мишићима контролише отвореност зенице, а тиме и количину светлости која пролази кроз њу. У шареници се налазе пигменти који одређују боју очију. **Зеница** дакле, представља отвор у средишту шаренице који омогућава светлости да прође и падне на сочиво. **Цилијарно тело** је део ока који се налази на споју рожњаче са беоњачом. Поседује мишићна (цилијарна) влакна помоћу којих држи очно сочиво и врши његову акомодацију, односно, подешава положај сочива према упадном углу светлости. **Очно сочиво** се налази на граници између средње овојнице и стакластог тела. Прозирно је како би могло да прелама светлост и шаље је даље на мрежњачу. Облик сочива се може подешавати за виђење даљих и ближих објеката. При фокусирању ближих објеката, цилијарни мишићи се стежу што изазива појаву већег испупчења сочива и јачег преламања светлосног снопа. Када је објекат удаљен, цилијарни мишићи се опуштају. Простор између рожњаче и сочива назива се предња комора, а између шаренице и сочива, задња комора. Обе очне коморе испуњене су течношћу.

Унутрашњу овојницу очне јабучице гради **мрежњача** (ретина). Сноп светлости који пролази кроз зеницу и прелама се кроз очно сочиво, даље пролази кроз стакласто тело у очној јабучици, и пада на површину мрежњаче. Мрежњача се састоји од три слоја. **Површински слој** на који пада светлост има две врсте фоторецептора осетљивих на светлосне надражаје – штапиће и чепиће. Штапићи су прилагођени слабој ноћној светлости и не разликују боје. Чепићи су прилагођени јакој дневној светлости и разликују боје. Ови фоторецептори су неравномерно распоређени у мрежњачи. Највише их има у централном делу и тај део се назива жута мрља. У жутој мрљи присутни су само чепићи. **Средњи слој** мрежњаче граде биполарне ћелије које преносе импулсе од фоторецептора према нервним ћелијама. **Унутрашњи слој** мрежњаче граде нервне ћелије спојене у ганглије које се настављају на оптички нерв. На месту где влакна оптичког нерва излазе из ока, нема фоторецептора и тај део се назива слепа мрља. Захваљујући фоторецепторима и нервним очним ћелијама мрежњача ствара дводимензионалну слику визуелног света и ту слику преводи у електричне нервне импулсе који у мозгу стварају визуелне перцепције.

У унутрашњости очне јабучице налази се **стакласто тело**. То је провидна желатинаста супстанца, која са предње стране има удубљење у коме се налази сочиво.

Поред оптичких, око додатно има заштитне и помоћне делове који имају одређене улоге. **Сузне жлезде** луче сузе и одржавају влажност ока, **капци** размазују сузе, мембрана **коњунктива** покрива предњу површину ока и лежи на очним капцима изнутра, **обрве** спречавају продирање зноја у око, **трепавице** спречавају улазак честица прашине у око, а **очни мишићи** покрећу очну јабучицу.

Чуло мириса

Чуло мириса (олфактивно чуло) је хемијско чуло које је код кичмењака смештено је у парним носним (мирисним) шупљинама. Основни делови носа изграђени су од коштаног и хрскавичавог ткива. Они гради корен носа и носну преграду која уздужно дели носну шупљину на два дела. Код копнених кичмењака носне шупљине имају и функцију спровођења ваздуха до плућа тако да образују носно-ждрелни канал који повезује мирисне сензоре носа са усном дупљом.

Само чуло мириса налази се у мирисном епителу вршног дела носне шупљине. Његови рецептори су Шулцеове ћелије које реагују на мирисна гасовита и испарљива једињења. Услов да рецептори осете мирисна

једињења јесте да она буду растворљива у води или липидима како би могли да се растворе на влажном мирисном епителу (слузници). Примљену драж даље до центара у мозгу преноси мирисни нерв.

Чуло укуса

Чуло укуса је хемијско чуло које се код кичмењака налази на језику и непцима. Укус се осећа када се материја унета у уста раствара у пљувачки и хемијски реагује са ћелијама рецептора укуса. Рецептори укуса су ситне кврижице (папиле) које се састоје од чулних ћелија које се називају густативне ћелије. Папиле су кончасте, печуркасте, опшанчене и лиснате. Распоређене су по читавој површини језика и реагују на пет основних укуса – слаткоћу, сланост, киселост, горчину и умами (укус меса). **Кончасте папиле** најосетљивије су на слан укус, а најгушће су распоређене на вршним и предњим бочним деловима језика. **Печуркасте папиле** најосетљивије су на укус слаткоће, а најгушће су распоређене на врху језика. Опшанчене папиле најосетљивије су на укус горчине, а најгушће су распоређене у корену језика. **Лиснате папиле** најосетљивије су на укус киселости, а најгушће су распоређене на бочним деловима језика. Поред ових основних укуса, поједине материје изазивају додатне ефекте љутине коју региструју рецептори за топло и слободни нервни завршеци, као и ефекте перперминт хладеће коју региструју рецептори за хладно.

Поред рецептора за укус, осећају укуса хране доприносе и мириси детектовани мирисним епителом, као и текстура детектована механорецепторима. Укус као сигнал, заједно са текстуром и температуром, даље се преноси до центра у мозгу трограним главеним нервом.

7. 4. КАРДИОВАСКУЛАРНИ СИСТЕМ

Кардиоваскуларни систем (крвни систем) је систем органа који има улогу у циркулацији крви кроз организам, транспорту хранљивих материја и кисеоника до ћелија, одвођењу угљен-диоксида и сувишних продуката метаболизма из ћелија, транспорту хормона, одвођењу сувишне воде, регулацији ацидо-базне равнотеже, у терморегулацији, заштити организма од штетних материја и микроорганизама. Основни елементи кардиоваскуларног система су срце и крвни судови са крвљу.

Крвни систем може да буде отворен и затворен. **Отворен крвни систем** јавља се код мекушаца, бодљокожаца и зглавкара. Код ових организама постоји просто вишеделно срце, али не постоје крвни судови, тако да се крв и лимфа изливају у телесну дупљу где се мешају и граде хемолимфу. **Затворен крвни систем** јавља се код чланковитих црва, главоножаца и кичмењака. Код кичмењака крвни судови који крв из тела доводе у срце су **вене**, док су крвни судови који крв из срца одводе у тело – артерије. Артерије и вене се гранају по целом телу образујући на крају мрежу најситнијих капилара који спајају артерије и вене, и затварају круг циркулације крви. Кроз зидове капилара се са околним ткивима врши размена гасова, хранљивих материја и продуката метаболизма.

Срце (лат. *cor*; грч. *kardia*) је шупљи мишићни орган који се налази у грудном кошу. Има улогу пумпе која оксидовану крв (богату кисеоником) потискује према телу, а деоксидовану крв (сиромашну кисеоником) потискује према плућима. Код риба срце се састоји од једне преткоморе и једне коморе, код водоземаца и гмизаваца од две преткоморе и једне коморе, а код птица и сисара од две преткоморе и две коморе.

Лева страна срца сисара подељена је на леву преткомору и леву комору, десна страна срца на десну преткомору и десну комору. Пролаз крви из преткоморе у комору регулишу срчани залисци који имају улогу вентила који крв пропуштају само у једном смеру – из преткоморе у комору. У десном делу срца налазе се три залиска, у левом делу срца два залиска. Из леве коморе крв се даље потискује у аорту која се грана по телу. Из десне коморе крв се даље потискује у плућну артерију која се грана према плућима.

Срчани зид се састоји од три слоја – перикарда, миокарда и ендокарда. **Перикард** је заштитна овојница која срце штити од свих унутрашњих и спољашњих утицаја. **Миокард** се налази испод перикарда. Гради га срчано мишићно ткиво које је по структури слично попречно-пругастом, а по функцији глатком мишићном ткиву. **Ендокард** је најдубљи слој који је изграђен од ендотела и колагенских влакана.

Срце пумпа крв у ритму који одређују ћелије **сину-атријалног чвора**. Оне стварају електричне импулсе који се даље шире кроз срце и доводе до његове контракције. Сину-атријални чвор смештен је у миокарду десне преткоморе близу места уливања горње шупље вене. Овај чвор је под контролом аутономног нервног система (симпатичког и парасимпатичког) тако да рад срца није под утицајем воље. Период од почетка једне, до почетка друге контракције, представља срчани циклус. Срчани циклус обухвата две фазе – систолу и дијастолу. Систола је назив за процес контракције срчаних преткомора и комора када долази до потискивања крви у крвне судове. Дијастола је назив за стање опуштања срчаних преткомора и комора. Просечна срчана фреквенција код човека износи 70 до 80 откуцаја у минути.

Крвни судови су део кардиоваскуларног система који транспортује крв и све материје растворене у њој. Деле се на артерије и вене које граде артеријски, односно, венски систем.

Артерије су крвни судови кроз које струји крв из срца. Гранају се на ситније **артериоле**, а ове на још ситније **капиларе**. Највећа артерија је **аорта** која излази из леве срчане коморе и грана се кроз тело спроводећи крв богату кисеоником.

На површини зида артерија налази се горњи слој сагрђен од везивног ткива у коме преовлађују колагенска влакна. Испод њега је средишњи слој састављен од глатких мишића и везивног ткива. Најдубљи слој који је у непосредном контакту са протоком крви у лумену артерије, је слој ендотелних ћелија (ендотела) које граде плочаст епител.

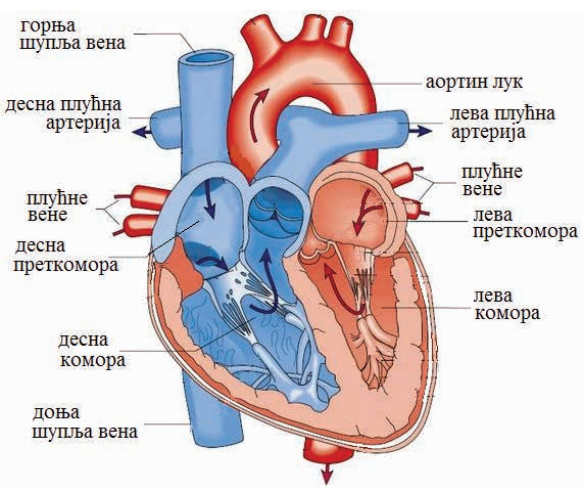
Артеријски систем представља део крвотока под притиском. Највећи артеријски притисак је током контракције (систолни притисак), а најмањи (дијастолни) између контракција. Осцилације у крвном притиску артерија производе пулс који одражава активност срца.

Вене су крвни судови кроз које струји крв према срцу. Гранају се на **мале вене**, а ове на још ситније **венуле**. Најситнији крвни судови (капилари и венуле) се на својим крајевима повезују и размењују артеријску и венску крв. Наиме, капилари који настају гранањем артерија и артериола, пролазе кроз телесна ткива и након тога се спајају са венулама. Венуле се даље уливају у мале вене и вене које се пружају према срцу. Највеће вене су **горња и доња шупља вена** (*venae cavae*). Оне носе крв сиромашну кисеоником и празне се у десној срчаној преткомори одозго и одоздо. Горња шупља вена спроводи крв из доњих делова тела, а доња шупља вена из доњих делова тела.

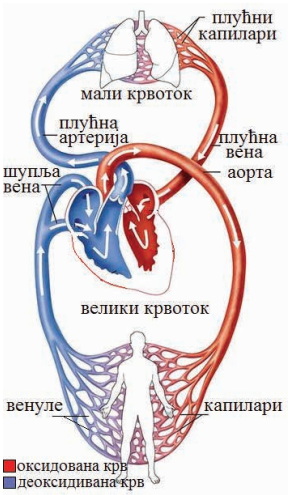
Зидови вена су сличне грађе као и зидови артерија. Међутим, у унутрашњости вена налазе се венски залисци који спречавају повратан ток крви кроз вену.

Циркулација крви је непрестан цикличан процес. Кисеоник из ваздуха који удишемо везује се за хемоглобин у крви и на тај начин прелази у плућне капиларе. Капилари се спајају у четири плућне вене које напуштају плућа и уливају се у леву срчану преткомору. Из леве преткоморе крв се пумпа у леву комору, а потом у аорту. Аорта се грана на артерије и капиларе који ћелијама предају кисеоник, а из ћелија преузимају угљен-диоксид. Капилари се на својим крајевима спајају са венулама и предају им редуковану крв. На крају се ова крв преко ситних вена улива у шупље вене преко којих одлази у десну преткомору, а потом и у десну комору срца. Ток крви од леве коморе, преко ткива до десне преткоморе, назива се **велики** или **системски крвоток**. Крв сиромашна кисеоником се из десне коморе испумпава у плућну артерију која се затим грана на леву и десну артерију. Ове артерије редуковану крв односе у плућа. У плућним капиларима се крв оксидује (отпушта се CO_2, а прима O_2) и враћа се плућним венама у леву преткомору. Ток крви од десне коморе, преко плућа до леве преткоморе, назива се **мали** или **плућни крвоток** (Сл. 145; Сл. 146).

Слика 145. Срце и крвни судови



Слика 146. Крвоток



7. 5. РЕСПИРАТОРНИ СИСТЕМ

Респираторни систем (систем органа за дисање), обавља размену гасова између организма и спољашње средине. Преко респираторних површина процесом дифузије усваја се атмосферски кисеоник, а отпушта се угљен-диоксид.

Зависно од њиховог односа према кисеонику, организме можемо поделити на две групе – **аеробне** организме којима је за метаболизам неопходан кисеоник, и **анаеробне** организме којима за метаболизам није потребан кисеоник (анаеробне бактерије и гљивице).

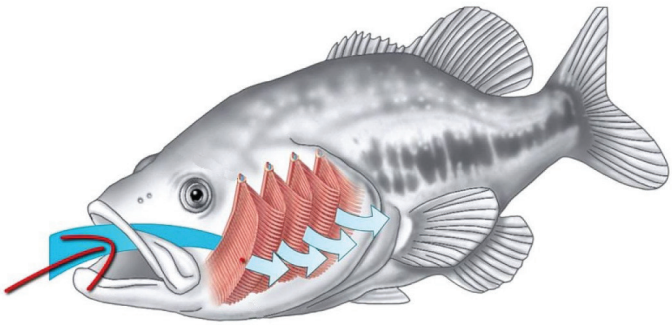
Да би процес размене гасова био успешан, потребно је да респираторна површина буде што већа и снабдевена густом мрежом крвних судова. У зависности од тога на ком нивоу се одвија, разликује се:

- унутрашње дисање које обухвата размену гасова на нивоу ткива и ћелија;
- спољашње дисање које обухвата размену гасова кроз респираторне површине које су у додиру са спољашњом средином.

Спољашњим дисањем аеробни организми усвајају кисеоник који прелази у крв, везује се за **хемоглобин**, и у форми окси-хемоглобина доспева до свих ткива и ћелија у организму. Кисеоник из крви дифузијом улази у ћелије и омогућава ћелијско дисање. Као крајњи производ ћелијског дисања (оксидације) ствара се угљен-диоксид који дифундује из ћелија у крв. У крви се везује за хемоглобин, и у форми карбамино-хемоглобина транспортује се до респираторних органа, а затим из њих дифундује у спољашњу средину.

Сунђери, пљоснати, ваљкасти и чланковити црви не поседују респираторни систем. Код њих се размена гасова обавља целом површином тела. Водени мекушци дишу шкргама које се налазе у плаштаној дупљи, док копнени мекушци (пужеви) размену гасова са спољашњом средином обављају преко унутрашње површине плаштане дупље која садржи мрежу крвних судова. У зависности у којој средини живе, зглавкари размену гасова обављају преко шкрга (водени зглавкари), разгранатих цевчица – трахеја и трахеола (инсекти) или примитивних плућа (копнени зглавкари).

Слика 147. Пут воде из уста преко шкрга риба



Код риба респираторни органи су **шкрге** (Сл. 147). Са сваке стране ждрела развијена је шкржна дупља у којој леже шкрге. Шкржне дупље комуницирају са једне стране са ждрелом, а са друге стране са спољашњом средином. Свака шкрга се састоји од лучне основе која носи два низа финих шкржних листића са крвним судовима. Доводни крвни судови носе редуковану крв, и одводни крвни судови носе оксидовану крв. Код риба плућашица (дводихалица) присутним у плитким водама које повремено пресушују, улогу допунских респираторних органа обавља рибљи мехур помоћу кога у време суше ове рибе могу да користе атмосферски ваздух. Иначе, **рибљи мехур** представља испупчење једњака које претежно има функцију апарата за регулисање дубине пливања, али по потреби може да функционише и као примитивна плућа.

Код копнених кичмењака шкрге се јављају само у току раног ембрионалног развића, а потом долази до њихове редукције. Код адултних кичмењака систем за дисање подељен је на горњи и доњи тракт. Горњи тракт чине носне шупљине, синуси, ждрело и део гркљана до гласних жица. Доњи тракт чине гркљан од гласних жица, душник, бронхије и два плућна крила са бронхиолама и алвеолама (Сл. 148).

Нос (лат. *nasus*) са носном дупљом представља почетак респираторног система. Са унутрашње стране, коштано-хрскавичава преграда дели носну дупљу на две ноздрве (хоане). Ноздрве су обложене влажном слузокожом која има имунолошки значај. Прекривена је длачицама и трепљама које задржавају стране честице и микроорганизме из ваздуха.

Синуси (лат. *sinus paranasales*) су шупљине унутар костију лица и лобање. Испуњени су ваздухом и обложени танком слузокожом. Са носном дупљом су у вези преко отвора и канала. Немају директну улогу у процесу дисања,

а значај им се огледа у изолацији очију и корена зуба од екстремних температура, у повећању резонанције гласа, и у влажењу и загревању удахнутог ваздуха.

Ждрело (лат. *pharynx*) је мишићно-слузокожни олучасти орган који представља део система за дисање и варење. Пут ваздуха се из носне дупље наставља кроз ждрело. У ждрелној дупљи разликују се три дела: носни, усни и гркљански.

Гркљан (лат. *larynx*) је орган који заједно са носном дупљом, усном дупљом и ждрелом учествује у стварању гласа. Налази се између корена језика и подјезичне кости са горње стране, и душника са доње стране. Гркљанска дупља је у облику пешчаног сата. Састоји се од хрскавица, мишића и слузокоже. Највећа је заштитна хрскавица која има избочину, такозвану Адамову јабучицу. За дисање је веома значајна хрскавица која гради грлени поклопац (епиглотис). Приликом гутања епиглотис потпуно затвара улаз у гркљан и на тај начин спречава улажење хране и течности у дисајне путеве. У средини гркљана смештене су и гласне жице разапете од његовог предњег ка задњем делу. Оне се под дејством одређених мишића приближавају или удаљавају једна од друге и својим трептањем производе одређене гласове.

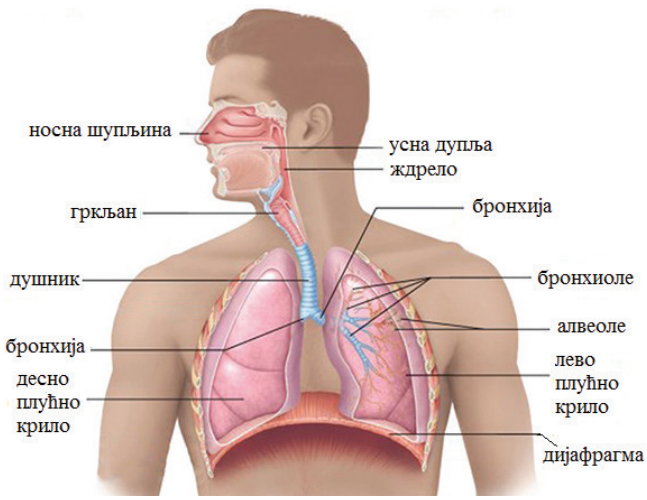
Душник (лат. *trachea*) је цеваст орган подупрт хрскавичавим прстеновима који се надовезује на прстенасту хрскавицу доњег дела гркљана, а завршава се душничком рачвом којом је подељен да леву и десну душницу (бронхију). Бронхије улазе у корен левог и десног плућног крила.

Плућа (лат. *pulmonales*) су орган за дисање који се код копнених кичмењака састоји од два плућна крила. Лево плућно крило кичмењака има два, а десно три режња. Изузетак су само змије код којих је једно плућно крило закржљало.

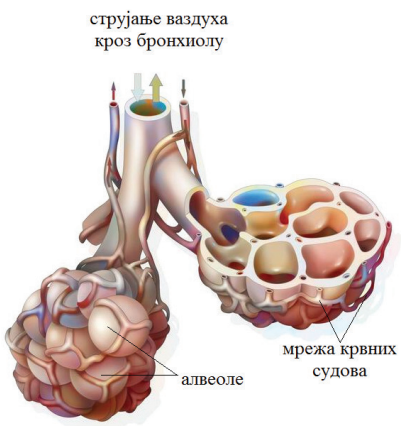
Плућа су шупљикав и еластичан орган састављен од бронхија које се даље у самим плућима гранају на бронхиоле. Оне су све уже тако да се на крајевима завршавају плућним мехурићима. У зидовима плућних мехурића образују се коморице – алвеоле. **Алвеоле** су танких зидова и богате мрежом капилара, тако да представљају респираторну површину преко које се врши размена гасова (Сл. 149). Код птица је на месту гранања душника смештен орган који производи глас, а од плућних крила полазе проширења – ваздушне кесе које се гранају и залазе у просторе између унутрашњих органа. Оне смањују специфичну тежину тела и учествују у дисању за време летења. Приликом лета, грудни кош птица се не шири, тако да покрети грудног мишића изазивају ширење и скупљање кеса.

Код сисара ваздух доспева у плућа покретима грудног коша. Његовим наизменичним ширењем и враћањем у првобитну запремину мења се и запремина плућа. У тим покретима учествују инспираторни и експираторни мишићи. **Инспираторни мишићи** омогућују ширење грудног коша, односно, удисање. Главни међу њима су спољашњи међуребарни мишићи и дијафрагма која представља мишићну преграду између грудног коша и трбуха. **Експираторни мишићи** омогућују скупљање грудног коша, односно, издисање. Припадају им унутрашњи међуребарни и трбушни мишићи.

Слика148. Систем органа за дисање код човека



Слика 149. Бронхиоле и алвеоле



7. 6. ДИГЕСТИВНИ СИСТЕМ

Дигестивни систем (систем органа за варење, пробавни систем) има улогу у варењу и апсорпцији хранљивих материја.

Код сунђера ситне хранљиве честице са водом улазе кроз поре у телесном зиду, пролазе кроз канале и коморе зида и улазе у дупљу из које кроз отвор оскулум излазе сувишни продукти метаболизма и несварене честице. Дупљари имају трослојни телесни зид који обавија унутрашњу дупљу. Дупља има само један отвор преко кога улазе хранљиви и излазе несварени састојци. Пљоснати црви имају усни отвор који се наставља на предње и средње црево које се слепо завршава, тако да немају анални отвор. Ваљкасти и чланковити црви, мекушци, бодљокошци и зглавкари имају систем за варење који почиње усним отвором, па се преко ждрела, једњака, средњег и задњег црева завршава аналним отвором.

Код кичмењака дигестивни систем састоји се из низа узастопних делова у којима се одвијају поједине фазе варења и апсорпције хране. Чине га усна дупља, ждрело, једњак, желудац, танко црево, дебело црево и право црево (Сл. 150). Код појединих група кичмењака органи овог система прилагођени су специфичном начину исхране и врсти хране.

Усна дупља (лат. *cavum oris*) има улогу примања хране и додатну функцију дисања. Ограничена је уснама, образима, непцем са непчаном ресицом, непчаним луковима са паром крајника, језиком и усном дијафрагмом на дну дупље. У усној дупљи налазе се помоћни органи за варење – зуби, језик и пљувачне жлезде.

Зуби (лат. *dens*) служе за раскидање и ситњење хране. Састоје се из корена и круне. Корен је прекривен коштаним ткивом цементом, а круна зубном глеђи која је минералне природе. Унутрашњост зуба гради органска материја дентин која је прожета минералним материјама. У њиховом средишту је зубна пулпа. То је везивно ткиво у коме се налазе крвни судови и нервни завршеци.

Код сисара постоје две генерације зуба – млечни и стални. Код човека у обе вилице налази се по 16 сталних зуба – 4 секутића, 2 очњака и 10 кутњака. Корњаче, љускари, китови и птице секундарно су изгубили зубе. Код птица усни отвор се завршава кљуном који служи за узимање хране. Представља део костура главе који је покривен рожним слојем.

Језик (лат. *lingua*) је покретан мишићни орган причвршћен за језичну кост. Улога му је да помера храну у устима, да поспешује њено боље натапање пљувачком и да захваљујући посебним рецепторима, прихвата хемијске дражи за препознавање укуса.

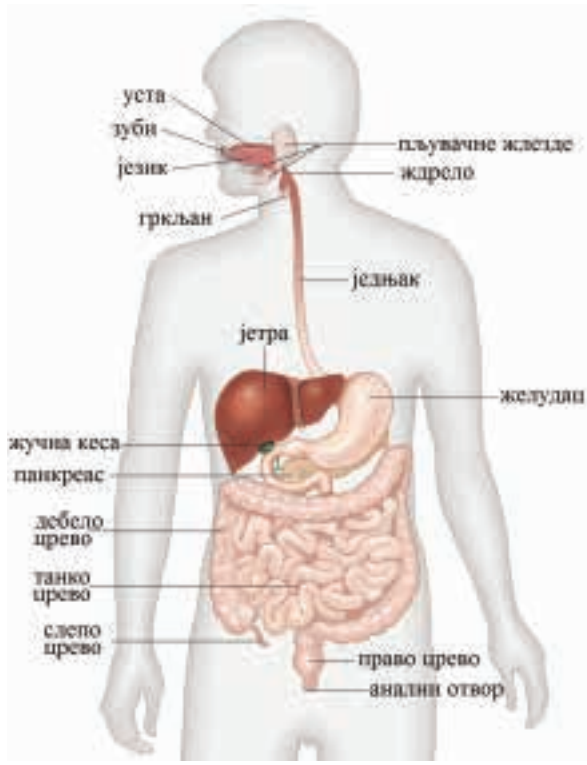
Пљувачне жлезде су се развиле код копнених кичмењака ради влажења хране. Код риба не постоје јер кроз њихову усну дупљу стално пролази вода. Код сисара су развијене подјезичне, подвиличне и заушне пљувачне жлезде чији секрет садржи амилазу и малтазу, ензиме који разлажу угљене хидрате. Код неких врста змија пљувачне жлезде су добиле улогу отровних жлезда.

Ждрело (лат. *pharynx*) је место укрштања путева хране и ваздуха. Са његове предње стране налази се гркљан, а са задње стране једњак. Раздваја их хрскавичав грлен поклопац. Код водених кичмењака ждрело је јаче развијено и садржи прорезе за комуникацију са воденом средином. Код сувоземних кичмењака је слабије развијено и преко пукотинастог отвора у вези је са душником, преко Еустахијеве трубе са средњим увом, а преко унутрашњих носних отвора са носном дупљом.

Једњак (лат. *oesophagus*) је мишићна цев која спроводи храну до желуца. Код многих птица на њему се јавља проширење – вољка, са многобројним слузним жлездама чији секрет размекшава храну.

Желудац (лат. *gaster*) представља проширени део црева смештен у горњем делу трбушне дупље. У њему се храна нагомилава и започиње варење. На желуцу се разликују два дела – кардијални и пилорични. У кардијалном делу једњак прелази у желудац. У пилоричном делу желудац прелази у дванаестопалачно црево. Зид желуца изграђен је од глатких мишића који врше покрете ради успешнијег мешања хране, деловања ензима и пражњења садржаја у дванаестопалачно црево. Унутрашњи део зида желуца обложен је слузокожом богатом жлездама. Жлезде луче желудачни сок састављен од воде, минералних материја, хлороводоничне киселине и ензима (пепсина, лабфермента и липазе) који учествују у разлагању хране. Слузокожа желуца лучи протеин муцин који је штити од хлороводоничне киселине.

Слика150. Систем органа за варење



Код појединих група животиња дошло је до извесних промена у грађи желуца. Птице имају жлездани део желуца који лучи слуз и ензиме, и механички део желуца који се назива бубац. Бубац граде снажни мишићи обложени чврстом опном која помаже дробљењу хране чиме се надокнађује недостатак зуба. Преживари имају желудац који се састоји од четири дела – бурага, мрежавца, листавца и сиришта. У бурагу се налазе бактерије које луче ензим целулазу којим разлажу целулозу. У мрежавцу се храна меша са желудачним соком, а затим се враћа у усну дупљу на поновно жвакање – преживање. У листавцу се сакупља храна која се враћа након преживања. У сиришту се одвија варење протеина и угљених хидрата уз помоћ хлороводоничне киселине и ензима.

Танко црево (лат. *intestinum*) је део дигестивног тракта између желуца и дебелог црева. У њему долази до варења највеће количине унете хране и апсорпције највећег дела разложених хранљивих материја. Почетни део танког црева је **дванаестопалачно црево** (дуоденум) у који се уливају одводи јетре и панкреаса.

Зид танког црева изграђен је од серозног слоја на површини, мишићног слоја у средишту и слузокоже у унутрашњости. Слузокожа је богата жлездама које луче слуз и ензиме. Прекривена је цревним ресицама које повећавају ресорпцијску површину. У ресицама се налазе крвни судови који апсорбују аминокиселине и моносахариде, као и лимфни судови који апсорбују липиде.

Јетра (лат. *iecur*; грч. *hepar*) је највећа жлезда у организму кичмењака. Смештена је испод дијафрагме, са десне стране трбушне дупље. Састоји се из два режња, већег и мањег. Основне функционалне јединице јетре су режњићи хексаедарног облика. У средишту режњића налазе се венуле око којих се зракасто шире низови хепатоцита (јетрених ћелија). У хепатоцитима се ствара жуч која се каналићима слива у жучну кесу, а одатле у дванаестопалачно црево. Жуч је жутозеленкаста течност која емулгује масти и витамине растворљиве у мастима (А, Д, Е, К), омогућује бољу апсорпцију масних материја из црева, неутралише вишак киселина и делује као бактерицид. Поред наведеног, јетра има и друге значајне улоге – учествује у метаболизму масти, угљених хидрата и беланчевина, у процесу детоксикације организма, у синтези лимфе, у складиштењу витамина и гвожђа итд.

Гуштерача или панкреас (лат. *pancreas*) је ендокрино-егзокрина жлезда која лежи у кривини дванаестопалачног црева. Панкреас ствара и излучује низ хормона: инсулин који смањује концентрацију глукозе у крви, глукагон који повећава концентрацију глукозе у крви, амилин који регулише брзину ресорпције хране. При недостатку инсулина долази до хипергликемије, односно, повишеног нивоа шећера у крви. Такође, панкреас у дванаестопалачно црево излучује панкреасни сок који представља водени раствор бикарбоната и ензима (трипсина, химотрипстина, липазе, амилазе).

Дебело црево (лат. *intestinum crassum*) је завршни део дигестивног тракта који се наставља на танко црево и завршава се ректумом. На почетку дебелог црева издваја се слепо црево (*intestinum cecum*) са црвуљком (*apendix veriformis*). То је кратак цревасти израштај који нема никакву улогу код савремених сисара.

На почетку дебелог црева налази се залистак који спречава враћање садржаја дебелог црева у танко црево. Унутрашњи зид дебелог црева прекривен је инвагинисаним цревним епителом који образује крипте дебелог црева. Њихова улога је повећавање апсорпцијске површине овог дела дигестивног тракта.

У дебело црево доспева садржај танког црева из кога оно даље апсорбује воду и соли, а несварене остатке хране сакупља и процесом врења и труљења претвара у измет (фецес) који гомила у ректуму. У дебелом цреву се налази више стотина врста бактерија и гљивица које граде цревну флору. Цревни микроорганизми имају способност синтезе витамина (К, Б1, Б2, Б12) које потом апсорбују крвни судови. У процесу метаболизма микроорганизми ослобађају и гас који представља смешу угљен-диоксида, азота, водоника, водоник-сулфида и метана.

Право црево или **ректум** (лат. *rectum intestinum*) је кратка мишићна цев (до 12 cm) која служи као привремено складиште сварене хране (фецеса). Завршава се анусом преко кога се избацује фецес.

Код једног броја кичмењака у завршни део црева изливају се одводи бубрега и полних жлезда. Тај део црева назива се **клоака**. Клоака је у вези са спољашњом средином преко клоакалног отвора. Сисари немају клоаку. Код њих је клоака дивергирала на трбушни део у који се изливају бубрежни и полни одводи, и лећни део који је преображен у право црево.

7. 7. УРИНАРНИ СИСТЕМ

Уринарни систем (систем органа за излучивање, екскреторни систем) има улогу у регулацији запремине и састава телесних течности. Посредством уринарног система долази до филтрације крвне плазме, издвајања непотребних и штетних материја, и њиховог избацивања из организма у виду мокраће (урина). У мокраћи се налазе сувишна вода, крајњи продукти метаболизма (уреа, креатинин, уробилин, уринска киселина, амонијак...), електролити (нитрити, фосфати), метали у траговима (Na, K, Ca, Mg...) и многа друга једињења.

Код кичмењака се јављају три типа бубрега: а) пронефрос, б) мезонефрос, ц) метанефрос.

а) **Протонефрос** је присутан код колоуста, ларви риба и ларви водоземаца, док код осталих кичмењака функционише само код ембриона. Састоји се од два низа каналића. Ови каналићи на једном крају имају левкасти отвор (нефростом) којим су у вези са телесном дупљом, а другим крајем се изливају у заједнички одвод.

б) **Мезонефрос** је присутан код риба и водоземаца. Код овог типа бубрега губи се веза са телесном дупљом тако што ишчезава нефростом. На зиду каналића јавља се испупчење у виду двослојног пехара које је прожето

сплетом капилара (унутрашњи гломерул). Двослојни пехар и гломерул граде бубрежно телашце које има сопствени одвод.

ц) **Метанефрос** је присутан код гмизаваца, птица и сисара. Код сисара уринарни систем чине бубрези, мокраћоводи, мокраћна бешика и мокраћна цев (Сл. 151).

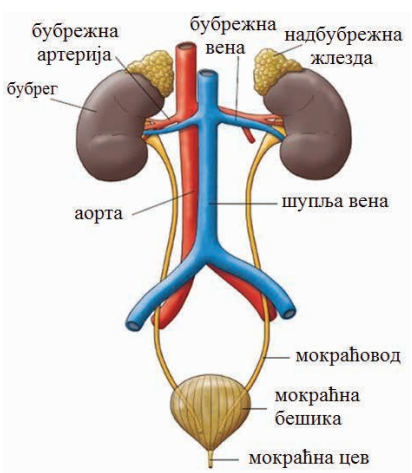
Бубрези (лат. *ren*) су парни органи пасуљастог облика који се налазе у лежиштима масног ткива трбушне дупље са обе стране кичме. Површина бубрега прекривена је бубрежном опном. Испод опне налази се бубрежна кора која се састоји од великог броја бубрежних телашаца. Из њих излазе бубрежне цевчице које се спуштају у бубрежну срж. Бубрежна срж је средишњи део бубрега. У њој се бубрежне цевчице сливају у бубрежне чашице. Из чашица се мокраћа даље слива у проширење које се назива бубрежна карлица. Из бубрежне карлице полази одводни канал мокраћовод (Сл. 152).

Мокраћоводи (лат. *ureter*) су парне цевчице које спајају бубреге са мокраћном бешиком. На њиховој површини налази се слој везивног ткива испод кога је мишићни слој, а потом и слузница.

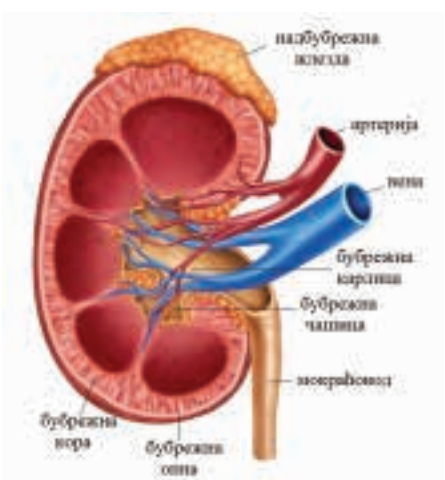
Мокраћна бешика (лат. *vesica urinaria*) је непаран орган на дну трбушне дупље. Представља привремени резервоар мокраће која се слива мокраћоводима.

Мокраћна цев (лат. *urethra*) је непаран цеваст део уринарног система преко кога се мокраћа из бешике избацује у спољашњу средину. Код женског пола кроз њу се избацује само мокраћа, а код мушког пола избацује се и ејакулат.

Слика 151. Уринарни систем



Слика 152. Грађа бубрега



7. 8. РЕПРОДУКТИВНИ СИСТЕМ

Репродуктивни (генитални) систем је скуп органа који омогућује репродукцију.

Код бескичмењака присутне су различите врсте репродуктивних органа и различити начини размножавања. Поједине врсте бескичмењака су хермафродити. Код њих свака јединка носи и женске, и мушке полне ћелије (сунђери, жарњаци, бодљокошци, метиљи, кишне глисте, пужеви...), али су се кроз еволуцију развили механизми који спречавају самооплодњу (осим код неких паразитских врста). Ипак, највећи број врста бескичмењака су одвојених полова, а оплођење је спољашње или унутрашње.

Кичмењаци су одвојених полова. Основни делови репродуктивног система кичмењака су полне жлезде и полни одводи.

Мушки репродуктивни систем сисара

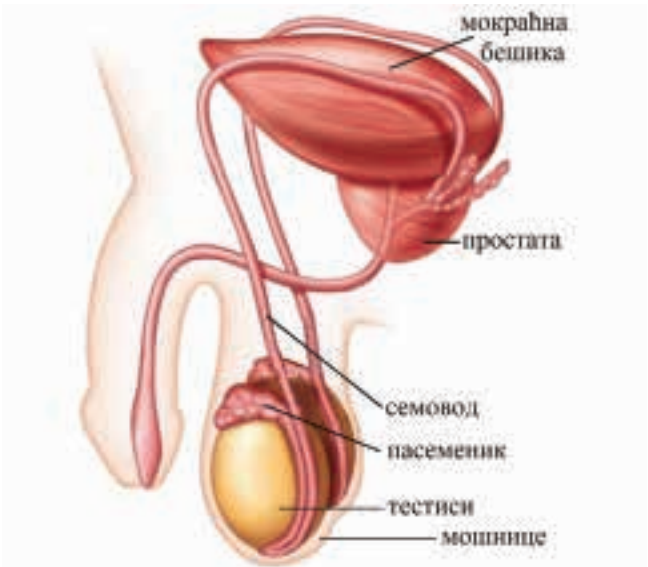
Основни делови мушког репродуктивног система су семеници, пасеменици, семеводи и простата.

Семеници (лат. *testis*) су мушке полне жлезде у којима настају мушки гамети – сперматозоиди и полни хормони андрогени, првенствено тестостерон. Тестостерон утиче на развој полних органа и секундарних полних обележја.

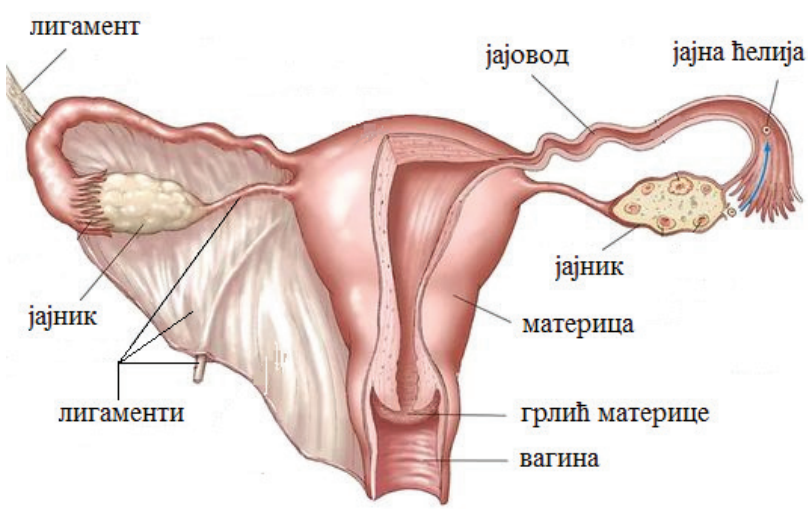
Семеници су аналогни јајницима који представљају женске полне жлезде. Смештени у **мошницама** (лат. *scrotum*), кожним кесастим продужецима стомака. Улога мошница је да одржавају температуру тестиса на око 35^0C. То је температура при којој се одвија оптимални развој сперматозоида. Унутрашњост семеника испуњена је цевчицама (семиниферозним тубулама). Цевчице су обложене слојем епителијалних клициних ћелија које се од пубертета до старости развијају у мушке гамете – сперматозоиде. Образовани сперматозоиди складиште се у **пасеменику** (лат. *epididymis*) који представља канал настао сакупљањем цевчица на излазу из семеника.

Из пасеменика полазе **семеводи** (лат. *vasa deferentia*). То су парни канали који проводе сперматозоиде од пасеменика до простате. Семеводи пролазе кроз сперматичне врпце изнад бешике и затим улазе у простату. **Простата** (грч. *prostates*) је мушка полна жлезда. Она производи материје које улазе у састав семене течности. Семена течност улива се у **мокраћну цев** (лат. *urethra*) која пролази кроз копулаторни орган и служи за избацивање како мокраће, тако и семене течности (Сл. 153).

Слика 153. Мушки репродуктивни систем



Слика154. Женски репродуктивни систем



Женски репродуктивни систем сисара

Женски репродуктивни систем сисара сложенији је од мушког зато што му је улога не само стварање женских гамета – јајних ћелија, него и њихова оплодња, а потом ембрионални развој и рађање новог организма.

Основни делови женског репродуктивног система су јајници, јајоводи, материца и вагина.

Јајници (лат. *ovarium*) су женске полне жлезде у којима се стварају јајне ћелије и полни хормони, првенствено естроген и прогестерон. Ови хормони имају значајну улогу у развоју полних органа и секундарних полних карактеристика, у менструалном циклусу, плодности и одржавању трудноће. Јајници су обавијени капсулом и унутрашњом мембраном, а смештени су са обе стране материце за коју су везани лигаментима (Сл. 154).

Од јајника полазе парни јајоводи који се спајају са горњим делом материце. **Јајоводи** (лат. *tuba uterina*) су мишићно-слузокожне цевчице којима јајне ћелије долазе до материце. Кроз јајоводе пролазе и сперматозоиди који у њима врше оплодњу јајне ћелије. Ослобађање зреле јајне ћелије у јајовод назива се овулација. Оплођене или неоплођене јајне ћелије из јајовода доспевају у материцу.

Материца (лат. *uterus*) је мишићно-слузокожни орган који се налази у карличној шупљини иза и изнад мокраћне бешике. Има облик обрнуте крушке чији ужи део представља грлић или врат материце који се отвара у вагини. Материцу граде три слоја – спољашњи гладак слој везивног ткива (периметријум), средњи мишићни слој (миометријум) и унутрашњи слузни слој (ендометријум). Ендометријум је слој материце који је важан за процес трудноће јер се за њега везује оплођена јајна ћелија. Уколико до зачећа не дође, ендометријум се љушти и одлази као део менструалног крварења.

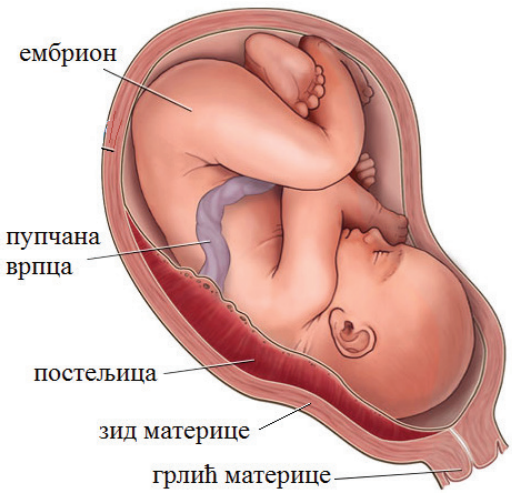
У току еволуције сисара, у материци су се појавили **ембрионални омотачи** – амнион, хорион и алантоис. Они омогућују развој ембриона.

Амнион и **хорион** граде двоструки амнионски набор који обавија ембрион и затвара га у амнионску дупљу. Дупља је испуњена амнионском течношћу која се другачије назива **плодова вода**. Ова течност штити ембрион од спољашњих механичких удараца и буке, одржава стабилну температуру ембриона, представља средину за размену воде и хранљивих материја између мајке и ембриона, штити ембрион од инфекција. Од **хориона** се образују израштаји у облику ресица (вили) који са зидом материце образују постељицу. **Алантоис** који настаје као кесаста избочина и брзо се шири између амниона и хориона, залази у хорионске ресице и учествује у образовању плаценте.

Постељица (плацента) је орган изграђен од зида материце и ембриоталног ткива. Основна улога овог органа је исхрана ембриона и размена гасова, одстрањивање сувишних продуката метаболизма, лучење хормона естрогена и прогестерона. Ембрион је за постељицу везан пупчаном врпцом (Сл. 155).

Пупчана врпца настаје од ванембрионог мезодерма у који ураста алантоис. Кроз њу пролазе крвни судови. Оксидована крв из постељице одлази у ембрион преко пупчане вене, док се деоксидована крв из ембриона враћа у постељицу преко две пупчане артерије.

Слика 155. Ембрион у материци



У односу на то да ли у стадијуму ембрионалног развића имају ембрионалне омотаче или не, кичмењаци се деле на анамниоте и амниоте. **Анамниоти** имају само жуманчану кесу која представља складиште хранљивих материја. У анамниоте спадају рибе и водоземци. **Амниоти** имају развијена сва три ембрионална омотача (амнион, хорион и алантоис). У амниоте поред сисара спадају гмизавци и птице. Код гмизаваца и птица присутна је и жуманчана кеса, док је код сисара она сувишна пошто се ембрион уместо у јајету развија у телу мајке са којом размењује хранљиве и сувишне материје. Међу сисарима једини изузетак су кљунари (*Monotremata*), малобројна реликтна група организама који полажу јаја слична јајима гмизаваца. Младунци који се излегну из јаја, хране се мајчиним млеком. Млеко луче жлезде у грудном региону мајке стварајући на крзну млечно поље. Пошто мајка нема брадавице, младунци лижу млеко с мајчиног крзна.

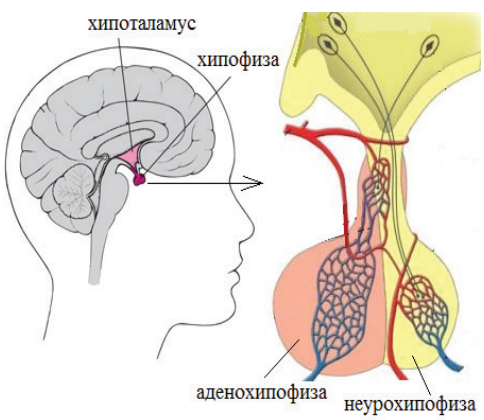
7. 9. ЕНДОКРИНИ СИСТЕМ

Ендокрини систем је систем жлезда са унутрашњим лучењем које синтетишу хормоне као регулаторе многих животних процеса. Жлезде ендокриног система немају изводне канале тако да хормони ослобођени из њих одлазе у лимфу, крв или цереброспиналну течност, а даље овим телесним течностима доспевају до свих делова тела. Међутим, сваки појединачни хормон само у одређеним ткивима може изазвати одређену реакцију захваљујући специфичним рецепторима у таргетираним ткивима.

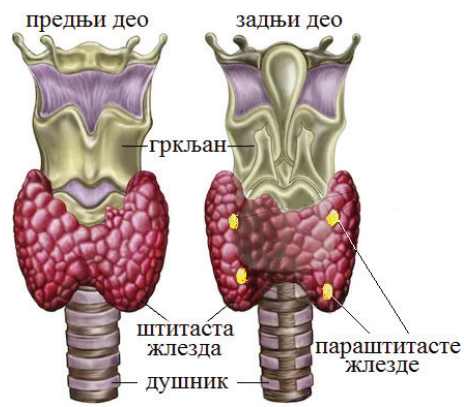
Ендокрини систем чине бројне жлезде – хипофиза, епифиза, штитаста жлезда, паращитаста жлезда, надбубрежне жлезде итд. Синтезу и ослобађање хормона у телу могу вршити и други органи којима је то секундарна улога – јетра, гуштерача, бубрези, полне жлезде, поједини делови црева итд. О овим органима већ је било речи у претходним поглављима.

Хипофиза (лат. *glandula pituitaria*) је жлезда смештена у продуженој мождини, у пределу базе мозга. Подељена је на два режња, аденохипофизу и неурохипофизу (Сл. 156). У **аденохипофизи** се синтетишу такозвани **тропни хормони** који утичу на рад других ендокриних жлезда (штитасте жлезде, коре надбубрежне жлезде, полних жлезда), као и такозвани метаболички хормони који директно утичу на циљна ткива у организму. У метаболичке хормоне спада хормон раста и пролактин који контролише развој млечних жлезда. У **неурохипофизи** се синтетишу вазопресин који контролише излучивање воде путем мокраће, и **окситоцин** који изазива контракције мишића материце током порођаја и стимулише истицање млека из млечних жлезда.

Слика 156. Положај хипофизе



Слика 157. Штитаста и паращитасте жлезде



Епифиза (лат. *glandula pinealis*) је мала ендокрина жлезда у основи мозга, између можданих хемисфера. Ова жлезда синтетише хормон **мелатонин** који регулише будност и сан. Код животиња хормони епифизе одговорни су за понашање, сексуални нагон, раст крзна, камуфлажу и хибернацију.

Штитаста (тироидна) жлезда (лат. *glandula thyreoidea*) је жлезда састављена од два режња смештена испод гркљана и испред и са стране душника (Сл. 157). На синтезу и ослобађање хормона штитасте жлезде утичу хормони аденохипофизе. Основни хормони штитасте жлезде су **тироксин** и **тријодтиронин**. Они се могу синтетисати само ако у организму има јода који се уноси храном. Имају значајну улогу јер утичу на физички и психички развој организма. Између осталог, убрзавају метаболичке процесе и повећавају потрошњу енергије, убрзавају промет материја кроз ћелијске мембране, лучење инсулина, синтезу и разградњу глукозе, разлагање липида у масним ткивима. Такође, убрзавају снагу и брзину срчаних откуцаја и утичу на правилан развој мозга и можданих функција ембриона.

Параштитасте (паратироидне) жлезде представљене су са четири сочивасте ендокрине жлезде смештене уз задњу страну штитасте жлезде (Сл. 157). Хормони ових жлезда су **паратиреоидни хормон** и **калцитонин**. Паратиреоидни хормон у случају дефицита калцијума у крви, уз помоћ витамина Д појачава његову мобилизацију из костију, а потом и из бубрежног и цревног садржаја. У исто време смањује концентрацију фосфата у крви на тај начин што поспешује њихово излучивање преко мокраће. Супротно овоме, хормон калцитонин снижава ниво калцијума, а повећава ниво магнезијума у крви на тај начин што блокира утицај паратиреоидног хормона. Овакво антагонистичко деловање ова два хормона у присуству витамина Д, утиче на ниво калцијума у крви и на окоштавање.

Надбубрежна жлезда (лат. *glandula suprarenalis*) је парна ендокрина жлезда смештена на горњем полу бубрега (Сл. 152). Састоји се из два дела – коре и сржи.

Кора надбубрежне жлезде лучи хормоне који регулишу промет минерала, нарочито натријума и калијума (**алдостерон, кортикостерон, дезоксикортикостерон**), као и хормоне који регулишу промет угљених хидрата, протеина и липида.

Срж надбубрежне жлезде лучи хормоне стреса – **адреналин** и **норадреналин**. Услед стресне ситуације долази до лучења ових хормона који путем крви доспевају до готово свих делова тела и изазивају различите реакције као што су активација мозга и усмеравање пажње, убрзање рада и повећање снаге срца, сужење периферних крвних судова, ширење крвних

судова мозга и неких мишића, ширење бронхија, инхибиција рада црева и бешике, ослобађање топлоте, повећање концентрације глукозе и слободних масних киселина у крви, ширење зеница итд. Норадреналин учествује и у регулацији сна и расположења.

7.10. ПОКРОВНИ СИСТЕМ

Покровни или кожни систем (лат. *integumentum*) је телесни омотач који је у непосредном контакту са спољашњом средином. У покоричном ткиву налазе се егзокрине жлезде, нервни завршеци, крвни судови и периферне творевине које поспешују његову заштитну улогу. Основне функције покровног система су следеће:

- изолује тело од спољашње средине и штити га од механичких, физичких и хемијских утицаја (удараца, притиска, топлоте, хладноће, УВ зрачења, хемијских агенаса...);
- штити тело од патогених микроорганизама;
- одржава хомеостазу тела и учествује у његовој терморегулацији;
- спречава губитак воде из тела копнених животиња и неконтролисан улазак воде у тело водених животиња;
- прима дражи из спољашње средине помоћу нервних завршетака смештених у њој;
- депонује масти, глукозу и витамин Д итд.

Покровни систем бескичмењака и нижих хордата (плашташа, амфиоксуса) је једнослојан. Код риба и појединих водоземаца обично је двослојан, пропустљив за воду и гасове тако да омогућава контролисан промет воде и кожно дисање. Код копнених кичмењака је трослојан. Граде га епидермис, дермис и хиподермис (Сл. 158).

Епидермис (покожица) је спољашњи део коже који се састоји од више компактних слојева плочастих епителијалних ћелија. Број слојева је различит на разним местима на телу.

Доњи слојеви покожице чине **герминативни слој** који се налази уз крзно. Ћелије герминативног слоја активне су током целог живота и својим деобама образују горње слојеве епителијалних ћелија. У ћелијама горњих слојева покожице долази до процеса орожњавања током кога се оне постепено испуњавају рожном материјом кератином што доводи до њиховог изумирања. На тај начин на самој површини тела образује се

рожни слој састављен од мртвих ћелија. Између рожног и герминативног слоја налазе се прелазни слојеви у којима орожњавање није довршено. Кератин је влакнаст протеин који лучи липиде и на тај начин ствара баријеру за пролаз воде. Због тога одсуствује у покожици слузокоже.

Површински рожни слојеви одбацују се стално и делимично (перутање) или периодично и у целини (пресвлачење код змија). На неким деловима тела кератин учвршћује епидермално ткиво тако што образује нокте, канџе, копита, папке, рожне крљушти, рожне плоче и друге кератинозне творевине.

Између рожног и герминативног слоја налазе се прелазни слојеви у којима орожњавање није завршено. Рожни слој нарочито је добро развијен код копнених кичмењака (гмизаваца, птица, сисара), док је код водоземаца релативно танак. Површински рожни слојеви одбацују се стално и делимично (перутање) или периодично и у целини (пресвлачење код змија). На рачун рожног слоја развиле су се заштитне творевина као што су рожне крљушти (код гуштера и змија), рожне плоче (код корњача и крокодила), перје, длаке, нокти, канџе, копита, папци, рогови. Перје и длаке такође се периодично одбацују у процесу митарења, односно, линњања.

Дермис (крзно) је средишњи слој коже изграђен од везивног ткива. У њему преовлађују колагенска влакна, а поред њих присутне су различите ћелије везивног ткива – фибробласти (који одржавају његову структуру), макрофаге (које врше фагоцитозу), лимфоцити (који чувају имунитет), адипоцити (масне ћелије) и хроматофоре (ћелије које стварају пигмент меланин).

Дермис се састоји из два слоја. Горњи или **папиларни дермис** састоји се од лабавог везивног ткива који образује прстасте избочине у епидермису. Доњи или ретикуларни дермис састоји се од густог везивног ткива. Ова два слоја кожи дају еластичност и флексибилност.

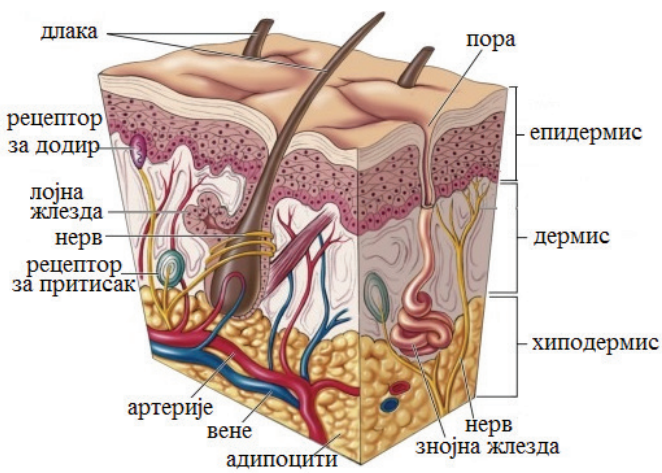
У дермису су смештени завршеци крвних и лимфних судова, нервни завршеци, разни чулни рецептори, корени (фоликули) длака и перја, снопови глатких мишићних влакана који се везују за длаке и перје, као и различите егзокрине жлезде.

Егзокрине жлезде смештене у дермису, преко изводних канала избацују секрет на површину коже. Код колоуста и риба егзокрине жлезде су једноћелијске. Оне производе слуз која смањује трење при кретању кроз воду. Код осталих кичмењака егзокрине жлезде су вишећелијске. Код водоземаца оне луче слуз која влажи кожу што омогућава дисање које се код њих у знатној мери обавља преко коже.

Код гмизаваца испуштају материје којима привлаче партнера. У кожи птица најзначајнија је тртична жлезда која лучи мастан секрет. Птице њиме премазују перје како би спречиле квашење и сачувале његову структуру.

Код сисара су развијене знојне, лојне, млечне и друге врсте жлезда чији секрет служи за међусобно препознавање или као средство за одбрану. **Знојне жлезде** излучују зној који представља течан секрет састављен од воде, натријум-хлорида, електролита и других материја у траговима. Ове жлезде присутне су само у кожи сисара и неких примата. У облику су цевчица чији је доњи крај увијен у клупко смештено у крзну, а горњи се излива на површини коже. Имају улогу у терморегулацији, односно, у снижавању телесне температуре. **Лојне жлезде** излучују лој који представља мастан секрет. То су разгранате жлезде смештене уз корен длаке. Њихов секрет служи за подмазивање длака и спречавање исушивања коже. **Млечне жлезде** излучују млеко за исхрану младунаца. Састоје се из алвеола обложених кубоидним ћелијама које луче млеко. Алвеоле су окружене епителним ћелијама и спајају се у групице – лобуле. Свака лобула има млечни канал који се улива у отворе на брадавици.

Слика 158. Грађа коже



Хиподермис је најдубљи слој коже који се назива и поткожни слој. Везан је за дермис колагенским и еластичним влакнима. У највећој мери састоји се од везивних ћелија адипоцита у којима се складиште масти. Оне граде мешкове (лобуле) масног ткива који су одвојени везивним ткивом. Овај слој складишти масне материје, игра улогу термоизолатора и везивног ткива које везује кожу за мишиће и кости омогућујући њену покретљивост.

БИОЛОШКА ЕВОЛУЦИЈА

8. БИОЛОШКА ЕВОЛУЦИЈА

8.1. ЕТАПЕ ЕВОЛУЦИЈЕ МАТЕРИЈЕ

Термин **еволуција** (лат. *evolutio* – развој) у општем значењу подразумева поступан развој неког процеса или појаве. У биологији термин еволуција означава настанак, развој, структурно-функционално усложњавање и дивергенцију живог света. Еволуција живог света назива се **биолошка** или **органска** еволуција. Органској еволуцији претходиле су атомска и хемијска еволуција.

Атомска еволуција отпочела је образовањем атома водоника, а потом и хелијума од протона, неутрона и електрона ослобођених пре 13,7 милијарди година током Великог праска густо збијене космичке материје. Новостворени атоми концентрисали су се у кондензацијским језгрима где су се почеле одвијати атомске реакције и конверзија водоника и хелијума у хемијске елементе веће атомске тежине. Овај грандиозни догађај означио је почетак ширења простора који је са собом носио космичку материју преобраћајући је од првобитне веома топле, хомогене и збијене, у све хладнију, хетерогенију и проређенију. Теорију Великог праска поставио је 1955. године руско-амерички физичар Џорџ Гамов (George Gamow), а касније је она и научно доказана.

Хемијска еволуција отпочела је настајањем сложенијих атома од атома водоника и хелијума, а потом и настајањем првих једињења. Она се одвијала још док је материја била у облику космичког гаса, а настављена је и након образовања првих небеских тела, па и наше планете пре око 4,6 милијарди година. Постепено хлађење Земље поспешило је даље интеракције између атома и молекула тако да су настајала све сложенија неорганска једињења. Високе температуре, снажно ултравиолетно зрачење, учестала електрична пражњења и ослобађање конституционе воде у време хлађења Земље,

довели су до спонтане синтезе и првих органских молекула. Овај стадијум еволуције материје, представљао је почетак биолошке или органске еволуције.

Биолошка (органска) еволуција отпочела је стварањем првих органских молекула, прво простих (мономера), а потом и сложених (полимера). Настављена је образовањем њихових агрегата, а затим и организованих органских капљица – **коацервата** (лат. *coacervare* – гомилање). Коацервати су временом еволуирали у **еобионте** (гр. *eos* – зора, *biont* – живући), органске системе из којих су настали први организми. Овакав ток еволуције материје први пут је описан у сада већ доказаној Хипотези абиогенезе коју је 1925. године поставио руски биохемичар Александар Иванович Опарин (Алекса́ндр Ива́нович Опа́рин).

Прва бића настала еволуцијом еобионата била су **једноћелијски хетеротрофни прокариоти** који су се појавили пре око 3,7 милијарди година. Део њих је пре око 3 милијарде година еволуирао у **једноћелијске аутотрофне прокариоте** захваљујући синтези фотосинтетичког пигмента хлорофила. Пре око 2 милијарде година појавили су се и једноћелијски еукариоти (хетеротрофни и аутотрофни). Од њих су се пре око 1,5 милијарде година издвојили **вишећелијски еукариоти.** Дакле, биолошка еволуција ишла је у правцу усложњавања структуре и функције организама. Без обзира на њихове сличности и разлике, све изумрле и савремене врсте наше планете су **монофилетичне** јер представљају потомке јединственог исходишног праоблика живота.

8.2. ДАРВИНОВА ТЕОРИЈА БИОЛОШКЕ ЕВОЛУЦИЈЕ

Идеје о настанку и променљивости органских врста датирају још из античког доба. Међутим, **еволуциона биологија** као научна дисциплина утемељена је тек у XIX веку захваљујући Чарлсу Дарвину, знаменитом британском природњаку.

Чарлс Дарвин (Charles Robert Darwin, 1809-1882) се од ране младости занимао за природне науке, нарочито за биологију и геологију. Због тога је напустио студије медицине, а потом и теологије, и 1831. године укрцао се на истраживачки брод „Бигл" придруживши се групи природњака у научној експедицији по свету. Током експедиције Дарвин је био у прилици да посматра и упоређује геолошке формације, фосилне и савремене органске врсте, и да анализира последице деловања природних процеса на њих. Стечена сазнања допунио је искуствима селекционара домаћих животиња и научним радовима својих савременика тако да је 1836. године своје научне ставове изнео у раду *Белешке о трансмутацији врста* (*Notebooks on the Transmutation of Species*). Био је то тек почетак његовог богатог научног опуса на који су нарочито утицали радови Чарлса Лајела, Томаса Малтуса и Алфреда Воласа.

Геолог **Чарлс Лајел** (Charles Lyell) је у троделном есеју *Начела геологије* (*Principles of Geology,* 1831–1833) указао на постепене промене земљине коре које су производиле и постепене промене живог света. Економиста **Томас Малтус** (*Thomas Malthus*) је у *Есеју о принципима становништва* (*An Essay on the Principle of Population*, 1789) указао на несразмеру између извора хране и геометријског раста људских популација. Сматрао је да се због тога јављају механизми који регулишу њихову бројност – природне катастрофе, несташице хране, болести и ратови. Биолог и географ **Алфред Волас** (Alfred Wallace) је независно од Дарвина развио своју теорију о природној селекцији, тако да су он и Дарвин тесно сарађивали. Касније, у својој двотомној књизи *Географско распрострањење животиња* (*The Geographical Distribution of Animals*, 1876), Волас је приказао распоред појединих животињских група у контексту природно-историјских процеса и промена на Земљи.

Круна Дарвиновог научног опуса била је књига *О пореклу врста* (*On the Origin of Species*, 1858). У поменутој књизи Дарвин је указао на монофилетичност (настанак од заједничког претка) свих органских врста, и на њихову променљивост кроз процес природне селекције. Дарвин је своју теорију о променљивости органских врста засновао на неколико основних теза (Радоман, 1982):

- Свака органска врста има велику репродуктивну моћ. Јединке сваке врсте способне су да оставе много више потомака него што их има у популацијама тих врста, и много више него што то дозвољавају услови средине, пре свега, доступна храна и простор. Из овог разлога, организми међу собом воде борбу за опстанак.
- И поред велике репродуктивне моћи, популације сваке врсте из године у годину остају на приближно истој величини варирајући око неке средње бројчане вредности.
- Велики број јединки у популацијама угине у различитим стадијумима свог развића и то пре него што остави потомство. Само један број организама из сваке генерације остаје у животу остављајући потомство и продужавајући врсту.
- У популацијама исте врсте свака се јединка индивидуално разликује, односно, не постоје две идентичне јединке.
- Ова индивидуална разноликост везана је за елиминацију јер боље прилагођени организми имају много веће шансе да живе дуже и оставе више потомака на које путем наследног материјала преносе своје адаптивне особине. Слабије прилагођени организми чешће се елиминишу раније, пре него што достигну фазу полне зрелости.
- Селективним нагомилавањем ситних наследних промена кроз низ генерација, постепено настају нове прилагођености на услове спољашње средине. Тако се временом стварају разлике између почетних и изведених врста у чему се управо огледа органска еволуција.

У време Дарвина није била позната права природа и структура наследног материјала.

Међутим, он је претпоставио његову материјалну основу и улогу у континуитету врста што је знатно касније, тек 1953. године, потврђено открићем молекуларне структуре ДНК и механизама преношења наследних информација. То га управо и чини једним од највећих имена у свету науке.

Дарвин је кроз свој рад указао да природна селекција подржава или елиминише поједине фенотипове, а тиме и њихов наследни материјал вршећи пресудан утицај на наследну основу појединих популација. Према Добжанском (Dobzhansky, 1982), који је сликовито представио Дарвинове тезе, природна селекција се „понаша као вајар који док ради скулптуру, одбацује непотребне каменчиће". У том процесу „одбацивања непотребних каменчића", нестајале су многе врсте које нису могле да се изборе са

притисцима средине. Међутим, у исто време настајале су неке нове врсте од оних врста код којих су спонтане промене наследног материјала стварале већу фенотипску адаптибилност у променљивој средини. По Дарвину, „многе фенотипске одлике за које смо склони да сматрамо да су мало важне, у ствари представљају резултат природне селекције. Кад видимо да су листоједни инсекти зелени, а короједни сиво попрскани, да алпска кока постаје зими бела, да шкотски тетреб има боју вреса, онда можемо веровати да су те боје корисне тим организмима јер их штите од опасности".

Говорећи о прилагођавању и борби за опстанак као „жестокој утакмици", Дарвин је користио термин „опстанак најподобнијег". Према Дарвину, најподобнији су они организми у популацији који најдуже живе. Ова Дарвинова теза диференцијалног морталитета, касније је коригована тезом диференцијалне репродукције. То значи да није важно колико ће дуго јединка да живи, него колико ће потомака да остави. Јединка сваке органске врсте може доживети и дубоку старост, али ако се не избори са притисцима средине и не остави потомство, њеним нестанком из популације неповратно нестају све наследне информације које је носила. Дакле, за опстанак врсте важне су јединке које остављају потомство без обзира на то колико дуго живе. Јединке са најбројнијим потомством, у светлу еволуционе биологије, имају и највећу адаптивну вредност.

Дарвин је указивао да органске врсте имају различите биолошке капацитете када је у питању могући број потомака. По правилу, врсте које имају више природних непријатеља, остављају већи број потомака, и обрнуто. На пример, оструга за време једне сезоне парења може произвести око 100 милиона ларви. Међутим, у току репродуктивног циклуса једна оструга остави само два потомка, а сви остали бивају елеминисани различитим притисцима природне селекције, пре свега предаторима. За разлику од острига, слонице које су репродуктивно зреле од десете до педесете године, на свет доносе по једно младунче у размаку од четири до девет година. То значи да у поређењу са другим врстама, слонови имају мали репродуктивни потенцијал. И поред тога што слонови немају природне непријатеља, то не значи да на њих не делују други притисци природне селекције (суша, недостатак хране, заразне болести...), јер да није тих притисака, за 750 година би иза само једног пара слонова остало 19.000.000 потомака.

Дакле, Дарвинова теорија о променљивости врста представљала је популацијски став који је своје упориште нашао у природном одабирању, односно, селекцији која елиминише јединке слабије прилагођене конкретним условима средине, а подржава оне јединке које су боље прилагођене. Оваквим приступом Дарвин је указао да еволуција има адаптивни карактер.

У савременој науци Дарвинов поглед на биолошку еволуцију познат је као Дарвинизам. Много година након Дарвина развиле су се науке које су Дарвинову теорију могле и практично да докажу, али и да укажу на неке Дарвинове недореченості. У такве науке првенствено спадају генетика, биохемија, молекуларна биологија и друге. Њиховим развојем Дарвинова теорија је даље разрађивана представљајући основу многих научних дисциплина које се баве животом на Земљи. Полазећи од Дарвинове теорије као суштински исправне, млађе генерације научника доказале су да спонтана промена генетичког материјала и природна селекција представљају основу биолошке еволуције и разноврсности живог света.

8.3. МЕХАНИЗМИ БИОЛОШКЕ ЕВОЛУЦИЈЕ

Основни механизми који доводе до еволуције органских врста су мутације генетичког материјала, проток гена, генетички дрифт и природна селекција.

Мутације генетичког материјала

Систем биолошког наслеђивања огледа се у идентичној репродукцији родитељских особина путем генетичког материјала садржаног у хромозомима као једине материјалне везе између родитеља и потомака. Као што смо навели у поглављу 3.7. овог уџбеника, молекуларну основу процеса наслеђивања у живом свету чине нуклеинске киселине – дезоксирибонуклеинска (ДНК) и рибонуклеинска (РНК) киселина. Захваљујући њима сваки организам наслеђује особине предака и даље их преноси на потомство. На тај начин нуклеинске киселине обезбеђује континуитет и интегритет органских врста. Међутим, на нивоу генетичког материјала повремено се могу десити **мутације** (лат. *mutatio* – промена) које представљају спонтане или индуковане промене које захватају гене, делове хромозома или читаве хромозоме. Због тога се на основу величине генетичког материјала који је захваћен променама, мутације деле на генске (тачкасте) мутације и хромозомске мутације (аберације). Док аберације обично озбиљно угрожавају опстанак организма који их наслеђује, дотле генске мутације у појединим случајевима могу бити носиоци ситних прогресивних промена подржаних од стране фактора природне селекције. Ово се дешава онда када се овакве мутације фенотипски изразе, и када организми који их носе, у некој ситној особини имају бар за нијансу већи степен адаптибилности на услове променљиве средине. Оне су основни извор варијабилности и еволуције живог света.

Проток гена

Проток гена представља размену појединих генских алела између популација које припадају истој врсти. До протока гена долази када организми из једне популације прелазе у другу и са собом носе нове генске алеле који постају део генског фонда популације у коју су имигрирали. На тај се начин образују такозвани генетички мостови. Захваљујући имигрантима долази до промене учесталости појединих алела у популацијама које их интегришу.

Ефекти протока гена зависе од броја јединки које популације размењују у функцији времена, од разлика у генетичкој структури популација и од просторног распореда популација. Што су популације географски или еколошки изолованије, то је и проток гена слабији. Проток гена доводи до повећања генетичке варијабилности популације, али истовремено доводи и до смањења разлика у генском фонду популација.

Генетички дрифт

Генетички дрифт представља промену у учесталости генских алела у популацији услед наглог смањења њене бројности или у случају настајања нове популације. До смањења бројности може доћи под утицајем природних непогода, пожара, недостатка хране, епидемија и других екстремних догађаја. До настајања нове популације долази када један број јединки заувек напушта своју матичну популацију услед снажне компетиције за простор или храну и имигрира на ново станиште. Пошто се у оба случаја број индивидуа у популацији значајно смањује, то значи да може доћи до губитка или до повећања фреквенце појединих алела, до повећања броја хомозиготних јединки и генерално, до смањења генетичке варијабилности популације.

Природна селекција

Природна селекција представља процес диференцијалног одабира индивидуа које ће преживети и оставити потомство на које ће пренети своје генетичко наслеђе. Селекција дакле, елиминише поједине фенотипове, а на тај начин и генотипове и одабира потомке који ће чинити следећу генерацију. Организми који захваљујући својим генотипским и фенотипским особинама испољавају већи степен адаптибилности у односу на услове спољашње средине, мање су подложни селекционим притисцима.

Фактори природне селекције представљају збир свих еколошких утицаја на организме. На пример, фактори природне селекције могу бити слаба светлост, екстремне температуре, суше, олује, повишен салинитет воде, недостатак хране, одсуство опрашивача, предатори, паразити, патогени мокроорганизми и многи други абиотички и биотички утицаји на сваку јединку понаособ. Под утицајем променљивих фактора природне селекције на генетичке залихе популација, врсте временом нестају са позорнице живота или се прилагођавају, мењају и опстају захваљујући генотипској и фенотипској пластичности.

Пример предаторске селекције

Као чест пример који служи за илустрацију механизама деловања природне селекције кроз предаторску селекцију, наводи се популација мољца *Biston betullaria*. Истраживања Адлстона (Addlestone) која су обављена 1848. године, показала су да је у популацији мољаца у околини Манчестера било око 1% јединки црне боје, а око 99% јединки светле боје. Оваква обојеност представљала је ефикасну заштиту од предатора с обзиром да је овај мољац живео на кори стабала прекривених светлим лишајевима. Убрзаном индустријализацијом Манчестера, у његовој околини било је све више чађи и издувних гасова тако да су лишајеви нестали, а кора стабала постала је тамнија. Поновљеним истраживањима 1898. године, утврђено је да чак 95% мољаца ове популације има тамну боју тела (Туцић, 2003). Дакле, популација је за само 50 година доживела драстичну промену у једном фенотипском карактеру, боји тела, што указује да је прошла кроз генетички условљену промену. Ово не значи да је настала нова врста, него да се одиграо процес промене једног карактера популације у складу са механизмима деловања природне селекције. У случају овог мољца, фактор селекције који је довео до реконструкције једног карактера популације, биле су птице које су потаманиле већи број мољаца чија се боја тела није стапала са бојом подлоге на којој живе. На тај начин се из генерације у генерацију све учесталије елиминисао управо онај ген који је детерминисао светлу боју тела мољаца који су били све приметнији на све тамнијој подлози.

Слика159. Две морфе мољца *Biston betullaria*



СИСТЕМАТИКА И ТАКСОНОМИЈА САВРЕМЕНИХ ВРСТА

9. СИСТЕМАТИКА И ТАКСОНОМИЈА САВРЕМЕНИХ ВРСТА

9. 1. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ КЛАСИФИКАЦИЈЕ ЖИВОГ СВЕТА

Почетак научне класификације организама везан је за шведског природњака и систематичара Карла Линеа (Carl Nilsson Linnaeus, 1707-1778) који је у делу *Природни систем* (*Sistema nature*, 1735) све познате врсте свог времена на основу морфолошких карактеристика систематизовао у 24 биљне и 6 животињских класа. Свакој врсти Лине је дао име које се састојало од две речи. Наведена класификација организама представља такозвану **кладистичку класификацију**. Бинарни начин обележавања врста задржан је и у савременој науци, а ова класификација допринела је развоју неких нових биолошких дисциплина, пре свега, систематике и таксономије.

У биологији, основна таксономска категорија је **врста** (лат. *species*; скраћеница – sp.). Прва реч у имену сваке врсте означава име рода коме врста припада, а друга реч означава властито име које најчешће ближе описује неки карактер врсте. На пример, род љубичица носи латински назив *Viola*. Овај род обухвата велики број филогенетски сродних врста чије прво име указује на припадност роду *Viola*, а друго име на неку од специфичних карактеристика конкретне врсте – *Viola odorata* (љубичица обична), *Viola silvestris* (љубичица шумска), *Viola arvensis* (љубичица пољска), *Viola elatior* (љубичица висока), *Viola biflora* (љубичица двоцветна), *Viola alba* (љубичица бела), *Viola hirta* (љубичица длакава) итд. Дакле, прво име сваке од ових врста љубичица је истовремено и име рода коме припадају (Viola), а друго име је њихово лично име (odorata, silvestris, arvensis, elatior, biflora, alba, hirta). Уколико је реч о било којој или непознатој врсти одређеног рода, онда се иза имена рода додаје наставак sp. (Viola sp.). Употреба оваквог бинарног

система номенклатуре омогућава да се осим истицања различитости и специфичности сваке органске врсте, истовремено укаже на сличност и филогенетску блискост са неким другим врстама. При томе, први назив у оквиру бинарног имена указује на сличност, односно сродност, а други назив указује на различитост, односно, специфичност врсте.

Врста услед мултипног алелизма може бити полиморфна. То значи да се њене популације у неким ситним особинама могу разликовати међу собом. Због тога су у савремену таксономију уведене и ниже таксономске категорије од врсте. Те ниже категорије су подврста, варијетет и форма. **Подврста** (лат. *subspecies*; скраћеница – *subsp*.) представља поједине популације унутар врсте које се од других популација разликују по одређеним генотипским и фенотипским, првенствено морфолошким одликама, мада се међу собом могу укрштати кад се нађу у зони контакта. **Варијетет** (лат. *varietas*; скраћеница – *var*.) и **облик** (лат. *forma* скраћеница – *f*.), представљају још мања генотипска и фенотипска одступања у оквиру популација врсте што указује на њену велику генотипску пластичност.

Поред нижих, постоје и више таксономске категорије од врсте. Оне врсте које имају најближе сродничке везе, групишу се у **родове** (лат. *genus*). Више филогенетски блиских родова чини **породицу** (лат. *familia*), а филогенетски блиске породице групишу се у **редове** (лат. *ordo*). Редови су даље груписани у **класе** (лат. *classis*), а **класе** у **разделе** (лат. *divisio*) код биљака, односно **типове** код животиња (лат. *phyllum*). На врху хијерархије налазе се **царства** (лат. *regnum*).

Открића нових врста и њихови сложени филогенетски односи захтевали су увођење и међукатегорија таксономских јединица. Због тога се у савременој таксономији додају префикси sub- или super- који указују да нека таксономска категорија има прелазни карактер ка нижој, односно ка вишој таксономској категорији (на пример, subfamilia – подпородица или superfamilia – надпородица).

Пошто се од доба Линеа па надаље, број научно препознатих и описаних биљних таксона брзо увећавао, од половине XIX века приступило се уједначеном давању имена таксономских категорија биљака виших од рода на тај начин што су се на основу њиховог имена почели додавати јединствени наставци. Тако се на основу имена породице додаје наставак *aceae*, имена реда наставак *ales*, имена класе наставак *atae* или *opsida*, имена раздела наставак *ae* или *phyta* (Таб. 1).

Табела 1. Филогенетско стабло једне од подврста женске боквице

Таксономска категорија		**Назив таксона**
српски	**Латински**	
царство	Regnum	Plantae
раздео, тип	divisio, phylum	Magnoliophyta
класа	Classis	Magnoliopsida
ред	Ordo	Scrophulariales
породица	Famila	Plantaginaceae
род	genus	*Plantago*
врста	species	*Plantago maior*
подврста	Subspecies	*maior*
варијетет	Varietas	*intermedia*
облик	Forma	*minor*

Сврставање организама у таксоне који се налазе на различитим хијерархијским нивоима, назива се **класификација**, а ниво који таксон има у хијерархијском нивоу назива се **таксономска категорија**.

Од наведених таксономских категорија, врста, подврста, варијетет и облик представљају таксоне који реално постоје у природи. Све таксономске категорије веће од врсте, само указују на рођачке везе између врста и помажу да се једноставније и прегледније сагледају сличности и разлике између врста, као и њихови сроднички односи.

На основу овакве **кладистичке класификације** свака новооткривена врста након морфолошких, физиолошких, биохемијских и цитогенетских провера, добија своје место у хијерархији организама.

9. 2. КЛАСИФИКАЦИЈА САВРЕМЕНИХ ВРСТА

Класификација организама која се последњих деценија најчешће примењивала у систематици и таксономији (*Whittaker*, 1969), разликује пет царстава живих организама:

1. Царство **Monera** – једноћелијски прокариотски организми
2. Царство **Protista** – једноћелијски еукариотски организми
3. Царство **Fungi** – гљиве
4. Царство **Plantae** – биљке
5. Царство **Animalia** – животиње

Из ове класификације изузети су вируси. Пошто не поседују метаболички механизам за саморепродукцију независну од ћелије домаћина, и пошто могу да кристалишу, они се налазе на граници живота.

Најновија класифилација организама (Cavalier-Smith, 2014), заснива се на подели живог света на два надцарства (Superregnum) – Prokaryota и Eukaryota. Надцарство **Prokaryota** обухвата једноћелијске организме без ћелијског једра. Дели се на два царства. Надцарство **Eukaryota** обухвата једноћелијске и вишећелијске организме са ћелијским једром. Дели се на пет царстава (Таб. 2).

Табела 2. Класификација живог света (Cavalier-Smith, 2014)

1)	**Надцарство Prokaryota**	организми без ћелијског једра
1.	Царство Archaea	прабактерије
2.	Царство Bacteria	бактерије
2)	**Надцарство Eukaryota**	организми са ћелијским једром
3.	Царство Protozoa	праживотиње
4.	Царство Chromista	еукариоти са хлорофилом Ц
5.	Царство Fungi	гљиве
6.	Царство Plantae	биљке
7.	Царство Animalia	животиње

1. Царство археја (Archaea)

Царство археја или такозваних прабактерија, обухвата једноћелијске или колонијалне прокариотске организме идентичне онима који су живели на нашој планети још у време бескисеоничне атмосфере. Обично су сферичног, цилиндричног, спиралног или плочастог облика, прекривени мембраном и ћелијским зидом. Поједине археје имају бич који им помаже при кретању. Немају ћелијско једро, а њихов наследни материјал своди се на један макромолекул ДНК смештен у централном делу цитоплазме. Као и код бактерија, и код археја недостају ћелијске органеле осим рибозома, као и унутарћелијске мембране. Њихова рибозомална РНК разликује се од РНК свих осталих организама. Размножавају се бесполно, и то деобом, фрагментацијом или пупљењем. За животне процесе археје користе различите изворе енергије. Аутотрофне археје користе енергију сунчевог зрачења, док хемотрофне археје користе хемијску енергију коју добијају оксидацијом неорганских, првенствено азотних и сумпорних једињења, соли метала и неметала, водоника и угљеника.

Велики број врста овог царства припада такозваним екстремофилима који живе у екстремним срединама – у дубинама литосфере, нафтним бушотинама, земљишту, слатинама, термалним изворима, морском дну, мочварама, ђубриштима, отпадним водама итд. Деле се на неколико раздела. Метаногене бактерије (Methanobacteria) живе на дну мочвара, у хидротермалним океанским испустима, термалним изворима, цревном тракту сисара и у другим екстремним срединама где производе метан као метаболички нуспроизвод у анаеробним условима. Халофите бактерије (Halobacteria) насељавају екстремно слана копнена и водена станишта. Термоацидофилне бактерије (Thermoplasmobacteria) живе у екстремно топлим водама са високим садржајем сумпорне киселине и соли.

2. Царство бактерија (Bacterium)

Царство бактерија обухвата једноћелијске или колонијалне прокариотске организме сличне архејама. По облику могу да буду лоптасте, штапићасте и спиралне. Лоптасте се називају коке. Могу да буду појединачне (монококе), у пару (диплококе), спојене у ланце (стрептококе), спојене у гроздове (стафилококе). Штапићасте се називају бацили. Кад се споје у низове називају се стрептобацили. Спиралне бактерије могу имати мањи број (спирали) или већи број завоја (спирохете).

На површини бактерија налази се мембрана, ћелијски зид и слузава капсула. За подлогу се причвршћују цитоплазматичним концима фимбријама, а крећу се захваљујући бичевима. Као и археје, немају органеле (осим рибозома) и ћелијско једро. Имају само један макромолекул ДНК обично прстенастог облика, примакнут ћелијској мембрани. Размножавају се деобом, фрагментацијом, пупљењем, спорама, разменом генетичког материјала као простим обликом полног размножавања.

Према начину исхране бактерије су аутотрофне и хетеротрофне. Аутотрофне бактерије су фототрофне и хемотрофне. Фототрофне бактерије користе сунчево зрачење као извор енергије, док хемотрофне бактерије као извор енергије користе хемијску енергију коју добијају оксидацијом неорганских једињења. У зависности од тога која једињења оксидишу, могу да буду нитрификационе, гвожђевите, метанске, сумпорне и водоничне. Хетеротрофне бактерије користе органске материје из свог окружења. Деле се на сапрофите и паразите. Сапрофитске бактерије користе органске материје из угинулих организама, док паразитске бактерије користе органске материје из живих организама.

У односу на састав ћелијског зида, разликују се Грам-позитивне и Грам-негативне бактерије. Ћелијски зидови Грам-позитивних бактерија боје се љубичастом бојом кристалвиолет по методи данског бактериолога Ханса Грама, док се Грам-негативне бактерије не боје. Грам-позитивне бактерије имају дебљи ћелијски зид састављен од неколико слојева пептидогликана у које је уметнута теихоична киселина. Грам-негативне бактерије имају тањи ћелијски зид састављен од само једног слоја пептидогликана. У њиховом ћелијском зиду нема теихоичне киселине. Услед слабе структурисаности, ћелијски зид ових бактерија је подложнији механичким оштећењима, тако да су Грам-позитивне бактерије отпорније од њих.

Ово царство дели се на девет раздела који обухватају различите групе бактерија присутних у свим медијумима животне средине и у свим организмима. Поједине од њих у дигестивном тракту животиња и човека обављају веома корисне функције (цревна флора), док поједине представљају изазиваче различитих оболења (*Escerichia coli, Salmonella enterica, Corynebacterium diphteriae, Clostridium tetani, Vibrio cholerae*...).

3. Царство протозоа (Protozoa)

Царство протозоа или праживотињица обухвата једноћелијске еукариотске организме. Поред ћелијских органела, у њиховој ћелији присутно је једно до неколико једара. За њих су специфиче хранљиве вакуоле у којима се вари храна, и контрактилне вакуоле којима се избацују вода и сувишни продукти метаболизма.

У односу на начин исхране, могу да буду аутотрофи и хетеротрофи. Аутотрофи поседују хлорофил и обављају фотосинтезу. Хетеротрофи се хране чврстим органским честицама које увлаче у хранљиве вакуоле или течним хранљивим супстратом који апсорбују преко ћелијске мембране. Међу хетеротрофима има сапрофитских и паразитских врста.

Ова група организама насељава морске и копнене воде, влажна станишта и унутрашњост биљних и животињских организама, па и човека.

Протозое се деле на четири раздела који обухватају бичаре, амебе, спорозое и трепљаре.

Бичари (Sarcomastigophora) су једноћелијске или колонијалне, аутотрофне или хетеротрофне протозое. Имају сталан облик тела на чијем се предњем делу налази један или два бича (флагелума) који служе за кретање. Специфични су и по томе што хетеротрофни бичари на тачно одређеном месту имају такозвана ћелијска уста (цитостом) преко којих примају храну из спољашње средине. Аутотрофни бичари поседују хлорофил и обављају фотосинтезу (Euglenozoa – *Euglena viridis, Trachelomonas foliata*…). Због тога се могу уврстити и у групу алги. У основи њиховог бича смештена је очна мрља (стигма) која реагује на светлосне дражи. Иначе, сви бичари се размножавају бесполно деобом или цистама.

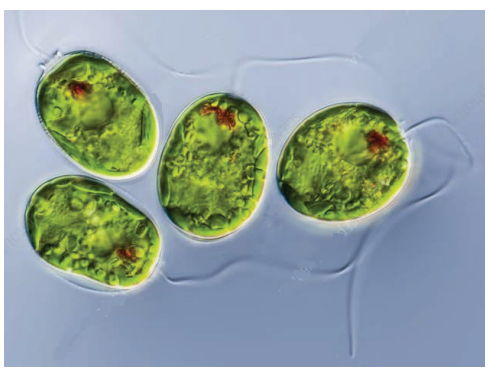
Бичари су широко распрострањени у свим воденим срединама, али међу њима има и ендопаразита биљака, животиња и људи. На пример, *Tripanosoma brucei* код човека изазива болест спавања, а врсте рода *Leishmania* изазивају лешманијазу која се манифестује појавом чирева на кожи.

Амебе (Sarcodina) су једноћелијске хетеротрофне протозое. Специфичне су по променљивом облику тела и амебоидном кретању које представља лагано преливање тела са једног места на друго. Овакво кретање се одвија ширењем и увлачењем делова цитоплазме који формирају такозване лажне ножице (псеудоподије). Псеудопидије се појављује када се на неком месту ћелијске мембране појави испупчење спољашњег дела цитоплазме (ектоплазме). Затим се тај наставак издужује и у њега улази унутрашњи део цитоплазме (ендоплазма). Амебоидно кретање одвија се под утицајем температуре, светлости и присуства хране у околини.

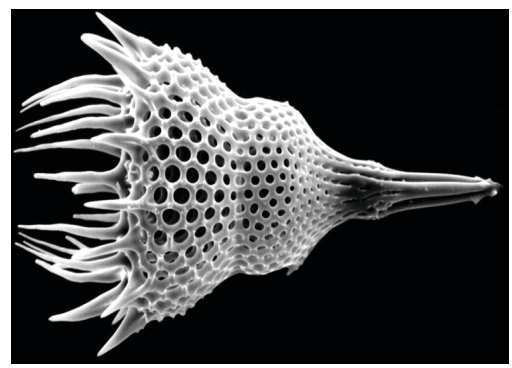
Амебе за узимање хране користе псеудоподије којима обухватају честице хране и уносе их у унутрашњост тела процесом фагоцитозе. Овакав начин исхране назива се фаготрофан. Хране се органским честицама, другим протозоама, једноћелијским алгама и бактеријама. Као и остале протозое, размножавају се бесполно и полно.

Већина амеба насељава слане и слатке воде, као и влажна станишта. У познатије родове спадају фораминифере (*Foraminifera*) и радиоларије (*Radiolaria*) чије је амебоидно тело заштићено кречњачким љуштурицама. Многе амебе су ендопаразити људи, животиња и биљака. Један од познатијих је дизентерична амеба (*Entamoeba histolytica*).

Слика 160. Бичар *Trachelomonas* sp.



Слика 161. Љуштура амебе *Radiolaria* sp.



Спорозое (Sporozoa) су једноћелијске хетеротрофне протозое које живе као облигатни паразити у животињама и човеку. Размножавају се сменом полне и бесполне генерације. Образују споре у којима се налазе замеци нових јединки. Споре су заштићене чврстом опном и служе за њихов пренос са једног на другог домаћина (на пример, са комарца на човека). Пошто паразитирају у телу домаћина, немају органеле за варење, излучивање и кретање. Храну узимајући од домаћина уносећи је преко површине тела процесом пиноцитозе. Један од познатијих паразита човека је изазивач маларије *Plasmodium falciparum*.

Трепљари (Ciliophora) су једноћелијске хетеротрофне протозое. Карактеристични су по томе што у својој ћелији имају два једра (велико и мало), тачно одређено место преко кога примају храну (ћелијска уста и ждрело), одређено место преко кога избацују несварену храну и контрактилне вакуоле које се синхроно пуне и празне. Тело им је прекривено чврстом опном кортексом на коме се налазе трепљице задужене за кретање. Размножавају се бесполно и

полно (коњугацијом и аутогамијом). Један од најпознатијих родова трепљара је род папучица (*Paramecium*).

Широко су распрострањени у морским и копненим водама, у влажном земљишту, као и у другим организмима у којима паразитирају.

4. Царство хромиста (Chromista)

Царство хромиста обухвата једноћелијске еукариотске аутотрофне врсте које садрже хлорофил Ц за разлику од типичних аутотрофних биљака које садрже нешто другачије типове хлорофила, хлорофил А и Б. Хлорофил Ц се код хромиста налази у пластидима који су прекривени са четири мембране.

Ова група укључује поједине алге, оомицете и протозое. Према мишљењу Томаса Кавалир-Смита (Thomas Cavalier-Smith, 2018), који је издвојио царство Chromista, вероватно се ради о полифилетској групи чији су чланови независно настајали као посебна еволуциона група од заједничког претка свих еукариота.

5. Царство гљива (Fungi)

Царство гљива обухвата бројну и разноврсну групу једноћелијских и вишећелијских еукариотских организама. Гљиве су дуго сврставане у царство биљака зато што су непокретне као и биљке, синтетишу биљне хормоне, имају ћелијске вакуоле и ћелијски зид који недостаје у ћелијама животиња. Међутим, извесне карактеристике приближавају их животињском свету. Пре свега, гљиве немају хлорофил тако да су у исхрани зависне од других организама. Такође, гљиве као и животиње, у својим ћелијама складиште гликоген као резервну материју, синтетишу животињски пигмент меланин и у ћелијским зидовима уместо целулозе имају хитин.

Талус (тело) гљива сграђено је од дугих, танких кончастих ћелија – хифа. Хифе расту својим врховима, гранају се, преплићу и образују вегетативно тело – мицелијум. Хифе које причвршћују гљиву за подлогу називају се ризоиди, док се хифе којима паразитске гљиве продиру у тело домаћина, називају хаусторије.

У односу на начин исхране, гљиве могу бити сапрофити (хране се органским остацима угинулих организама), паразити (апсорбују органске материје живих домаћина) или симбионти (живе у заједници са другим биљкама са којима размењују хранљиве материје, минерале и воду).

Ово царство обухвата четири раздела – хитридиомицете, зигомицете, аскомицете и базидиомицете.

Хитридиомицете (Chytridiomycota) су водене гљиве које се могу наћи и на влажном земљишту. Међу њима има и паразитских врста које живе на рачун алги и водених животиња. Најпростији представници ове групе су једноћелијске гљивице без ћелијског зида које читавом површином апсорбују хранљиве материје. Код појединих представника долази до удруживања ћелија у крупну, вишеједарну протоплазматичну масу у којој појединачне ћелије губе своју индивидуалност услед одсуства ћелијског зида. Та маса назива се плазмодијум. Сложенији облици имају мицелијум састављен од хифа. Са мицелијума полазе кончасти израштаји (ризоиди и ризомицелије) чија је улога причвршћивање за подлогу и апсорпција хранљивих материја.

Разликују се од осталих гљива по томе што се размножавају бесполно – зооспорама које образују током митотичке деобе. Зооспоре се крећу помоћу бича док не стигну до одговарајућег супстрата. Полоно размножавање је ретко.

Зигомицете (Zygomycota) су копнене вишећелијске гљиве са разгранатим кончастим мицелијумом. Живе у влажном земљишту, на остацима угинулих биљака и животиња као сапрофити, на живим домаћинима као паразити или у симбиози са биљкама. Многи сапрофити познати су као буђи. На пример, сапрофитске врсте родова *Mucor, Rhizopus* и *Choanephora* развијају се у виду скраме на воћу, поврћу, хлебу, сиру, месу и осталим намирницама. Уколико се појаве и на живим биљкама, прво нападају њихове мртве или оштећене делове.

Представници ове групе размножавају се асексуалним спорама (конидијама) или полно, спајањем две хифе и формирањем зигоспора. Споре се групишу у зигоспорангијама одакле се преносе на велике раздаљине.

Аскомицете (Ascomycetes) су једноћелијске или вишећелијске кончасте гљиве. Јављају се на остацима биљака и животиња као плесни и на живим ситним животињама или биљкама. Једноћелијске аскомицете размножавају се пупљењем, док се вишећелијске аскомицете размножавају полно – аскусима у којима се развијају аскоспоре.

Једноћелијске аскомицете су квасци из рода *Saccharomyces*. Живе као сапрофити на подлози богатој шећерима које у процесу алкохолног врења разлажу на алкохол и угљен-диоксид. Вишећелијске аскомицете могу да буду и сапрофити, и паразити. Међу сапрофитним врстама издвајају се аскомицете из рода *Penicillium* које синтетишу антибиотик пеницилин. Од паразитских врсте највеће штете наносе такозване пепелнице (ред *Erysiphales*) које паразитирају на биљкама. Препознају се по белом прашкастом изгледу делова биљака захваћених инфекцијом. Овакав изглед настаје од површинских хифа са спорама.

Базидиомицете (Basidiomycota) су гљиве познате као печурке. Њихов мицелијум изграђен је од хифа које се гранају у подлози (супстрату) а изнад подлоге граде надземно спороносно тело – базидиокарп. Базидиокарп се састоји од клобука (шеширића) и дршке. Хифе базидиокарпа граде такозвано лажно ткиво или плектенхим које је сасвим другачије грађе од правих ткива. На клобуку су смештене спороносне хифе са проширењима – базидијама, а у базидијама се образују мушке и женске базидиоспоре. Оне клијају у хифе, а потом долази до фузије хаплоидних хифа у диплоидни мицелијум гљиве.

Слика 162. Рђа *Puccinia sessilis* на листу козлаца



Слика 163. Гар *Ustilago maydis* на кукурузу



Базидиомицете се деле на рђе (Pucciniomycetes), снети (Ustilginomycotina) и печурке (Agaricomycotina). Рђе и снети су углавном веома агресивни паразити биљака који наносе велике штете пољопривреди и шумарству. Печурке су углавном сапрофити којима, између осталих, припадају шампињони и трбушаре (смрчак, лисичарка, вргањ, буковача, млечница, црвена мухара, бела пупавка, лудара...). Неке од њих су јестиве, а неке и веома отровне.

6. Царство биљака (Plantae)

Царство биљака обухвата аутотрофне организме снабдевене хлорофилом за процес фотосинтезе. Унутар овог царства разликују се такозване ниже биљке (**талофите**) и **више биљке (кормофите**).

Талофите имају тело које се назива талус. Талус је изграђен од сличних ћелија које не граде типична ткива и органе. Ове биљке живе претежно у води или у влажној средини. У групу нижих биљака спадају **алге** и **лишаји**.

Кормофите имају тело које се назива кормус. Кормус је изграђен од разноврсних ћелија које граде права ткива и органе. Најчешће живе на копну, мада има кормофита које живе и у води. Вишим биљкама припадају **маховине, папрати** и **семенице** (**голосеменице** и **скривеносеменице**).

Алге (Algae)

Алге представљају велику и хетерогену групу талофитих биљака. То су једноћелијски, кончасти, колонијални или вишећелијски аутотрофни организми са талусом величине од неколико десетина микрона до неколико десетина метара.

Размножавају се **вегетативно** (деобом ћелије, пупљењем, откинутим деловима талуса) **бесполно** (цистама и различитим покретним и непокретним спорама) и **полно**. Полно размножавање започиње образовањем полних ћелија у цитоплазми или у посебним деловима талуса код сложенијих алги. У зависности од тога какви су гамети, полно размножавање може бити изогамија, хетерогамија или оогамија. Изогамија је присуство гамета који се разликују биохемијски и физиолошки, али су исти по облику и величини, и сви су покретљиви. Хетерогамија (анизогамија) је присуство гамета који се разликују по облику, величини, физиолошки и биохемијски. Сви су покретни, али су мушки гамети покретљивији од женских. Оогамија је присуство гамета који се такође разликују по облику, величини, физиолошки и биохемијски. Међутим, мушки гамети су веома покретни, а женски су непокретни.

Алге претежно живе у морским и копненим водама, али су многе од њих присутне и на влажном земљишту, снегу, леду, кори дрвећа и другим влажним срединама.

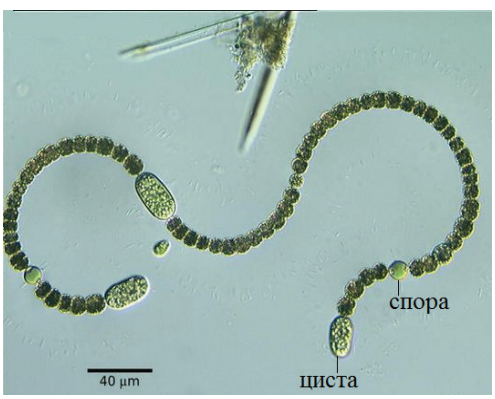
Ова разноврсна и сложена група биљака дели се на већи број раздела. Ми ћемо поменути разделе са највећим бројем врста (модрозелене алге, папучице, силикатне алге, жуте алге, златне алге, црвене алге, мрке алге и пршљенчице).

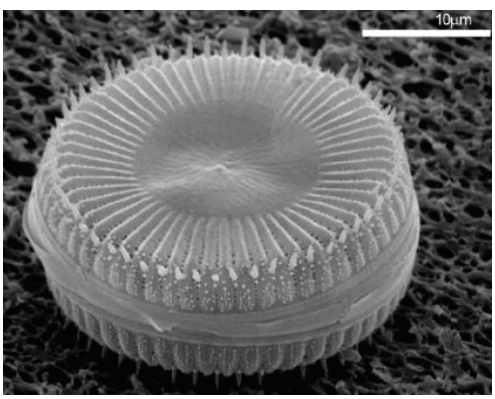
Модрозелене алге (Cyanophyta) су једноћелијски, кончасти (трихални) или колонијални прокариотски аутотрофни организми који се због одсуства једра и специфичне ћелијске организације укључују и у групу фотоаутотрофних Грам-негативних бактерија (Cyanobacteria). Од пигмената, поред хлорофила имају каротене и ксантофиле. Код њих није забележено полно размножавање. Једноћелијске врсте се размножавају деобом, а кончасте цистама и спорама (Сл. 164). Веома су прилагодљиве, тако да живе и у сланој, и у слаткој води, у термалним изворима, у отпадним водама, на влажном земљишту, снегу и леду. У стајаћим водама богатим минералним

солима брзо се множе и на површини стварају густе зелене превлаке. Ова појава назива се цветање воде.

Папучице или еуглене (Euglenophyta) су једноћелијске аутотрофне еукариотске алге. Присуство хлорофила, каротена и ксантофила их приближава биљкама, међутим, папучице имају и анималне карактеристике. Пре свега, на површини тела (ћелије) немају ћелијски зид него пеликулу која представља протеински омотач, неке врсте луче кућице прожете гвожђем и манганом, на предњем делу ћелије имају бич који им служе за кретање, у корену бича смештена је очна мрља (стигма) са пигментима који су осетљиви на светлосне дражи. Због наведених особина укључују се и у раздео бичара у оквиру царства Protozoa. Иначе, сви бичари се размножавају деобом или спорама. Мањи број врста живи у морској, а много већи број у копненим водама. Има их у маси у органски оптерећеним водама услед њихове потребе за витаминима Б1 и Б12.

Слика 164. Модрозелена алга *Anabaena* sp. **Слика 165.** Силикатна алга *Cyclotella* sp.





Жутозелене алге (Xanthophyta) су једноћелијске, кончасте или колонијалне алге. Од пигмената, поред хлорофила имају каротене и ксантофиле који утичу на боју њиховог тела. Поседују ћелијски зид од пектина и целулозе, прожет солима силицијума, калцијума и гвожђа. Једноћелијски облици крећу се активно уз помоћ два бича неједнаке дужине у чијој се бази налази очна мрља. Размножавају се деобом, зооспорама (које имају бич и пливају) и полно оогамијама. Већина живи у чистим копненим водама, а мањи број у влажном земљишту и морској води.

Златне алге (Chrysophyta) су једноћелијске, кончасте или колонијалне алге. Величина им се креће од неколико десетина микрона до једног сантиметра. Поред хлорофила садрже и пигмент фукоксантин од кога потиче њихова обојеност. Имају ћелијски зид од целулозе и пектина, прожет силицијумом који код неких врста образује силикатни панцир. Једноћелијски облици крећу се уз помоћ једног до два бича. Размножавају се деобом, бесполно зооспорама или полно у процесу оогамије. Најчешће живе у чистим слатким водама умерене зоне.

Ватрене алге (Pyrrhophyta) или динофлагелате су једноћелијске покретне, ретко кончасте алге. Поред хлорофила садрже перидинин, посебну врсту ксантофила. Као резервну материју синтетишу скроб у виду зрнаца и капљице уља. Прекривене су панциром од целулозних плочица (Сл. 166). Крећу се помоћу два бича неједнаких дужина. Предњи дужи бич служи за кретање, а бочни попут кормила усмерава кретање. Размножавају се деобом, бесполно зооспорама или полно у процесу оогамије. Насељавају топла мора и океане, а само мали број њих среће се и у слатким водама. Када се пренамноже на површини морске воде, дају јој црвену боју тако да се ова појава назива црвена плима. Током ноћи њихово масовно присуство изазива светлуцање морске воде које изазива биолуминисцентна материја луциферин присутна у појединим планктонским врстама ватрених алги.

Силикатне алге (Bacillariophyta) су једноћелијске или колонијалне алге. Колоније су лепезасте, тракасте, звездасте или разгранате. Преко њихове слузаве спољашње мембране налази се панцир који се састоји из два неједнака дела који се преклапају као поклопац преко кутије. Већи део панцира назива се епитека, а мањи хипотека. На панциру се налазе поре (ареоле) преко којих ћелија комуницира са спољашњом средином (Сл. 165). Размножавају се деобом, бесполно зооспорама или полно (изогамијом, хетерогамијом или оогамијом). Представљају најбројније организме фитопланктона и фитобентоса морских и чистих слатких вода. Могу се наћи и у земљишту, на снегу и леду.

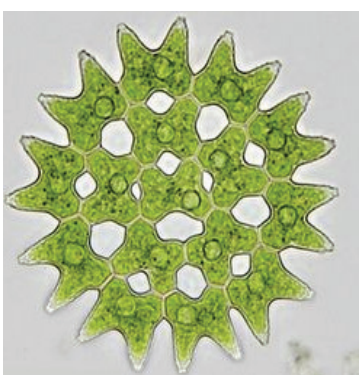
Зелене алге (Chlorophyta) су једноћелијске, колонијалне (Сл 167), кончасте или вишећелијске алге. Вишећелијске алге су понекад веома крупне и разгранате. Размножавају се вегетативно откинутим деловима талуса и бесполно зооспорама. Вишећелијски облици размножавају се и полно оогамијом. Гамети се код њих развијају у једноћелијским гаметангијама. Насељавају морске и копнене воде као организми бентоса и планктона. Представљају најзначајније продуценте органских материја у воденим екосистемима. Такође, присутне су на влажној подлози, кори дрвећа, снегу и леду. Од зелених алги воде порекло све копнене биљке.

Црвене алге (Rhodophyta) су крупне вишећелијске разгранате алге (Сл. 168). Њихови пластиди зову се родопласти. У родопластима се налазе хлорофил, каротени, ксантофили и фикобилини. Црвена боја ових алги потиче од црвеног фикобилина – фикоеритрина. Ћелијски зид им је саграђен од целулозе, пектина, калијум и магнезијум карбоната као и полисахарида који се назива агар-агар. Овај полисахарид се користи као хранљива подлога у микробиолошким лабораторијама. Размножавају се вегетативно откинутим деловима талуса, бесполно зооспорама и полно у процесу оогамије. Мањи број врста живи у слатким водама, а много већи број у топлим морима, и то на већим дубимама где су причвршене за дно.

Слика 166. Ватрена алга *Peridinium* sp.



Слика 167. Зелена колонијална алга *Pediastrum* sp.



Слика 168. Црвена алга *Osmundae* sp.



Мрке алге (Phaeophyta) су вишећелијске крупне алге величине и до неколико метара. Њихове ћелије граде лажно ткиво – плектенхим, тако да се издвајају и делови талуса који подсећају на стабло и листове, такозване филоиде. Пластиди, такозвани феопласти, садрже хлорофил, каротене и ксантофиле. Мрка боја ових алги потиче од мрког ксантофила – фукоксантина. У ћелијама мрких алги складишти се специфичан полисахарид ламинарин. Ћелијски зид је саграђен од целулозе и пектина, а код неких и од калцијум-карбоната. Размножавају се вегетативно откинутим деловима талуса, бесполно различитим спорама и полно у процесу изогамије, хетерогамије или оогамије. Ова група обухвата морске алге које живе причвршћене за дно хладнијих мора.

Пршљенчице (Charophyta) су вишећелијске макроскопске алге. Њихов талус је морфолошки диференциран на појединачне регионе који подсећају на чланковито стабло и листове тако да подсећа на раставиће. Имају хлоропласте у којима се налазе хлорофил и каротини. Као резервну материју складиште скроб. Ћелијски зидови изграђени су од целулозе и прожети калцијум-карбонатом што читавом талусу даје чврстину. Размножавају се бесполно ситним гомољама (кртолицама) богатим скробом који им омогућава презимљавање. Полно размножавање код пршљенчица је оогамија. Женске полне ћелије развијају се у оогонијама, а мушке у антеридијама смештеним на стаблоликом делу талуса. Највећи број пршљенчица насељава чисте и хладне копнене воде причвршћен за дно воденог басена.

Лишаји (Lichenes)

Лишаји су симбиотски организми који се налазе на граници између царства гљива и царства биљака. Граде их два члана – алге (фитобионт) и гљиве (микобионт). И један и други члан у овом специфичном симбиотском односу проналазе егзистенцијалну корист пошто гљиве својим хифама долазе до воде и минералних материја, а алге, захваљујући хлорофилу, производе органске материје.

У састав лишаја од алги најчешће улазе модрозелене и зелене, а од гљива аскомицете и базидиомицете. Вегетативно тело које творе алге и гљиве назива се **талус**. Највећу масу талуса гради гљива од које зависи величина, облик и изглед лишаја. Хифе гљива су густо испреплетане и граде лажно ткиво – **плектенхим**. У плектенхиму су смештене алге које ту налазе заштиту од високих температура и исушивања.

Лишаји се размножавају искључиво бесполним путем – регенерацијом, сорединјама и изидијама. **Регенерација** представља механичко одвајање дела талуса из кога се на повољном станишту образује нов организам. **Сорединје** су сићушне лоптице изграђене од неколико ћелија алги густо обавијених хифама гљива. Када се образују у великој маси, кора лишаја пуца, и сорединје се разносе помоћу кише или ветра. **Изидије** су израштаји од гљива и алги који се налазе на површини лишаја. За разлику од сорединја, прекривене су кором. Кад су зреле откидају се од талуса и разносе ветром или кишом.

У зависности од врсте симбионата и пигмената у њима, талус лишаја је различитих облика и боја. Према изгледу талуса, лишаји могу бити корасти, листасти и жбунасти. **Корасти** лишаји су целом површином тела чврсто прилепљени за подлогу од које се тешко могу одвојити (*Rhizocarpon geographicum, Graphis scripta*) (Сл. 169). **Листасти** лишаји су за подлогу причвршћени

хифама, док је остатак талуса листоликог изгледа и одвојен од подлоге (*Lobaria pulmonaria, Peltigera malacea*) (Сл. 170). **Жбунасти** лишаји су хифама такође лабаво везани за подлогу, док је остатак талуса веома разгранат и има форму висећих или усправних жбунића (*Usnea barbata, Alectoria ochroleuca*) (Сл. 171).

Лишаји су типични копнени организми који најчешће живе на стенама, земљишту или на другим биљкама. Пионирске су врсте у насељавању неповољних станишта.

Слика 169. *Rhizocarpon geographicum*



Слика 170. *Lobaria pulmonaria*



Слика 171. *Usnea barbata*



Маховине (Bryophyta)

Раздео маховина обухвата древне копнене врсте које насељавају различита станишта – стене, земљиште, кору дрвећа, слатке и слане воде, као и друга, за њих погодна станишта. Ова група биљака има пионирску улогу у насељавању негостољубивих станишта каква су пожаришта, огољене површине, стене или северне границе тундре. Спречавају ерозију земљишта, а такође, делују попут биосунђера упијајући и полако одавајући воду матичном екосистему. Услед непостојања кутикуле на површини стабаоца и листића, маховине лако упијају загађујуће материје тако да представљају добре биоиндикаторе загађења ваздуха.

За маховине је карактеристична смена генерација. Развијена зелена биљка маховина је хаплоидни гаметофит на коме се развијају мушки (антеридије) и женски (архегоније) полни органи у којима се образују мушки и женски гамети. Како би покретни мушки гамети стигли до јајне ћелије, неопходна је вода. Њиховим спајањем настаје диплоидни спорофит без хлорофила – протонема. На проталијуму се образују споре из којих се поново развија хаплоидна гаметофитна биљчица.

Одрасла биљка маховина (гаметофит) састоји се од нежног стабаоца које је покривено простим листићима. У стабаоцу нема проводних ткива. Листићи су састављени од само једне врсте ћелија, целог су обода или назубљени. Маховине немају корен. Од подножја стабаоца, а често и дуж стабаоца или са доње стране листића, полазе кончасти, гранати ризоиди чија је улога причвршћавање за подлогу и делимична апсорбција воде. Савремене маховине деле се на класе јетрењача и лиснатих маховина.

Јетрењаче (Marchantiopsida) обухватају једноставније грађене врсте код којих је талус слабо диференциран и има пузећу форму, као и сложеније облике код којих се талус састоји од стабаоца, листића и ризоида. Јетрењаче представљају бројну групу маховина чији типични представници припадају реду маршанција (Marchantiales) (Сл. 172).

Лиснате маховине (Bryopsida) такође имају сложен талус. Разгранате су и на влажној подлози граде праве маховинске ливаде. Типични представници ове групе маховина су тресетне маховине (Sphagnales) и бриофите (Bryales) (Сл. 173).

Слика 172. Јетрењача *Marchantia polymorpha* **Слика 173.** Бриофита *Bryum capillare*





Папрати (Polypodiophyta)

Папрати припадају једној од најстаријих група виших биљака. Појавиле су се пре око 420 милиона година, а у карбону, пре више од 300 милиона година, градиле су густе влажне прашуме чији фосилни остаци сада представљају наслаге каменог угља.

Већина папрати расте на тлу, на влажним и сеновитим местима, а мањи број врста може се наћи и на другим биљкама. Углавном су копнене биљке, мада извесне врсте живе и у води.

Папрати се могу размножавати вегетативно и полно. Вегетативно се размножавају подземним изданцима. Полно размножавање прати смена хаплоидне и диплоидне генерације. За разлику од маховина, одрасла биљка папрати представља бесполну диплоидну спорофитну генерацију на којој након мејозе настају и сазревају хаплоидне споре. Споре се налазе у спорангијама које су на наличју листова груписане у сорусе или се налазе шишарколиким телима стробилусима. Из спора се развија сићушна гаметофитна биљчица – хаплоидни проталијум на којој се налазе гаметангије. Гаметангије су мушки (антеридије) и женски (архегоније) полни органи у којима се развијају гамети. Спајањем мушког покретног и женског непокретног гамета настаје одрасла биљка која представља диплоидни спорофит.

Папрати су веома хетерогена група. Имају неразгранато или дихотомо гранато стабло на коме се налазе једноструко или вишеструко урезани листови. За подлогу су причвршћене простим коренима – ризомима. Ризоми код неких врста могу да задебљају у кртоле. Кроз корен, стабло и листове

пролазе потпуни хадроцентрични проводни снопићи. С обзиром да им је хабитус у потпуности диференциран на функционалан корен, стабло и листове, папрати заједно са семеницама припадају групи кормофита. Одрасле биљке неких тропских папрати достижу висину и до 25 m.

Савремене папрати потичу од изумрлих прапапрати (Psilophytatae). Могу се поделити на три класе: пречице, раставиће и праве папрати.

Пречице (Lycopodiopsida) су зељасте зимзелене биљке чије стабло пузи по подлози и дихотомо се грана. Асимилациони листови су љуспасти и густо прекривају стабло. Обично насељавају тропске крајеве, а само мали број врста се јавља и у Европи (селагинеле – *Selaginella* sp., црвоточине – *Lycopodium* sp.) које представљају зељасте ниске биљке чије стабло у доњем делу пузи по подлози, а затим се уздиже и дихотомо грана (Сл. 174).

Раставићи (Equisetopsida) су вишегодишње зељасте биљке са чланковитим стаблима и пршљенасто распоређеним ситним, љуспастим листићима импрегнираним силицијум-диоксидом. Живе углавном на мочварним стаништима (раставић – *Equisetum arvense*).

Праве папрати (Filicopsida) имају негранато стабло са целовитим, једноструко или вишеструко перасто дељеним листовима. Ове папрати насељавају углавном влажна и сеновита места (бујад – *Pteridium aquilinum*, мушка папрат – *Dryopteris filix-mas*, женска папрат – *Athyrium filix-femina*, златна папрат – *Asplenium ceterach*, јеленак – *Phyllitis scolopendrium* итд.), мада се неке од њих могу наћи и у воденим екосистемима (*Salvinia natans*). Оптимално су развијене у тропима где достижу и највећу висину (*Asophyla cronita*).

Слика 174. Раставић *Equisetum* sp.



Слика 175. Женска папрат *Athyrium filix-femina*



Семенице (Spermatophyta)

Семенице представљају еволутивно најмлађу, анатомски, морфолошки и функционално најсложенију групу биљака код којих се образују цвет и семе. Као и код претходних група биљака, и код семеница је присутна смена генерација. Одрасла биљка представља спорофитну генерацију на којој се развија цвет. Гаметофит је редукован тако да је изгубио способност за самосталан живот. Он се спољa чак и не може приметити и морфолошки се јавља као део цвета, односно, део спорофита.

Семенице се деле на а) **голосеменице** (Gymnospermae) и б) **скривеносеменице** (Angiospermae). Код голосеменица семени замеци су незаштићени и налазе се на женској шишарци, док су код скривеносеменица семени замеци заштићени и затворени у плоднику тучка. Плодник, сам или са неким другим деловима цвета, преобраћа се у плод који штити семе и помаже његово расејавање.

а) Голосеменице се деле на четири раздела: цикасе (Cycadophyta), гинко (Ginkgophyta), гнетуме (Gnetophyta) и игличасте голосеменице (Pinophyta).

Цикаси или перастолисне голосеменице (Cicadophytina) представљају линију од које су у еволуцији настале скривеносеменице. Ова група обухвата тропске и суптропске голосеменице од којих неке по хабитусу личе на палме, мада немају ближу филогенетску везу са типичним палмама. Најпознатији родови овог раздела су цикас (*Cycas*) (Сл. 176) и дион (*Dioon*) итд.

Гинко (Ginkgophyta) обухвата само једну врсту – Ginkgo biloba. То је једина преживела врста древног рода *Ginkgo*. Ова врста данас аутохтоно расте само у Кини, Јапану и Кореји, мада добро успева и као гајена парковска врста широм Европе.

Гнетуми (Gnetophyta) су као и цикаси тропско-суптропске врсте. У оквиру овог раздела најпознатији представници припадају родовима гнетум (*Gnetum*), ефедра (*Ephedra*) и велвичија (*Welwitschia*). Гнетуми имају форму стабала са нежним листовима. Ефедре имају форму жбунова или повијуша са редукованим листовима. Велвичије имају само по два листа која расту врхом читавог живота и достижу величину од по два метра (Сл. 177). Због старости листови се временом цепају.

Слика 176.Шишарке цикаса (*Cycas* sp.)



Слика 177. Шишарке велвичије (*Welwutschia* sp.)



Игличасте голосеменице (Pinophyta) су дрвенасте или жбунасте вишегодишње биљке са листовима који су дихотоми, врпчасти, игличасти или љуспасти. То су једнополне и једнодоме биљке са цветовима сакупљеним у цвасти које се називају шишарке (Сл. 178). Типични представници овог раздела су родови борова (*Pinus*), смрча (*Picea*), јела (*Abies*), ариша (*Larix*), клека (*Juniperus*), туја (*Thuja*), тиса (*Taxus*), кедарова (*Cedrus*) и секвоја (*Sequoia*).

Слика 178. Мушке и женске шишаркасте цвасти црног бора *(Pinus nigra)*





б) Скривеносеменице (Angiospermae) припадају разделу Magnoliophyta. Ова група дели се на две класе – **дикотиле** (Dicotyledones или Magnoliopsida) и **монокотиле** (Monocotyledones или Liliopsida).

Дикотиле (*Dicotyledones*) на клици имају два клицина листића (котиледона). Цвет им се састоји од четири до пет делова, а нерватура листова је мрежаста. Дикотиле чије стабло не може секундарно да дебља припадају форми зељастих биљака, док дикотиле чије стабло секундарно дебља, припадају форми дрвенастих или жбунастих биљака.

Група дикотила дели се на велики број фамилија и родова. На пример, групи зељастих дикотила припадају фамилије љутића (Ranunculaceae), лобода (Chenopodiaceae), кантариона (Hypericaceae), коприва (Urticaceae), звончића (Campanulaceae), каранфила (Caryophyllaceae), слезова (Malvaceae), крсташица (Brassicaceae), јагорчевина (Primulaceae), махунарки (Fabaceae), млечика (Euphorbiaceae), здраваца (Geraniaceae), штитара (Apiaceae) зевалица (Scrophulariaceae), љубичица (Violaceae), боквица (Plantaginaceae), уснатица (Lamiaceae), главочика (Asteraceae) и бројне друге. Групи дрвенастих дикотила припадају фамилије букве (Fagaceae), јавора (Aceraceae), бреза (Betulaceae), липа (Tiliaceae), врба (Salicaceae), маслина (Oleaceae), ружа (Rosaceae) итд.

Монокотиле (Monocotyledones) су филогенетски млађе од дикотила. Имају један клицин листић, цвет им се примарно састоји од три дела, нерватура листова је паралелна и имају стабло које не може да дебља секундарно, тако да су то зељасте биљке. Групи монокотила припадају фамилије лукова (Alliaceae), љиљана (Liliaceae), перуника (Iridaceae), орхидеја (Orchidaceae), трава (Poaceae), козлаца (Araceae) многе друге.

7. Царство животиња (Animalia)

Животиње су велика група вишећелијских, еукариотских хетеротрофа. Заједничке одлике свих животиња су присуство ћелијског једра, одсуство ћелијског зида, способност синтезе колагена и гликопротеина, обавезан стадијум моруле и бластуле током ембриогенезе, хетеротрофна исхрана, добро развијена чула, способност активног кретања осим ретких изузетака.

Царство животиња подељено је на два подцарства: **паразоа** и **еуметазоа** или такозваних „правих животиња".

7.1. Подцарство паразоа (Parazoa)

Паразое су најпростије вишећелијске животиње без јасно диференцираних ткива. У ову групу убрајају се типови плакозоа и сунђера.

Плакозое (Placozoa) су најпростије вишећелијске животиње. Представљене су само родом трихоплакс (*Trichoplax*). Изгледају као крупне амебе које током кретања мењају облик тела. Тело им није диференцирано на органе. Размножавају се деобом и полно. Живе у морима где воде бентосни и пелагични начин живота.

Сунђери (*Porifera*) су веома просте вишећелијске животиње. Причвршћени су за подлогу што значи да воде сесилни начин живота. Тело сунђера састоји се од трослојног телесног зида који затвара телесну дупљу. Вода са честицама хране улази кроз канале и коморе у телесном зиду, улази у телесну дупљу, а затим се са несвареним честицама избацује преко отвора оскулума. Потпору читавом телу даје такозвани „скелет" који је изграђен од рожне материје спонгина, од иглица силицијум-диоксида или калцијум-карбоната. Сунђери се размножавају деобом, пупљењем и полно. Највећи број врста води бентални начин живота у морима, а мањи број у слатководним басенима.

7.2. Подцарство правих животиња (Eumetazoa)

Еуметазое или праве животиње саграђене су од јасно диференцираних ткива. Деле се на две велике групе, бескичмењаке и хордате.

Бескичмењаци (Invertebrata)

Бескичмењаци су животиње са простијом телесном организацијом у односу на хордате. Између осталог, код њих нису развијени кичмени пршљенови. Најраспрострањенији и најпознатији представници групе бескичмењака припадају типовима жарњака, пљоснатих црва, ваљкастих црва, чланковитих црва, мекушаца, зглавкара и бодљокожаца.

Дупљари или жарњаци (Cnidaria) су водени, углавном морски бескичмењаци који живе самостално, или ређе у колонијама. Величина им се креће од неколико милиметара (поједине хидре), до око два метра (поједине медузе). Њихов трослојни телесни зид обавија унутрашњу дупљу. Дупља има само један отвор преко кога улазе хранљиви и излазе несварени састојци. Хране се ситним организмима које хватају пипцима и убацују у дупљу. Пипци су им прекривени нервним и жарним ћелијама. Жарне ћелије служе за хватање плена, али имају и одбрамбену улогу. Код ове групе животиња се први пут јавља нервни систем, и то најпростији, дифузни. Размножавају се бесполно и полно.

Најпознатије класе дупљара су полипи (Hydrozoa) (Сл. 179), медузе (Scyphozoa) и морске сасе (Anthozoa).

Слика 179. Колонија полипа



Пљоснати црви (Platyhelminthes) су бескичмењаци билатералне симетрије који се активно крећу захваљујући развијеним мишићима и врпчастом нервном систему. Овакав нервни систем је концентрисан у главеном региону где се налазе мождане ганлије. Оне прелазе у нервне врпце повезане попречним везама. У главеном региону налазе се чулне длачице, чулне јамице и очи. Немају телесну дупљу јер је простор између ћелијског зида и црева испуњен везивним ткивом. Црево се састоји из предњег и средњег црева које се слепо завршава тако да имају само предњи, усни отвор. Немају крвни и респираторни систем, а гасове размењују целом површином тела. Размножавају се бесполно (попречном деобом) или полно. Припадају хермафродитима јер се на истој јединки развијају мушке и женске полне ћелије.

Пљоснати црви су слободно живеће и паразитске врсте. Најпознатије класе су трепљасти црви (Turbellaria), метиљи (Trematodes) (Сл. 180) и пантљичаре (Cestodes).

Слика 180. Метиљ, пљоснат црв



Ваљкасти црви (Nematoda) су копнени бескичмењаци билатералне грађе који се одликују издуженим, танким и несегментисаним телом. Тело је прекривено кутикулом испод које се налази мишићно ткиво. Нервни систем код ваљкастих црва је врпчаст. Састоји се од нервног прстена који окружује ждрело и од кога полазе паралелне врпце. Поседују хемијска и тактилна чула, док се чуло вида јавља само код једног броја врста. Систем за варење је у облику праве цеви која почиње усним отвором, па се преко ждрела, једњака, средњег и задњег црева завршава аналним отвором. Систем за излучивање је у облику цевчица које су жлездастог порекла. Као и код претходних група животиња, крвни систем и систем за дисање не постоје. Размножавају се полно.

Ваљкасти црви живе на различитим стаништима, а нарочито у земљишту. Међу њима има и много ендопаразита попут дечје глисте и трихинеле (Сл. 181).

Чланковити или прстенасти црви (Annelida) су група бескичмењака са сегментисаним телом које је подељено на чланке. Мада постоје разлике између појединих група ових црва, они имају и многе заједничке одлике. Покивени су једнослојним епителом који лучи танку кутикулу. Испод епитела је слој кружне, а испод њега слој уздужне мускулатуре. Органи за варење почињу усним отвором, настављају се на ждрело, једњак, желудац и црево које се завршава аналним отвором. Поседују нервни систем лествичастог типа. Немају систем за дисање, али се зато код њих јавља крвни систем састављен од по једног леђног и једног трбушног, као и два бочна крвна суда. Размножавају се полно. Велики број врста припада хермафродитима.

Овај тип организама обухвата класе пијавица (Hirudinea), многочекињастих црва (Polychaeta) који су морске врсте, (морске врсте) и малочекињастих црва (Olygochaeta) који су присутни у скоро свим копненим екосистемима, нарочито у змљишту (кишна глиста).

Слика 181. Трихинела, ваљкаст црв



Слика 182. Кишна глиста, чланковит црв



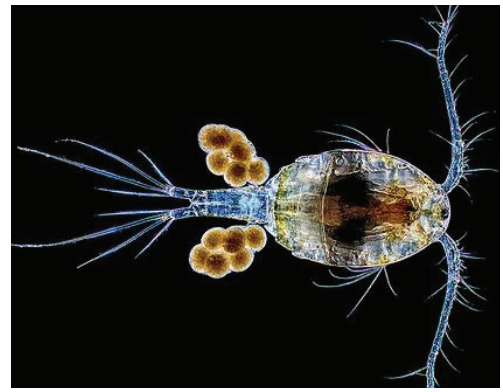
Мекушци (Mollusca) су бескичмењаци са меканим телом и љуштуром која га штити. Деле се на велики број група са посебним планом грађе, али за све групе је заједничко да им се тело састоји од главе, утробне кесе, плашта, стопала и љуштуре. Нервни систем мекушаца је ганглионаран. Чини га неколико пари ганглија – главене, стопаоне, бочне и утробне. На глави се налази пар пипака (тентакула) са простим очима (оцелама). Крвни систем је отвореног типа са вишеделним срцем. Водени мекушци дишу помоћу шкрга, а копнени плућима или целом површином тела. Систем за варење представљен је усним отвором, ждрелом, једњаком, средњим цревом, задњим цревом и аналним отвором. Део органа обавијен је плаштом, кожним набором који се налази око утробне кесе и затвара плаштану дупљу. Плашт лучи љуштуру која потпуно или делимично препокрива тело. На трбушној страни тела налази се стопало које служи за кретање. Размножавају се полно, а код неких група је присутан хермафродитизам.

Мекушцима припадају класе хитона (Polyplacophora) (Сл. 183), пужева (Gastropoda), шкољки (Bivalvia) и главоножаца (Cephalopoda) који обухватају октоподе, сипе и лигње.

Слика 183. Мекушац хитон



Слика 184. Нижи рачић *Cyclops* sp.



Зглавкари (Arthropoda) су најбројнија и најразноврснија група животиња. Насељавају сва животна станишта – слану и слатку воду, сва копнена станишта и атмосферу. Основна одлика зглавкара је хетеромерна сегментација тела. За разлику од сегментације чланковитих црва код којих су сви сегменти једнаки, код зглавкара се сегменти јасно морфолошки разликују. Телесни сегменти се групишу у два или три телесна региона: главу, груди и трбух. Поред сегментације трупа, код ових организама је изражена и сегментација екстремитета.

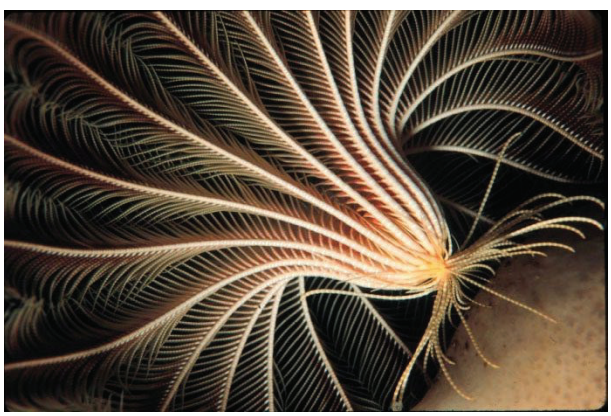
На површини тела, зглавкари имају чврсту хитинску кутикулу која као спољашњи скелет представља заштиту од утицаја окружења, али и ослонац за мишиће. Спољашњи или егзоскелет је изграђен од већег броја плоча које покривају тело и екстремитете. Појединачне скелетне плоче су међусобно покретно спојене. Мишићни систем се састоји од мишићних снопова, а крвни систем је отвореног типа и са примитивним срцем. Органи за дисање су шкрге, разгранате цевчице (трахеје) или примитивна плућа која се јављају код паукова и шкорпија. Нервни систем се састоји од можданих ћелија из којих полази нервно стабло лествичастог типа. Органи за варење су потпуни, а усни апарат је прилагођен најразличитијим начинима исхране. Чула су код зглавкара такође добро развијена, посебно чуло вида. Размножавају се полно и код њих постоји изражен полни диморфизам.

Основне класе зглавкара су пауколике животиње (Araneae) – шкорпије, пауци, крпељи и други, ракови (Crustacea) – нижи и виши ракови и стоноге (Сл. 184), и инсекти (Insecta). Инсекти се деле на две основне групе – бескрилне инсекте (Apterygota), и крилате инсекте (Pterygota).

Бодљокошци (Echinodermata) су бескичмењаци који живе искључиво у морској води, већином на дну. Њихов скелет се налази испод епидермиса у виду чврстих плоча. Код неких врста плоче могу да срасту у оклоп, док су код других раздвојене и међусобно спојене мишићима. На скелетним плочама се формирају кврижице или бодље, а код неких бодљокожаца (морских звезда и јежева), бодље се могу завршавати клештолико. Ове животиње нису сегментисане и немају главени регион. На њиховом телу разликују се две стране – орална, у чијем је центру усни отвор, и аборална, на којој се налази анални отвор. Крвни систем се састоји од система прстена и канала. Респирацију обављају кожним шкргама, воденим плућима или целим телом. Нервни систем је дифузно-врпчаст, а систем за варење се разликује код појединих група. Раздвојених су полова и размножавају се полно.

У бодљокошце спадају класе морских звезда (Asteroidea), морских јежева и морских краставца (Echinozoa) и кринова (Crinozoa) (Сл. 185).

Слика 185. Бодљокожац крин (Crinozoa)



Хордати (Chordata)

Хордати (Chordata) представљају еволутивно најнапреднију групу животиња којој припада и човек. У ову групу сврстане су све животиње које за разлику од бескичмењака, бар у једном делу свог животног циклуса поседују **хорду**, специјалан чврст врпчаст орган који представља унутрашњи скелет (ендоскелет). Хорда има функцију потпорног органа који истовремено спречава скраћивање тела током контракције мишића. Хордати имају цеваст нервни систем који је изграђен од цевастог нервног стабла смештеног на леђној страни тела. Чула су им добро развијена и углавном концентрисана у главеном региону.

Хордати се деле на три подтипа – плашташе, цефалохордате и кичмењаке.

а) **Плашташи** (Tunicata) су становници мора који воде сесилни, колонијални или слободнопливајући начин живота. Хорда је код ових животиња добро развијена само у ларвеном стадијуму док је код одраслих организама сведена на задњи део тела. Тело одраслих организама је врећеасто или цевасто, обавијено заштитним омотачем који се назива туника или плашт. На телу се налазе два отвора (сифона). Кроз један вода са хранљивим честицама улази, а кроз други излази. Ждрело је проширено и заузима највећи део тела што олакшава филтрациону исхрану. Оно је повезано са шкргама, а око њега се налази дупља у коју се отварају цревни канал и полне жлезде. Срце се налази испод ждрела и у правилним размацима мења смер пумпања. Нервни систем је на леђној страни шкржне вреће, у виду ганглије. Размножавају се бесполоно (пупљењем) и полно. Неке врсте су хермафродити.

Најпознатији плашташи су асцидије које воде пливајући начин живота само док су у стадијуму ларве (Сл. 186). Након тога се причвршћују за дно и прелазе на сесилни начин живота.

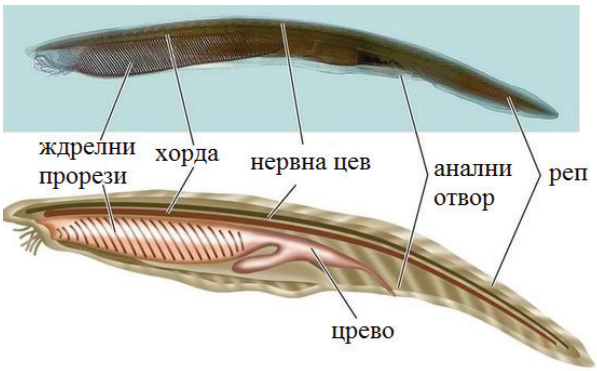
б) **Цефалохордати** (Cephalochordata) су морске риболике животиње код којих се хорда и нервна цев пружају читавом дужином тела и присутне су током целог живота. Мишићни слој је сегментисан и подељен на две изду-жене мишићне масе које се пружају дуж бокова тела. Усна дупља се код њих наставља на добро развијено ждрело окружено пространом околождрелном дупљом повезаном са шкржним цревом. Хране се филтрационо тако што вода са хранљивим честицама улази у ждрело, филтрира се, а затим избацује преко ждрелног прореза. Крвоток им је затворен, а покрећу га шкржне контракције пошто ове животиње немају срце. Цефалохордати воде пливајући начин живота, али се повремено задњим делом тела заривају у муљ или песак. Размножавају се полно.

Типичан плашташ је амфиоксус (Сл. 187), риболика животиња дуга до 8 cm.

Слика 186. Плашташ *Ascidia* sp.



Слика 187. Цефалохордат *Amphioxus* sp.

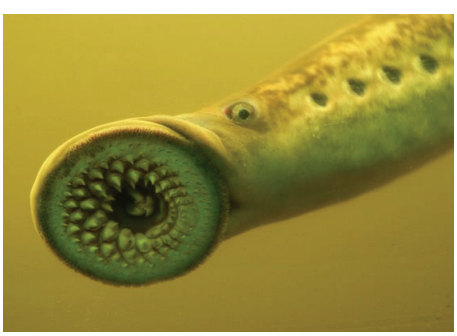


ц) **Кичмењаци** (Vertebrata) су билатерално симетрични хордати са развијеном лобањском чауром у којој се налази мозак, и са кичменицом која код одраслих организама замењује хорду.

Сложена група кичмењака дели се на већи број класа које обухватају безвиличаре, рушљорибе и кошљорибе, водоземце, гмизавце, птице и сисаре.

– **Безвиличари** (Agnatha) су најпримитивнија класа кичмењака. Живе у води где воде полупаразитски живот на рибама. Немају вилице тако да им је усни отвор стално отворен. У усном отвору налазе се многобројни рожни зубићи. Пераја су им непарна, а репно пераје је асиметрично. Карактеристично је и то да им се сваки шкржни прорез засебно отвара у спољашњу средину. Савремени облици кичмењака без вилица припадају такозваним колоустама (Cyclostomi). У ову се групу убрајају слепуље и змијуљице (пакларе или вијуни) (Сл. 188).

Слика188. Змијуљица *Petromyzon marinus*



– **Рушљорибе** (Chondrichthyes) су класа риба са хрскавичавим скелетом. Хорду код одраслих животиња замењују кичменим пршљеновима. Покривене су плакоидним крљуштима које представљају ситне коштане плочице са зуболиким израштајем. Поседују по пет шкржних прореза у одвојеним шкржним кесама. За разлику од риба са коштаним скелетом, код њих се сваки шкржни прорез самостално отвара у спољашњу средину. Размножавају се спољашњим оплођењем или рађањем живих младунаца.

Хрскавичаве рибе су морски организми. Најпознатије међу њима су ајкуле и раже.

– **Кошљорибе** (Osteichthyes) су рибе са коштаним скелетом. Код њих је скелет делимично или потпуно окоштао. Прилагодиле су се на све врсте водених станишта и показују велику разноврсност. Код њих се сви шкржни прорези отварају у заједничку шкржну комору која је покривена коштаним шкржним поклопцем. За ову групу животиња је специфичан и рибљи мехур који им захваљујући променама у саставу гаса, мења специфичну тежину и омогућава боравак на одређеним дубинама. Репно пераје ових риба је за разлику од ајкула, увек симетрично. Код већине кошљориба оплођење је спољашње тако да многе врсте продукују огроман број јаја.

Кошљорибе се деле на две групе: шакоперке и зракоперке.

Слика 189. Шакоперка *Neoceratodus forsteri*



Шакоперке (Crossopterygii) су стара и данас малогројна група риба која датира још из палеозоика. Имају парна пераја са меснатом основом која је изнутра подупрта снажном мускулатуром и костима. Због тога имају лепезаст облик који подсећа на људску шаку. Рибљи мехур је за разлику од осталих риба, у вези са ждрелом. Нарочито интересантну групу шакоперки

представљају реликтне рибе дводихалице или плућашице (Dipnoi). Оне поред шкржног дисања имају могућност дисања и преко рибљег мехура који је снабдевен мрежом крвних судова тако да функционише као примитивна плућа (Сл. 189).

Зракоперке (Actinopterygii) су добиле име по специфичној грађи пераја чија је кожна опна разапета између крутих кошчаних шипчица. Често је прва коштана шипчица првог леђног пераја грађена у облику бодље. Зракоперкама припада велики број родова – јесетре, моруне, кечиге, јегуље, лососи, караши, мрене, пастрмке, шарани, сомови, гавуни, ослићи итд.

– **Водоземци** (*Amphibia*) су први становници копна међу кичмењацима. И поред тога што су давно освојили копно, у свом развићу су везани за воду јер је код њих оплођење спољашње, а јаја и ларве (пуноглавци) развијају се у води. Ларве се од одраслих јединки разликују по томе што дишу на шкрге, немају ноге и пливају помоћу пљоснатог, дугачког репа. Након преображаја ларве прелазе у одрасле јединке које постају прави копнени кичмењаци способни да дишу преко плућа и преко слузаве коже.

Савремени водоземци деле се на три реда: безноге водоземце, репате водоземце и безрепе водоземце.

Безноги водоземци (Gymnophiona) некада су били знатно распрострањенији. Данас су заступљени са представницима групе Apoda. То су црволики водоземци са редукованим репом и без екстремитета. Живе у земљишту и шумској стељи тропских области. Кожа им је глатка и влажна, а испод коже имају коштане плоче. Најпознатији представник апода је цецилија.

Репати водоземци (Urodela) живе у води и на копну. Они који након стадијума пуноглаваца прећу на копно, губе шкрге и почињу да дишу преко коже јер су им плућа слабо развијена. По подлози се крећу парним ектремитетима. Припадају им даждевњаци, мрмољци (тритони) (Сл. 190) и човечја рибица.

Безрепи водоземци (Anura) такође живе у води док су пуноглавци, а потом воде копнено-водени начин живота. Код одраслих јединки шкрге се редукују, а плућа су слабо развијена, тако да дишу преко влажне коже. Крећу се парним екстремитетима. Задњи екстремитети су дужи, са пловним кожицама између прстију тако да су подједнако добро прилагођени пливању кад су у води и катапултираном скоку кад су на копну. Групи безрепих водоземаца припадају жабе.

Слика190. Мрмољак *Triturus alpestris*



– **Гмизавци** (Reptilia) су прва група кичмењака која је у потпуности изашла на копно. Имају по пар предњих и задњих екстремитета са по пет прстију који се завршавају канџицама. Изузетак су змије које воде порекло од четвороножних гуштероликих гмизаваца од којих су се током регресивне еволуције одвојиле и наставиле развој у правцу издуживања тела и губитка екстремитета. Исти процес десио се и код малог броја гуштера (слепић). Гмизавци су хладнокрвне животиње заштићене рожним крљуштима или рожним плочама које их штите од губитка воде. Живот на копну обезбеђен им је захваљујући развоју јаја са ембриоиалним омотачима (амнионом, хорионом и алантоисом). Ови омотачи ембриону обезбеђују течно окружење које му замењује примарну водену средину. Код гмизаваца оплођење је унутрашње. Женке полажу јаја обавијена кожном или чврстом кречњачком љуском, мада има и гмизаваца код којих се јаја развијају у телу мајке.

Савремени гмизавци деле се на редове сфенодона, гуштера и змија, корњача и крокодила.

Сфенодони (Rhynchocephalia) су прастари облици гуштера који су данас заступљени са само једном живом врстом, туатаром са Новог Зеланда (*Sphenodon punctatus*). Њихов знак распознавања су бодље на леђима, дуж кичме.

Гуштери и змије припадају истом реду (Squamata) због блиске сродности. **Гуштери** припадају подреду Lacertilia, а змије подреду Ophidia. Гуштери имају два пара екстремитета и реп који је дужи од остатка тела. Представљају бројну и разноврсну групу којој између осталог, припадају игуане, камелеони, гекони, варани, слепићи, крокодилски гуштери, безноги блаворі и други. **Змије** су накнадно изгубиле удове, али су то надокнадиле веома покретном кичмом и снажном мускулатуром. За њих је карактеристично такозвано пресвлачење кошуљице које представља замену старе коже новом. До замене коже долази зато што се стара кожа истроши услед пузања и зато што постаје тесна пошто змије расту читавог живота. Поједине групе имају отровне жлезде чији се садржај слива кроз зубне канале. И змије су веома хетерогена група коју чине породице љутица (отровнице), смукова, боа, кобри, слепих змија и друге.

Корњаче (Testudines) су група гмизаваца која обухвата копнене, морске и слатководне врсте. Прелазак неких врста у водену средину је накнадни еволутивни процес који је утицао на промену морфологије њихових екстремитета и облика тела. Све корњаче се одликују коштаним оклопом који се састоји од леђног и трбушног дела. Код већине корњача преко коштаног оклопа развија се кожа изнад које се налази рожни плочасти оклоп.

Крокодили (Croccodilia) су заједно са птицама једини блиски потомци изумрле групе гмизаваца Archosauria. То су типичне грабљивице прекривене оклопом. Оклоп граде црепасто сложене рожнате плочице испод којих се на леђима налазе и коштане плочице спојене у леђни штит. Читаво тело им је прилагођено брзом пливању и хватању плена. Ред крокодила дели се на породице правих крокодила, алигатора и гавијала.

– **Птице** (Aves) су двоножни топлокрвни кичмењаци који су за разлику од свих осталих кичмењака, прекривени перјем. Предњи екскремитети птица преобразили су се у крила прилагођена летењу, с тим што су неке врсте секундарно изгубиле способност летења. Од осталих кичмењака издвајају их и шупље кости, као и лобања извучена у кљун који је секундарно остао без зуба. Полажу јаја са чврстом љуском којом су младунци добро заштићени.

Птице представљају бројну и разнолику групу у оквиру које се начелно могу разликовати птице тркачице и птице летачице. **Птице летачице** (Neognathae) су током еволуције достигле високу адаптивну радијацију. Заступљене су са великим бројем врста које припадају редовима кока, пловуша, дропљи, кукавица, голубова, ждралова, гњураца, шљукарица, орлова, јастребова, соколова, лешинара, сова, детлића, папагаја, певачица итд.

Птице тркачице (Palaeognathae) су птице које не могу да лете што представља њихову секундарну карактеристику. Знатно су крупније и теже од птица летачица, крила и летни мишићи су им закржљали, а перје им је растреситије. Најпознатији представници птица тркачица су нојеви, нандуи, кивији и казуари.

– **Сисари** (Mammalia) су вивипарни кичмењаци код којих се ембрион развија у телу мајке (осим код кљунара) и код којих женке имају способност да производе млеко за исхрану младунаца. То укључује дужу родитељску бригу о младима. Оно што нарочито издваја сисаре од осталих животиња су веома развијене хемисфере великог мозга и сложено понашање. Од осталих животињских група издвајају их и знојне жлезде, лојне жлезде, длакав телесни покривач, дијафрагма смештена између грудне и трбушне дупље. Веома значајна одлика сисара је и хетеродонтизам – висока диференцираност зуба на секутиће, очњаке, прекутњаке и кутњаке што им омогућава различите начине исхране и насељавање широких еколошких ниша.

Савремени сисари су потомци звероликих рептила Therapsida. Ова класа животиња подељена је на три групе: а) кљунаре, б) торбаре и в) плаценталне сисаре.

а) **Сисари са клоаком** (Monotremata) су реликтна група сисара који легу јаја са меком љуском. Након излегања из јаја младунци се хране мајчиним млеком. Млеко луче жлезде које на грудном кошу образују млечно поље. Пошто мајка нема брадавице, младунци лижу млеко с мајчиног крзна. За разлику од осталих сисара, представници ове класе имају само један левкаст отвор, такозвану клоаку, која представља завршни отвор и цревног, и урогениталног канала. Од осталих сисара издваја их и еластичан кљун са великим бројем рожнатих зубића. Ову малобројну групу аустралијске области чине кљунари (породица Ornithorhynchidae) који су представљени само једном рецентном врстом (Сл. 191) и кљунасти јежеви (породица Tachyglossidae) представљени са четири врсте.

Слика 191. Кљунар *Ornithorhynchus anatinus*



б) **Торбари** (Marsupialia) су такође реликтна група сисара који због одсуства плаценте рађају непотпуно развијене младунце који су ситни, слепи и голуждрави. Да би преживели, младунци се чврсто држе за мајчине брадавице док не достигну одређен степен развијености. Неки торбари имају велике кожне торбе око брадавица тако да младунце осигуравају од испадања. У ову групу спадају хербиворне и карниворне врсте – кенгури, коале, вомбате, торбарски скочимиши, торбарске веверице, торбарски вук, торбарска кртица, торбарска куна, тасманијски ђаво итд.

ц) **Плацентални сисари** (Eutheria) одликују се присуством плаценте и потпуним развићем ембриона у телу мајке. Плаценталним сисарима припадају бројни редови: бубоједи, слепи мишеви, крезубице, љускари, глодари, зечеви, зверови, китови, копитари, папкари, примати и други.

Бубоједи (Insectivora) су ситни сисари који се хране ларвама инсеката, глистама и другим животињицама. Неки бубоједи живе на површини подлоге, док неки живе под земљом где копају подземне ходнике и јазбине (фосоријалне врсте). Због тога имају добро развијене предње екстремитете са канџама, дугачке њушке и врло оштра чула мириса и слуха која им помажу у проналажењу плена. Тиме надокнађују ослабљено или потпуно редуковано чуло вида. Обухватају јежеве, кртице, ровчице, сурласте ровчице и тенреке.

Слепи мишеви (Chiroptera) су сисари способни да активно лете захваљујући крилима од коже чврсто разапете између дугих прстију шака и глежњева. Слепи мишеви обично лове током ноћи, а одмарају се током дана. Деле се на две основне групе. Прву групу чине такозване летеће лисице (Megachiroptera) које се хране биљкама. Другу групу чине мали љиљци (Microchiroptera), месоједи који користећи ехолокацију проналазе плен.

Крезубице (Pilosa) обухватају мравоједе и лењивце. Мравоједи су сисари без зуба. Хране се мравима и термитима захваљујући дугим канџама за копање мравињака, издуженој њушци и дугом лепљивом језику. Лењивци су сисари са малим бројем кутњака за млевење хране. Они су сваштоједи и највећи део живота проводе окачени о гране где се хране лишћем, инсектима и другим ситним животињама.

Љускавци или панголини (Pholidota) су сисари дугуљастог тела које је покривено великим рожним крљуштима распоређеним као цреп на крову (Сл. 192). Љуске не покривају доњу страну тела и унутрашње делове ногу. На тим се местима налазе ретке длаке. У случају опасности увијају се у лопту са свих страна заштићену крљуштима. Живе у шупљим деблима и јазбинама, а хране се мравима, термитима и другим инсектима. Због тога, као и мравоједи, немају зубе, имају дугачак лепљив језик и оштре канџе којима копају мравињаке.

Слика192. Љускавац *Phataginus tricuspis*



Глодари (Rodentia) су типични биљоједи који са лакоћом могу да саструју чврсте биљне делове захваљујући специфичној грађи зуба. Имају по два оштра секутића (глодњака) у горњој и доњој вилици. Секутићи немају корен и током читавог живота расту при основи. Између секутића и кутњака је празнина јер им недостају очњаци. Брзо достижу полну зрелост и размножавају се неколико пута годишње, тако да се успешно шире на нове просторе. У ред глодара спадају веверице, текунице, хрчци, слепи кучићи, пухови, мишеви, пацови, даброви, нутрије, чинчиле итд.

Зечеви (Lagomorpha) обухватају малу групу хербивора који у горњој вилици поред једног пара секутића (глодњака) имају и други пар малих секутића скривен иза првог пара. Као и код глодара, између секутића и кутњака имају празнину јер им недостају очњаци. Овај ред обухвата зечеве (пољски зец, арктички зец, афрички зец, пустињски зец, планински зец, куниђ, итд.) и зечеве звиждаче.

Зверови (Carnivora) су грабљиве, углавном месоједе животиње, тако да им је цела телесна организација прилагођена предаторском начину живота. Веома су брзи и окретни, са добро развијеним чулима и мишићавим удовима који се завршавају оштрим канџама. На снажним вилицама имају по четири мала секутића, дуге шиљате очњаке који служе за убијање плена и кутњаке са оштрим грбицама које служе за кидање и млевење меса. По један пар кутњака у обе вилице, преображен је у зуб раскидач. Зверовима припадају породице цибетки, хијена, фоса, мунгоса, мачака, паса, медведа, куна, ракуна, перајара (моржеви, морски лавови, морски медведи, фоке морски слонови) итд. Поред месоједа, међу зверовима има сваштоједа, па чак и биљоједа (панде).

Китови (Cetacea) су водени сисари који могу достићи велике димензије. Предњи удови су преласком са копна у водену средину претворени у пераја док су задњи удови закржљали. Тело им се завршава снажним репним перајем. Кожа им је гола, а испод коже налази се дебео слој сланине који чува телесну топлоту и смањује специфичну тежину тела. Китови се деле на усане и зубане. Китови усани су добили име по усима, рожнатим израслинама у горњој чељусти које су на завршецима рашчлањене и служе за цеђење планктона из воде. На глави имају један отвор за дисање, такозвану млазницу. Китови зубани, којима припадају и делфини, представљају морске месождере. Имају ред зуба у обе или само у доњој чељусти. За разлику од китова усана, на глави имају две млазнице.

Сурлаши (Proboscidea) су најкрупније копнене животиње. Карактеристични органи ових животиња су мускулозна сурла, кљове и велике уши. Сурла представља трансформисану горњу усну која је срасла са носом. На врху сурле леже носни отвори, а носне дупље су целом дужином сурле растављене. Помоћу сурле слонови узимају храну, воду, дишу и бране се од непријатеља. За њих су својствене и кљове које представљају јако издужене и заобљене секутиће горње вилице. Ред сурлаша има само два рецентна рода – род индијског и род афричког слона.

Копитари (Perissodactyla) су сисари чија је еволуција текла у правцу редукције прстију, тако да данас припадници ове групе имају непаран број прстију, један или три. Прсти су им обложени копитом које представља рожну навлаку. Копитари се ослањају на подлогу само врховима прстију, док су остали делови предњих и задњих ногу уздигнути изнад тла. Сви копитари су биљоједи, са врло дугачким цревним каналом. Припадају им породице тапира, носорога и коња (зебре, магарци, коњи).

Папкари (Artodactyla) су сисари чији се екстремитети завршавају парним бројем прстију – два или четири. Врхови прстију су обложени рожним навлакама папцима. Папкари, слично копитарима, додирују подлогу само врховима прстију. Овај ред се дели на непреживаре који могу бити биљоједи или сваштоједи, и на преживаре који су биљоједи. Непреживарима припадају свиње и нилски коњи, а преживарима припадају породице јеленчића, јелена, жирафа, антилопа, шупљорога, камила и лама.

Примати (Primates) су еволутивно најмлађа група сисара. Мозак је код примата еволуирао и достигао неупоредиво виши степен развоја него код осталих животињских група. Од осталих група животињског царства разликују се и по томе што предњи и задњи удови имају по пет прстију чији су врхови заштићени пљоснатим ноктима. Први прст или палац на предњим, а код неких примата и на задњим екстремитетима, супротстављен је осталим прстима што им омогућава хватање предмета. Женка има само један пар млечних жлезда и углавном рађа једно младунче.

Ред примата дели се на два подреда – мокроносне мајмуне или полумајмуне (Strepsirrhini) и на сувоносне мајмуне или праве мајмуне (Haplorrhini). Мокроносни мајмуни су малог раста, са дугачким репом. Ноћне су животиње, имају крупне очи и живе претежно на дрвећу. Припадају им лемури, лори (Сл. 193) и aj-aj мајмуни. Сувоносни мајмуни деле се на широконосе и усконосе мајмуне.

Широконоси мајмуни (Platyrrhini) живе у Јужној Америци и насељавају првенствено област тропских шума. Припадају им капуцини, мармозети, дрекавци, тамарини, веверичји мајмуни, титији, сакији, вунасти мајмуни, хваташи и многи други.

Усконоси мајмуни (Catarrhini) насељавају Африку и јужну Азију. Овој групи припада већина мајмуна која се ослања на сва четири екстремитета. Деле се на репате и безрепе мајмуне. Репати мајмуни припадају надпородици Cercopithecoidea. Обухватају авети, макаки мајмуне (Сл. 194), павијане и лангуре. Безрепи мајмуни припадају надпородици Hominoidea. Ова се надпородица дели на три породице: гибоне, понгиде и хоминиде.

Породица гибона (Hylobatidae) обухвата мајмуне са развијеним предњим удовима помоћу којих се спретно веру по дрвећу. Насељавају југоисточну Азију и Сундска острва.

Породица понгида (Pongidae) обухвата такозване људомајмуне који су према целокупној телесној организацији врло слични човеку. Они иду усправно на две ноге, газе целим стопалом и ослањају се при ходу на савијене прсте предњих удова који су знатно дужи од задњих. Према грађи мозга и умним способностима ови мајмуни далеко превазилазе све остале животиње. Данас је ова породица заступљена са свега три рода – гориле (*Gorilla gorilla* и *Gorilla grauen*) и шимпанзе (*Pan troglodytes* и *Pan paniscus*) који живе у Африци, и орангутане (*Pongo pygmaeus* и *Pongo abelii*) који живе на Борнеу и Суматри.

Породица хоминида (Hominidae) обухвата људе и њихове директне претке. Заступљена је са само једним родом и једном рецентном врстом – *Homo sapiens sapiens*.

Слика 193. Лори *Nycticebus coucang*



Слика 194. Јапански макаки *Macaca fuscata*





О ЕКОЛОГИЈИ

10. О ЕКОЛОГИЈИ

10.1. ДЕФИНИЦИЈА И ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ЕКОЛОГИЈЕ

Екологија је наука која проучава односе организама и њихових заједница према факторима спољашње (животне) средине, као и узајамне односе између самих организама. Дакле, предмет проучавања екологије су како појединачни организми, њихове популације и животне заједнице, тако и животна средина са којом организми ступају у сложене интерактивне односе. Бавећи се узајамним односима организама и животне средине, екологија даје одговоре на многа питања везана за проток енергије, кружење и трансформацију материје, настанак и еволуцију врста, начин њиховог живота, интеракције организама и абиотичке средине, интеракције између организама, механизме прилагођавања и организовања у животне заједнице, механизме распростирања, савремену распрострањеност, као и одговоре на питања везана за стање и перспективе очувања биосфере.

Термин **екологија** потиче од грчких речи *oikos* (дом, домаћинство) и *logos* (учење, наука), што значи да је у примарном значењу екологија наука о домаћинству или економији организама. Сагласно значењу поменутих термина, екологија превасходно проучава организме и „домаћинства" која они граде и у којима се реализују. Иначе, термин **екологија** у науку је увео немачки биолог, физичар и филозоф **Ернест Хекел** (Ernst Haeckel) који је у делу *Општа морфологија организама* (*Generelle Morphologie der Organismen,* 1866), екологију дефинисао као „студију о природном окружењу која укључује међусобне односе организама као и односе организама према окружењу". Хекел се првенствено бавио односима животиња према окружујућој средини као и односима животиња према другим животињским и биљним организмима. Међутим, временом је појам екологије постао много шири, тако да је обухватио укупан живи свет, све интеракције и манифестације које проистичу из његовог односа са променљивом животном средином.

Биологија са екологијом

Мада је екологија као научна дисциплина новијег датума, сложен интерактиван однос између организама и њихове средине привлачио је пажњу многих античких природњака и филозофа. Тако је **Аристотел** (384-322 године п.н.е.) у делу *Historia Animalium* писао да су повремене најезде мишева резултат њихове високе стопе репродукције која надмашује могућности предатора да смањи њихов број. У таквим периодима једино обилне кише могу да редукују број ових глодара. **Платон** (423-347 године п.н.е.) је упозоравао да сеча шума доводи до ерозије земљишта и пресушивања извора, док је **Теофраст** (371-287 године п.н.е.) на основу биљног материјала донетог са похода Александра Македонског по Азији, писао о утицају климе на разноликост и распоред живог света. То значи да су још у античко доба запажани јасни односи између организама и животне средине. Међутим, тек од XVIII века почињу озбиљнија истраживања живог света, његове историје, разноврсности и распрострањености условљене факторима спољашње средине.

Екологија као научна дисциплина почела да се издваја из окриља биологије почетком XX века. У то време, 1925. године, руски биогеохемичар **Владимир Иванович Вернадски** (Владимир Иванович Вернадский) поставио је **концепт биосфере** описујући сву сложеност еколошких односа. По Вернадском, „биосфера представља резултат међудејства организама и њихове физичке средине. Што је више форми живота на Земљи, то живот све више катализује друге планетарне процесе. Енергија која се испољава као животна енергија, космичког је порекла. Она углавном потиче од Сунца одакле доспева у виду електромагнетних таласа. Живи организми ту електромагнетну енергију преобрађају у земну стварајући огромну разноврсност и сложеност нашег света. Управо све манифестације живота, почев од рађања, обличја, интеракција, смена животних фаза, дисања, стварања органске материје, исхране, метаболизма, размножавања, распадања и минерализације, граде ту посебну сферу живота на Земљи – биосферу. Основу динамичке равнотеже и постојаности биосфере чине циклуси кружења материје и протока енергије. Она се састоји од низа процеса у којима долази до претварања материје и енергије из једног облика у други чинећи Земљу сасвим посебном планетом". Две године касније, из штампе је изашла антологијска књига *Екологија животиња* (*Animal Ecology*, 1927), у којој је **Чарлс Елтон** (Charles Elton) поставио концепт ланаца исхране као основних стабилизатора биосфере.

Нарочите заслуге за развој савремене екологије као мултидисциплинарне науке имао је амерички биолог **Еуген Одум** (Eugene Pleasants Odum). У делима *Fundamentals of Ecology* (1953) и *Ecology: The Link Between the Natural and the Social Sciences* (1975), Одум је екологију приказао као интегративну научну дисциплину која представља везу између природних и друштвених наука. Поред Одума, од научника који су дали велики допринос у обликовању екологије као савремене научне дисциплине, треба поменути Сукачова (Сукачов, 1849-1920), Браун-Бланкеа (Braun-Blanquet 1884-1980), Валтера (Walter 1898-1989) и многе друге научнике.

Међу највећа имена савремене српске екологије спадају професор **Синиша Станковић** (1892-1949), аутор капиталног дела *Оквир живота – начела екологије* (1954) и професор **Милорад Јанковић** чије је дело *Фитоекологија са основама фитоценологије и прегледом типова вегетације на земљи* (1963) доживело већи број издања.

10.2. ПОДЕЛА ЕКОЛОГИЈЕ

Екологија је данас мултидисциплинарна научна област која се прве-нствено ослања на бројне биолошке дисциплине (физиологију, анатомију, морфологију, систематику, палеонтологију, еволуциону биологију, генетику), али и на друге научне дисциплине као што су биогеографија, геологија, геоморфологија, хидрологија, климатологија, педологија, физика, хемија, математика, антропологија, медицина, социологија, филозофија, про-сторно планирање итд. Ова наука има огроман значај како са научног (фундаменталног), тако и са практичног (апликативног) становишта. У практичне дисциплине екологије првенствено спада заштита животне средине.

У односу на објекте које проучава, екологија се може поделити на:

- **екологију микроорганизама** која проучава интерактиван однос микроорганизама и животне средине;
- **екологију гљива** која проучава интерактиван однос гљива и животне средине;
- **екологију биљака** (фитоекологију) која проучава интерактиван однос биљака и животне средине;
- **екологију животиња** (зооекологију) која проучава интерактиван однос животиња и животне средине;
- **општу екологију** која се бави екологијом на општем нивоу.

У гране екологије спада и **екологија човека (хумана екологија)** која проучава интерактиван однос човека и животне средине у којој се налазе и други организми, узимајући у обзир биолошку основу и културну надградњу човека, технолошке системе и обрасце друштвене организације. У оквиру хумане екологије издвајају се предеона, урбана, рурална, медицинска, социјална и друге гране екологије.

У зависности од нивоа проучавања појединих појава и процеса, екологија се дели на аутекологију (идиоекологију), демекологију и синекологију.

- **Аутекологија** проучава односе појединих врста организама према условима животне средине.
- **Демекологија** проучава односе између популација и животне средине, као и узајамне односе организама унутар популације.
- **Синекологија** проучава односе између животних заједнице и укупне животне средине, као и узајамне односе организама унутар животних заједница. Уколико се ради о проучавању биљних заједница (фитоценоза), онда се ова област екологије означава као **фитоценологија** (фитосинекологија). Уколико се ради о проучавању животињских заједница (зооценозе), онда се ова област екологије означава као **зооценологија** (зоосинекологија).

Поред поменутих, постоје и други критеријуми за поделу екологије на поједине уже области. На пример, уколико се као критеријими узму односи организама и њихових заједница у појединим специфичним типовима жовотне средине, може се говорити о:

- екологији копна,
- екологији копнених вода,
- екологији мора и
- космичкој екологији.

У односу на основне објекте и технике у проучавању и решавању појединих еколошких проблема, екологија се дели и на:

- молекуларну екологију,
- цитоекологију,
- биохемијску екологију,
- физиолошку екологију,

- бихевиористичку екологију (екологију понашања),
- агроекологију,
- екологију загађених средина,
- рестаурациону екологију,
- конзервациону екологију итд.

Наведене поделе у оквиру екологије проистекле су из потребе студиознијег истраживања појединих типова односа између организама и животне средине. Међутим, и поред бројних подела, биљни и животињски организми, па и сам човек, не могу се одвојити једни од других као што се не могу одвојити од њиховог окружења. Сви организми, од бактерија а до човека, међу собом су везани многоструким, нераскидивим, интерактивним, егзистенцијалним везама које им обезбеђују опстанак.

Појашњење термина

У екологији и биогеографији често се користе термини флора, фауна и вегетација.

Флора представља целокупност свих биљних врста неке области.

Фауна представља целокупност свих животињских врста неке области.

Вегетација (биљни покривач) представља збир свих биљних заједница неке области.

ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОГ СВЕТА

11. ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОГ СВЕТА

11.1. НИВОИ ОРГАНИЗАЦИЈЕ ЖИВОГ СВЕТА

Све манифестације живота испољавају висок степен устројства, односно, растућу сложеност структуре и функције. Основни нивои биосистема су ћелије, ткива, органи, органски системи, организми, популације, заједнице. Заједнице у интеракцији са животним окружењем граде екосистеме, биоме, биоциклусе и најзад, биосферу. Сваки од ових нивоа је функционално и структурално сложенији у односу на претходни ниво, а за сваки од њих својствени су проток енергије, размена и трансформација материје, регулација биолошких процеса, целовитост, разноврсност и променљивост.

Када је екологија у питању, основно поље њеног интересовања почиње од нивоа организама и завршава се нивоом биосфере. Међутим, ова мултидисциплинарна наука у знатној се мери ослања и на сазнања о нижим нивоима биосистема, посебно када се ради о аутекологији.

У биологији **организам** (гр. *organon* – инструмент) представља целовит живи систем који размењује енергију и материју са спољашњом средином, који реагује на надражаје из спољашње средине, који има способност рађања, раста, развића, репродукције и умирања. Сваки организам представник је одређене врсте. **Органска врста** је група природних популација чије се јединке стварно или потенцијално међу собом укрштају, а које су репродуктивно изоловане од других таквих група. Ни један организам не може опстати сам, него мора ступати у контакт са организмима своје врсте, ако ништа друго, онда због репродукције и остављања потомства. Дакле, организми једне врсте, у природи се групишу у мање или веће групе које се називају популације.

Популација је просторно и временски интегрисана група организама исте врсте који су међу собом повезани првенствено односима размножавања. То су најмање биолошке јединице које се могу саме несметано репродуковати и које могу свој генетски материјал размењивати са другим популацијама исте врсте. Свака популација заузима одређен простор и представља део заједничког простора (ареала) врсте. У еколошком погледу, све се популације једне врсте одликују сличним адаптивним могућностима и сличним еколошким захтевима.

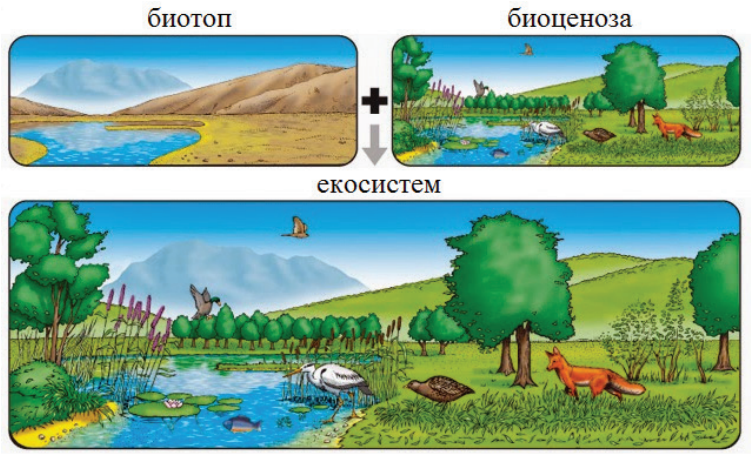
Сваки организам и популација чији је део, живе у одређеном окружењу са којим размењују материју и енергију, и у коме задовољавају све остале животне потребе. То окружење назива се животна или спољашња средина. Под појмом **животна средина** подразумева се комплекс свих абиотичких и биотичких утицаја који делују на поједине организме и њихове заједнице. Сви ови утицаји означавају се као животни, спољашњи или еколошки утицаји (фактори). Еколошки утицаји могу бити светлост, температура, влага, ветар, нагиб терена, надморска висина, салинитет, брзина протока воде, паразити, предатори и многи други.

У спољашњој средини, у простору који насељавају жива бића, уочљиво је да се поједина места одликују специфичним комплексом еколошких фактора. Такви посебни делови насељеног простора називају се станишта или **биотопи** (гр. *bios* – живот, *topos* – место). Дакле, биотоп представља део насељеног простора који се одликује релативно истом комбинацијом еколошких услова. Као пример биотопа могу се навести бара, језеро, река, речно острво, брежуљак, долина, планински гребен итд. Неки биотопи су релативно слични по комплексу деловања еколошких утицаја (језеро и бара), а неки су веома различити (пешчана дина и поток, морска обала и планински врх). Комплекс еколошких фактора сваког биотопа одређује и његов изглед или физиогномију.

Сваки биотоп насељава одређена скупина организама која је карактеристична за тај биотоп. Сви организми воде у својим биотопима заједнички живот образујући животне заједнице или биоценозе (грч. *bios* – живот, *koinos* – заједнички). Дакле, **биоценоза** је скуп свих организама који живе у једном биотопу. Биоценозу граде популације одређених органских врста које ступају у специфичне односе са популацијама других врста и својим абиотичким окружењем. Као што се биотопи међу собом физиогномски разликују, тако се међу собом разликују и биоценозе. На пример, очигледна је разлика између тропске кишне шуме и субарктичке тундре, између листопадне шуме и камењара. Ради лакшег проучавања, биоценозе се могу

рашчланити на биљне заједнице – **фитоценозе** и на животињске заједнице – **зооценозе**. Међутим, у природи биљне и животињске заједнице су присно повезане, и не могу опстајати једне без других. Односи између организама и њихових популација у једној животној заједници су веома сложени, и представљају резултат дуготрајне еволуције организама и њиховог узајамног прилагођавања. Они се најбоље могу уочити кроз сложене ланце исхране и организацију простора. На пример, биљке стварају храну за себе и све остале организме, биљоједи се хране биљкама, месоједи се хране биљоједима, инсекти опрашују биљке, бактерије и гљиве минерализују органске остатке угинулих организама чинећи минерале поново доступним биљкама, биљке ослобађају кисеоник који животиње користе за дисање, животиње ослобађају угљен-диоксид који биљке користе за фотосинтезу.

Слика 195. Структура екосистема



Биоценоза се налази у најтешњој вези са својим животним стаништем (биотопом), образујући екосистем (биогеоценозу). **Екосистем** је врховна синтеза биотопа и биоценозе. Сваки екосистем је сложен, динамичан и отворен систем у коме су сви делови неживе и живе природе у толикој мери међу собом условљени и повезани, да свака промена само једног дела неминовно доводи до промена свих осталих делова екосистема. На пример, повећање интензитета сунчевог зрачења утиче на пораст температуре, пораст температуре утиче на смањење влажности ваздуха, смањење влажности ваздуха утиче на појачану транспирацију биљака, снажна и дуготрајна транспирација може довести до сушења биљака, што може бити узрок гладовања многих биљоједа.

У сваком екосистему разликују се три типа односа између његових саставних компоненти – акције, реакције и коакције.

- Акције представљају утицаје биотопа (неживе природе) на организме који га насељавају.
- Реакције представљају утицаје организама на биотоп.
- Коакције представљају узајамне односе и утицаје између самих организама.

Термин **екосистем** у науку је 1930. године увео енглески еколог Артур Тенсли (Arthur Tansley) подразумевајући под њим сваки отворен систем живих бића (биоценозе) и спољашње средине (биотопа) у коме владају еколошки односи.

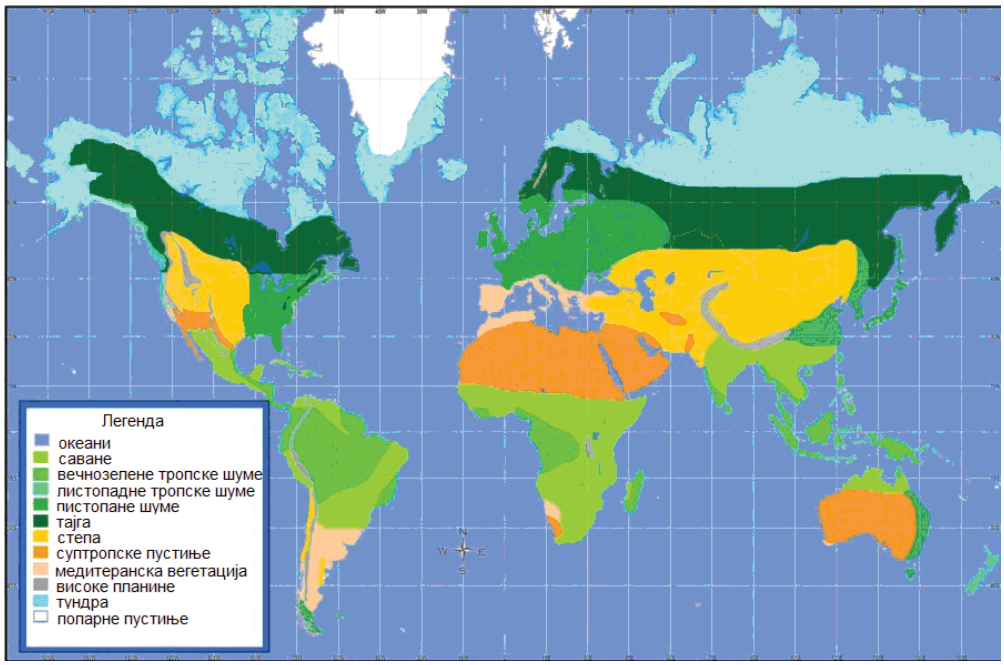
Поред природних, постоје и вештачки екосистеми – **агроекосистеми** и **урбани екосистеми**. С обзиром да представљају екосистеме настале деловањем човека, другачије се називају и антропогени екосистеми.

Агроекосистеми су пољопривредни екосистеми на којима човек одржава пашњаке или гаји различите врсте културних биљака. Ови екосистеми настали су на рачун природних екосистема ради производње хране и добијања сировина за индустрију. Животне заједнице које граде агроекосистеме називају се **агробиоценозе**.

Урбани екосистеми су делови копна на којима је човек на рачун природних екосистема изградио насеља са стамбеним објектима, инфраструктуром и фрагментима зелених површина.

Природни екосистеми су међу собом просторно повезани тако да се групишу у веће целине – биоме (велике заједнице). **Биоми** су просторно, предеоно и функционално повезани екосистеми. Они се углавном везују за одређене климатске појасеве, тако да се као посебни биоми могу издвојити ледене поларне пустиње, тундре, тајге, степе, умерени појас листопадних шума, медитерански појас тврдолисне вегетације, суптроске пустиње, саване, листопаде тропске шуме, вечнозелене тропске шуме, високе планине, океани и копнене воде (Сл. 169).

Слика 196. Преглед основних биома на Земљи



Сви биоми групишу се у **биоциклусе**. На нашој планети разликујемо три биоциклуса: **биоциклус копна, биоциклус слане воде** и **биоциклус слатке воде**. Сва три биоциклуса на крају граде врхунски, јединствен екосистем Земље који се означава као биосфера.

Биосфера је сфера Земље насељена живим светом и његовим дериватима (поленом, спорама, семењем итд.). Ова сфера обухвата земљишни покривач (педосферу), површински део литосфере до дубине од 3 km, целу хидросферу до дубине од преко 11 km и део атмосфере (стратосферу) до висине од око 12 km. Делови биосфере који залазе у највеће дубине океана и литосфере, представљају дубоку биосферу.

Биосфера је основни трансформатор енергије на Земљи. Биљке благодареће зеленом пигменту хлорофилу, у процесу фотосинтезе везују електромагнетну енергију Сунца и користе је за хемијску интеракцију између молекула угљен-диоксида (CO_2) апсорбованих из атмосфере са молекулима кисеоника (O_2) и водоника (H) добијених разлагањем молекула воде (H_2O) при чему настају молекули простих шећера. Ови молекули су богати енергијом која представља ништа друго него заробљену електромагнетну енергију Сунца која је претворена у енергију хемијских веза.

У циклусима кружења материје покренутим енергијом Сунца, организми уграђују у органска једињења у свом телу и многе друге елементе стварајући још сложеније макромолекуле. Сунчева енергија се у хемијским везама органских молекула чува као енергетска резерва, а ослобађа се за потребе одвијања животних активности када дође до њиховог разлагања. Енергију заробљену у хемијским везама органских молекула прве користе биљке (фотоаутотрофе) за одвијање животних процеса. Део те енергије прелази у животиње које се хране биљкама, као и у животиње које се хране другим животињама (хетеротрофима). На тај начин успостављају се ланци исхране. На крају ланаца исхране налазе се организми који разлажу угинуле делове биљака и животиња. То су редуценти или декомпензатори који органска једињења минерализују до основних елемената који се враћају у природу како би поново послужили као база за стварање нових органских материја.

Елементарна структурно-функционална јединица биосфере је управо екосистем. Функционисање биосфере огледа се у узајамној повезаности њених различитих екосистема на принципу кружења материје и једносмерног протицања енергије у планетарним размерама. Овај пут кружења основних елемената покренут дејством сунчеве енергије, представља **биогеохемијске циклусе** материје на Земљи.

Кружење материје је значајно због тога што се једна те иста материја може безброј пута користити. Осим тога, у биосфери један облик једињења се непрекидно и ланчано смењује са другим, и то на рачун енергије Сунца која непрекидно и једносмерно тече. Управо на принципима кружења материје и протицања енергије заснива се живот, његова променљивост, разноликост и континуитет.

Поред појма биосфера, у савременој еколошкој науци све се више користе и појмови техносфера и екосфера.

Техносфера је животна средина коју је човек створио својим интелектом, радом и технологијом трансформишући своју природну средину (Toffler, 1980). За разлику од биосфере која функционише на основу сунчеве енергије и кружења материје, техносфери је за функционисање потребна додатна енергија коју људи добијају користећи или прерађујући природне ресурсе (дрво, угаљ, нафту, природни гас, хидропотенцијал, енергију ветра, геотермалну енергију, соларну енергију, нуклеарне сировине).

Екосфера је животна средина која обједињава биосферу и техносферу, односно, све природне објекте, појаве и процесе, као и све објекте, појаве и процесе који представљају резултат деловања човека. Дакле, у екосфери су сједињена два света човека – свет природе који човек наслеђује и коме припада, и друштвени свет који човек сам креира и коме такође припада.

11.2. ПОПУЛАЦИЈЕ

Популације су просторно и временски интегрисане групе организама исте врсте које су међу собом повезане првенствено односима размножавања. То су најмање биолошке јединице које се могу саме несметано репродуковати и које могу свој генетски материјал размењивати са другим популацијама исте врсте. Свака популација заузима одређени простор неког биотопа и представља део заједничког ареала врсте. У еколошком погледу све се популације једне врсте одликују сличним адаптивним могућностима и сличним еколошким захтевима.

Популације показују одређене специфичне групне одлике које се могу квантитативно изразити. Та групна својства популација су бројност, густина, наталитет, морталитет, узрасна структура, потенцијал растења, ток растења и одржавања, просторни распоред, миграторна кретања итд. Све ове карактеристике подложне су сталним променама.

– **Бројност популације** представља укупан број организама који у датом тренутку чине неку популацију. Популације микроорганизама и појединих ситних бескичмењака могу да броје и по неколико милиона јединки, док се популације појединих врста биљака и кичмењака могу састојати од свега неколико десетина јединки, па и мање. У основи, бројност популације зависи од наталитета (прираштаја) и морталитета (смртности). Свака врста има свој репродуктивни потенцијал који је код неких врста велики, а код других знатно мањи. По правилу, врсте са високом стопом морталитета имају и високу стопу наталитета. Ово се превасходно односи на врсте које имају велики број природних непријатеља или су из било ког другог разлога изложене снажном деловању природне селекције.

– **Густина популације** представља број јединки или њихову укупну биомасу на јединици површине или запремине станишта. На пример, то може бити број или биомаса букових стабала на 1 ha шумске заједнице, број или биомаса протозоа у 1 литру воде, број или биомаса ваљкастих црва у 1m^3 земљишта итд. Опште правило је да организми са већом биомасом имају мању бројност на јединици површине или запремине.

– **Наталитет популације** или њена стопа рађања, представља продукцију нових јединки у јединици времена. Капацитет размножавања се разликује од врсте до врсте и изражава се као физиолошки или као еколошки наталитет. **Физиолошки наталитет** (фекундитет) представља физиолошки максимално могућу продукцију нових јединки која се може остварити у идеалним условима средине.

За разлику од физиолошког, **еколошки наталитет** (фертилитет) представља продукцију нових јединки остварену у конкретним еколошким условима станишта. Углавном, што врста има више природних непријатеља, то је и њен репродуктивни потенцијал већи. На пример, један пар слонова у идеалним условима може током читавог животног века да остави само 12 потомака, док би један пар мува за само годину дана могао да остави и преко 15.000 потомака када на њих не би делови отпори средине. У отпоре средине спадају сви они фактори који спречавају да се популација неограничено увећава – простор, расположива храна, физичко-хемијски услови средине и утицаји других организама, првенствено предатора.

– **Морталитет популације** представља стопу смртности, односно број угинулих организама исказан у функцији времена. Као и наталитет, тако и морталитет може бити физиолошки и еколошки. **Физиолошки морталитет** представља смртност услед физиолошке старости организма и он се остварује при оптималним еколошким условима. **Еколошки морталитет** представља смртност услед дејства еколошких фактора (суше, влаге, топлоте, мраза, предатора, паразита...) и он се остварује под променљивим еколошким условима. Док је физиолошки морталитет углавном константан и специфичан за сваку врсту хомогеног генетичког састава, еколошки морталитет варира сходно еколошким утицајима.

– **Растење и одржавање популације** одређено је стопом наталитета, морталитета и миграторних кретања. Уколико су стопа наталитета и имиграције већи од стопе морталитета и емиграције, долази до раста популације. У условима неограниченог простора и оптималних еколошких услова, раст сваке популације би имао облик експоненцијалне криве. На пример, један пар мишева има потенцијал да за годину дана остави 3.000 потомака, а шкољка каменица у току сезоне може да продукује 16 до 60 милиона јаја. Међутим, услед отпора средине само неколико јајашаца каменице добија шансу да се развије, сазре и остави потомство. Посматрано у функцији дугог временског периода, могуће је разликовати пет фаза растења и одржавања популација. То су фаза позитивног раста, фаза стационарног раста, фаза осцилација, фаза негативног раста и фаза ишчезавања (Allee *et al*., 1949).

– **Узрасна структура популације** је израз бројног односа узрасних категорија које улазе у састав популације. По правилу, могу се разликовати три категорије узрасних структура: пререпродуктивна, репродуктивна и пострепродуктивна (Bodenheimer, 1938). Прва категорија обухвата јединке у фази развића, друга категорија обухвата репродуктивно способне јединке, трећа категорија обухвата јединке које су изгубиле способност репродукције. Превага пререпродуктивне узрасне структуре указује на брз темпо растења популације, док превага пострепродуктивне узрасне структуре указује на опадање бројности популације.

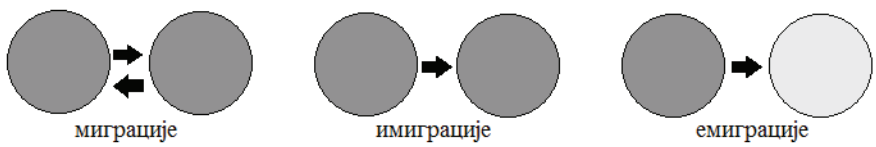
– **Миграторна кретања** су периодична кретања јединки, група или целе популације карактеристична за покретне организме. Могуће је издвојити три основне врсте кретања – миграције, имиграције и емиграције (Сл. 179).

Миграције представљају периодична кретања двосмерног обима и правца. Оне су својствене за групу или целу популацију, а могу се одвијати у оквиру ширег биотопа популације, или изван њега. Овакви облици кретања популација углавном су периодични и изражени су код веома покретних врста, нарочито појединих врста риба, птица и сисара. У току сезонских миграција птице селице напуштају своја места гнежђења пред наступајућ хладан период и одлазе у топлије крајеве где презимљују. На пример, европске роде презимљују у Африци користећи три миграторна пута. Један води преко Гибралтара, други преко Босфора и Мале Азије, а трећи преко Сицилије и Средоземног мора. Миграције риба углавном су условљене периодима мрешћења. Многе рибе живе у једној, а мресте се у другој воденој средини на основу чега разликујемо анадромне и катадромне врсте. Анадромне врсте живе у морима, а икру полажу у слатким водама. Катадромне врсте живе у слатким водама, а икру положу у морима. На пример, тихоокеански лосос мрести се у рекама источног Сибира, црноморске јесетре и моруне мресте се у Волги, Уралу, Дунаву и Дњепру. За разлику од ових анадромних риба, европске јегуље излазе из река, преваљују Атлантски океан и долазе до Саргаског мора надомак обала Мексика где полажу икру на дубинама од око 700 m.

Имиграције представљају једносмерни прелазак јединки или делова једне популације на станиште друге популације исте врсте. Разлози за овај вид кретања такође могу бити пренамноженост и јака интраспецијска компетиција. Захваљујући имиграцијама поспешује се проток гена у оквиру ареала врсте и обогаћује се генска залиха популације у коју стижу имигранти.

Емиграције су једносмерна кретања јединки или делова популације изван биотопа популације, без повратка натраг. На тај начин делови популације окупирају нове просторе на којима их до тада није било, и прелазе на територије других популација. До емиграција обично долази када се повећа густина популација и када се због тога заоштри интраспецијска компетиција, нарочито за изворе хране и простор. Овај вид миграторних кретања нарочити је чест код инсеката, код губара на пример, и представља један од фактора регулисања бројности и густине популације. Често се дешава да птице бореалних и степских региона услед недостатка хране емигрирају на средњеевропске просторе где наилазе на повољније усклове за живот и ту остају да живе.

Слика 197. Врсте миграторних кретања



– **Просторни распоред популације** зависи од особина станишта као и од биолошких и еколошких особина врсте. Биљке и сесилне животиње распоређене су по принципу случајности јер не могу активно да се крећу и мењају свој положај у екосистему. Већина животиња креће се активно, а њихов просторни распоред зависи од особина станишта, степена покретљивости, њиховог друштвеног и територијалног начина понашања. Груписање животиња обично се одвија на местима заједничке исхране, заједничког гнежђења, зимовања, размножавања, подизања младунаца.

11.3. ОДНОСИ ИСХРАНЕ У ЕКОСИСТЕМУ

У екосистемима кружење материје и пренос енергије одвијају се кроз односе исхране. Односи исхране се испољавају кроз ланце и мреже исхране. Сви чланови екосистема се по улози коју имају у **ланцима** и **мрежама исхране** деле на произвођаче (продуценте), потрошаче (конзументе) и разлагаче (редуценте).

Као што је већ написано, произвођачи органске материје у екосистемима су биљке које поседују хлорофил. Пошто за синтезу угљених хидрата користе енергију Сунца, оне су **фотоаутотрофи**. Међутим, постоји још једна група организама која може синтетисати органску материју, али без присуства сунчевог зрачења. То су поједине археје и бактерије које представљају такозване хемоаутотрофе. **Хемоаутотрофи** за синтезу органских једињења користе енергију коју добијају оксидацијом неорганских, првенствено азотних и сумпорних једињења, соли метала и неметала, водоника и угљеника. Ови организми обично живе на великим морским дубинама око подводних хидротермалних испуста где нема сунчеве светлости.

И поред присуства хемоаутотрофа, највећу масу органских материја производе биљке током процеса фотосинтезе. Синтетисана органска материја представља храну како за њих, тако и за све остале организме који нису способни да то учине сами. Ту храну примарно представљају прости шећери – моносахариди ($C_6H_{12}O_6$), а затим и сложенија органска једињења у која се уграђују азот, калијум, калцијум, натријум, сумпор, гвожђе и други биоелементи. Све зелене биљке способне да обављају фотосинтезу, представљају **произвођаче** (продуценте) органских једињења, и као што смо навели, означавају се као **фотоаутотрофи**.

За производњу органске материје, зелене биљке искористе свега 1% енергије Сунца. У овом процесу, током једне године биљке апсорбују 690 милијарди тона атмосферског CO_2 и 280 милијарди тона H_2O, а ослобађају око 500 милијарди тона атмосферског O_2 и синтетишу око 500 милијарди тона угљених хидрата. Међутим, од ове масе синтетисаних угљених хидрата, око 90% за већину организама није искористиво јер се јавља у облику целулозе. Искористиво је свега 10% угљених хидрата који се јављају у облику шећера и скроба.

Ефикасност сваког екосистема може се изразити кроз његову органску продукцију. **Органска продукција** се изражава количином органске материје синтетисане у јединици времена на јединици површине (на копну) или запремине (у води). Дневна продукција природних екосистема варира од

0,5 до 20 грама суве материје по једном квадратном метру. По правилу, највећа продукција биомасе одвија се у мочварама, тропским кишним шумама и естуарима (левкастим заливима на ушћу река широко отворених према мору).

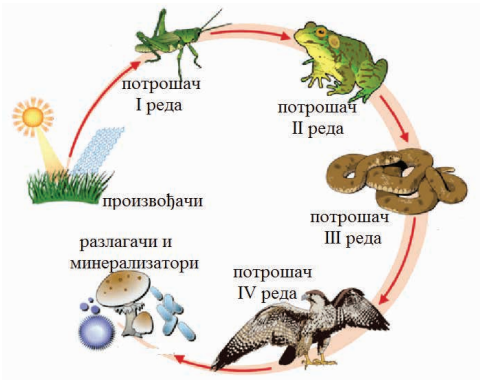
Организми који користе храну аутотрофа, представљају **потрошаче** (конзументе) и називају се **хетеротрофи**. У потрошаче спада највећи број гљива, животиње, као и ретке биљке које су секундарно изгубиле хлорофил. Потрошачи се према типу исхране могу поделити на четири групе:

- **биљоједе** (хербиворе, фитофаге) који се хране биљкама;
- **месоједе** (карниворе, зоофаге) који се хране животињама;
- **сваштоједе** (омниворе) који се хране и биљкама и животињама;
- **сапрофите** који се хране угинулим или полураспаднутим организмима.

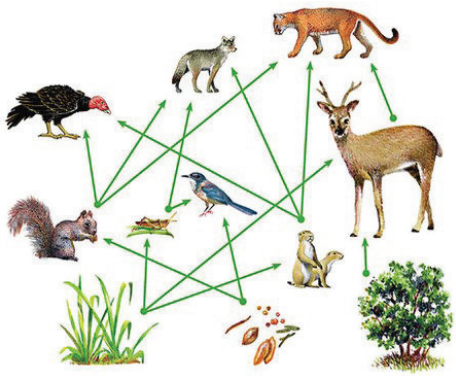
Биљоједима, односно, потрошачима првог реда (примарним потрошачима) припадају животиње које се непосредно хране биљкама, као и биљни паразити. Разлагањем биљне хране они добијају енергију потребну за своје животне процесе. Део енергије акумулисане у њиховим ћелијама даље преузимају месоједи (карнивори) који се хране биљоједима. Месоједи који се хране биљоједима представљају потрошаче другог реда, а потом, месоједи који се хране месоједима, представљају потрошаче трећег реда и даље.

Након угинућа биљака и животиња, њиховим органским остацима хране се **разлагачи**. То су сапрофити међу којима поред гљива и бактерија има и животиња стрвинара, као и неких сапрофитских биљака које су изгубиле хлорофил. На крају, преосталим органским материјама хране се искључиво гљивице и бактерије које представљају **минерализаторе** јер имају улогу у процесу минерализације органских материја. Минерализовани органски остаци растварају се у води и поново постају доступни биљкама које их уграђују у своја једињења.

Слика 198. Ланац исхране



Слика 199. Мрежа исхране

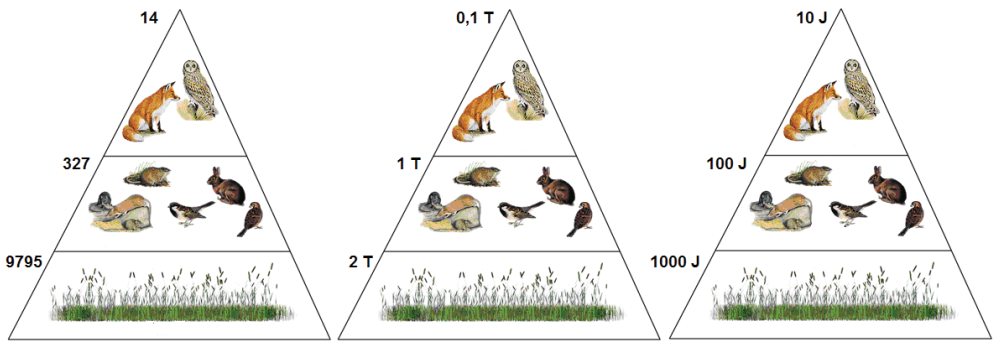


Односи исхране фигуративно се могу означити као **ланци исхране** (Сл. 197). Положај у ланцу исхране на коме се налази одређени организам, назива се **трофички ниво**. На почетку ланаца исхране увек се налазе зелене биљке, затим следе животиње биљоједи, па животиње месоједи, а на крају се налазе разлагачи и минерализатори. На пример, један ланац исхране у шумском екосистему може да почне од бора, а наставља се биљном ваши која се храни његовим соком, пауком који се храни биљном ваши, птицом певачицом која се храни пауцима, птицом грабљивицом која се храни птицама певачицама. На крају ланца су гљиве и бактерије које разграђују органске материје угинулих животиња и биљака до нивоа минерала. Без обзира од колико се карика (трофичких нивоа) састоје ланци исхране, свака карика је плен у односу на претходну карику, и предатор у односу на следећу карику. Што је више карика у ланцима исхране, то је у биоценозама боље искоришћење енергије, односно, то је већа енергетска ефикасност екосистема и он је стабилнији. У ланцима исхране се кроз трофичке нивое постепено губи одређени део енергије добијене из хране. Тај део енергије се троши на одржавање животних процеса и регулацију телесне температуре топлокрвних животиња.

Односи исхране су веома сложени јер се потрошачи обично хране већим бројем врста међу којима има и биљоједа, и месоједа, и сваштоједа. Ти се односи додатно усложњавају ако се томе додају стрвинари, паразити или полупаразити. То значи да се у свакој биоценози преплићу бројни ланци исхране који граде сложене **мреже исхране** (Сл. 198). Већина животињских врста у мрежама исхране може да се храни већим бројем других врста, али може да буде и плен већем броју других врста.

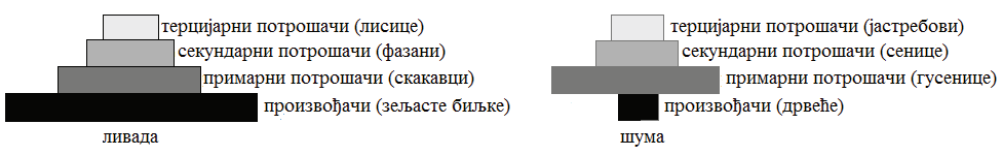
У ланцима исхране, почев од фотоаутотрофних биљака, па преко конзумената, до редуцената, постоје одређени квантитативни односи између трофичких нивоа који се графички могу приказати преко **трофичких пирамида**. Трофичке пирамиде су дакле, графички прикази односа бројности, биомасе и енергије појединих трофичких нивоа (Сл. 200).

Слика 200. Трофичке пирамиде бројева, биомасе и енергије



Пирамида бројева показује однос између броја организама на различитим трофичким нивоима. Организми који се налазе на почетку ланаца исхране по правилу су најмногобројнији, док организми који се налазе на крају ланаца исхране, по правилу су најмалобројнији. На овај начин, сви претходни чланови у ланцу исхране својом бројношћу обезбеђују опстанак следећим члановима који живе на њихов рачун.

Слика 201. Трофичка пирамида бројева у ливадском и шумском екосистему



Међутим, постоје и случајеви када је број организама у основи трофичке пирамиде мањи у односу на следећи трофички ниво. Ово се правило првенствено односи на шумске екосистеме где број стабала у односу на број инсеката који се њима хране, може бити мањи (Сл. 201). Међутим, и поред тога што је на првом трофичком нивоу број организама мањи, његова маса премашује масу организама другог трофичког нивоа.

Пирамида биомасе показује однос између биомасе организама на различитим трофичким нивоима. Биомаса се изражава по јединици површине (g/m^2) или запремине (g/m^3). По правилу, укупна биомаса свих организама који се налазе на почетку ланаца исхране, већа је од биомасе организама који се налазе на крајевима ланаца исхране.

Пирамида енергије показује брзину проласка масе хране (количину енергије) кроз сваки трофички ниво. Преко ове пирамиде добија се најпотпунији приказ функционалне организације екосистема.

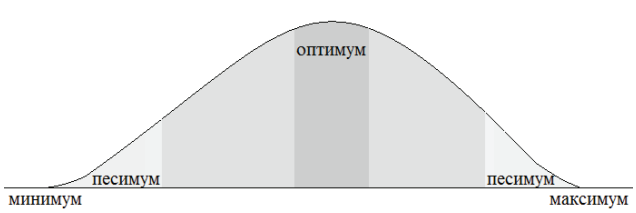
11.4. ЕКОЛОШКЕ ВАЛЕНЦЕ

Једна од основних особина еколошких фактора је њихова променљивост како у времену, тако и у простору. Пошто је у биосфери присутан огроман број станишта са специфичним комплексом, интензитетом и динамиком деловања еколошких фактора, не постоји ни један организам који подједнако добро може бити прилагођен свим типовима станишта – морским, речним, барским, копненим, високопланинским, низијским, екстремно сушним, екстремно влажним, екстремно топлим, екстремно хладним, осветљеним, неосветљеним итд. У којој мери поједине врсте могу поднети колебање одређеног еколошког фактора, зависи од њихове еколошке валенце.

Еколошка валенца или еколошка амплитуда представља распон промена једног еколошког фактора у чијим је границама могућ опстанак одређене органске врсте. У оквиру еколошке валенце сваке врсте, за сваки појединачан еколошки фактор могу се разликовати три кардиналне тачке: еколошки оптимум, еколошки максимум и еколошки минимум (Сл. 202).

Еколошки оптимум представља ону вредност неког еколошког фактора при којој се животни процеси организма најбоље одвијају. На пример, јаја поточне златовчице (*Salvelinus fontinalis*) развијају се на температури од 0°C до 12°C, а оптимална температура за њихов развој износи 4°C.

Слика 202. Еколошке валенце



Од еколошког оптимума вредност одређеног еколошког фактора опада до еколошког минимума. **Еколошки минимум** представља доњу границу промене неког еколошког фактора испод које врста не може да опстане. Такође, од еколошког оптимума вредност одређеног еколошког фактора расте до еколошког максимума. **Еколошки максимум** представља горњу границу промене неког еколошког фактора преко које врста такође не може да опстане. Значи да доња и горња граница еколошке валенце сваке врсте представљају оквир унутар кога она може да опстане. Свака вредност еколошког фактора (светлости, температуре, влажности, салинитета, доступног калцијума, доступне хране, раствореног кисеоника итд.) мања од минималне и већа од оптималне, чинилац је ограничења за врсту на одређеном станишту.

Непосредно пре достизања еколошког минимума или еколошког максимума, налази се еколошки песимум. **Еколошки песимум** представља ону вредност одређеног еколошког фактора у оквиру кога организам још увек може да функционише, али одвијање његових животних процеса постаје отежано јер се вредност тог еколошког фактора приближава критичном минимуму или критичном максимуму.

Величина еколошке валенце за сваки појединачни еколошки фактор варира од врсте до врсте. Њене границе могу бити или јако широке, или напротив, веома уске. У односу на ширину еколошке валенце за појединачне еколошке факторе, врсте могу бити еуривалентне или стеновалентне.

Еуривалентне (гр. *euri* - широк) су оне врсте које у складу са својим морфо-физиолошким адаптацијама, поседују широке могућности прилагођавања различитим еколошким срединама. Еуривалентне врсте које имају висок степен толеранције на промену еколошких фактора у одређеној средини су **космополити**. Они углавном насељавају широке географске просторе.

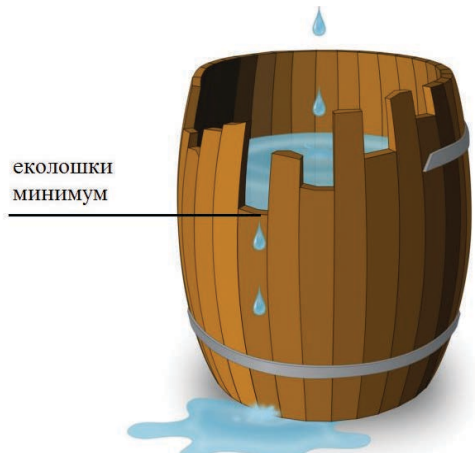
Стеновалентне (гр. *steno* – узан) су оне врсте које у складу са својим морфо-физиолошким адаптацијама, поседују уску еколошку валенцу, односно, немају могућност прилагођавања већем степену промена једног или већег броја еколошких фактора. Стеновалентне врсте су прилагођене одређеном типу станишта са специфичним комплексом еколошких услова, и због тога најчешће представљају **индикаторске врсте**. На пример, у односу на температуру као еколошки фактор, типична стеновалентна (стенотермна) врста је спрудотворни корал који може да живи само у екваторијалном појасу океана где температура воде у току године не пада испод 20°C и колеба 2 до 3°C. Супротан пример је тигар као еуривалентна (еуритермна) врста која живи у топлим прашумама Индокине, Индије и Јужне Кине где температура прелази и + 30°C, али и у Сибиру где пада и испод – 40°C.

Степен прилагођености одређеним еколошким условима односи се и на храну као битан ресурс за опстанак. Постоје животињске врсте које су због специфичног метаболизма веома пробирљиве у односу на храну, а исто тако, постоје и врсте које користе најразноврсније изворе хране. У том погледу стеновалентна (стенофага) је гусеница аполоновог лептира (*Parnassius apollo*) која се храни углавном белим жедњаком (*Sedum album*), док је еуривалентан (еурофаг) северноамерички губар *Lymantria dispar* чије гусенице једу 477 различитих биљних врста (Станковић, 1961).

Мада еколошки фактори делују целовито и међусобно се условљавају, по некад само један еколошки фактор има пресудну улогу за опстанак одређених врста на специфичном станишту. У том случају тај фактор постаје фактор ограничења који може да угрози или потпуно онемогући живот одређене врсте на појединим стаништима. На пример, звончић *Campanula versicolor* може опстати на различитим надморским висинама, у условима знатног варирања температуре и влажности, али је веома пробирљив када је у питању хемијски састав земљишта. Он успева само на кречњачкој подлози, тако да је смањење слободних јона калцијума у земљишту лимитирајући фактор за његово ширење. Дакле, сваки еколошки фактор који у свом интензитету прелази еколошки максимум или еколошки минимум дате врсте, престаје да буде услов живота и постаје сметња њеном опстанку.

Прилагодљивост организама у односу на њихове еколошке валенце за сваки појединачни еколошки фактор, формулисан је кроз такозвано **Либигово правило минимума** (Liebig, 1840). Ово правило гласи: за преживљавање и функционисање организама најважнији је онај еколошки фактор чија се вредност налази близу минимума. Дакле, организам је онолико јак и прилагодљив колико му је јака најслабија карика у еколошком ланцу захтева. Либигово правило минимума преформулисао је Тинеман (Thieneman, 1926). **Тинеманово правило минимума** гласи: организми могу имати широк степен толеранције за један фактор, а узан за други, међутим, за функционисање организма најважнији је еколошки фактор за који тај организам има најнижу еколошку валенцу, и то за онај развојни стадијум који је најосетљивији.

Слика 203. Шематски приказ Либиговог правила минимума



Збир свих еколошких валенци једне врсте на стаништима које она насељава, представља њен еколошки оквир, односно, њену **еколошку нишу**. Енглески еколог Хатчинсон (Hutchinson, 1957) је еколошку нишу представио као вишедимензионални волумен у коме се преплићу сви еколошки фактори, ресурси и њихове варијације у чијим оквирима врста опстаје. Дакле, еколошку нишу сваке врсте одређује степен њене прилагођености на одређене климатске, едафске и орографске факторе, на одређену врсту хране, на одређену врсту склоништа итд. Значи, еколошка ниша је збир захтева станишта и понашања организама који омогућују врсти да опстаје и оставља потомство. Када се сагледа еколошка ниша одређене врсте, добија се представа о месту, времену и начину остваривања животних активности те врсте, односно, слика о начину њеног живота.

Пошто на истим стаништима живе различите врсте које су прилагођене истим комплексима деловања одређених еколошких фактора, могло би се претпоставити да међу њима влада оштра компетиција. Међутим, велики број врста је кроз дугу борбу за опстанак стекао оригиналне прилагођености које су им омогућиле да на истом станишту заузму специфичне еколошке нише и на тај начин избегну елиминацију од стране других врста са којима деле то исто станиште. На пример, малинин мољац (*Lampronia rubiella*) и јагодин мољац (*Lampronia provectella*), прилагођени су готово истом спектру деловања еколошких фактора што значи да имају сличне еколошке нише. Да би избегле међусобну компетицију, гусенице малининог мољца хране се лишћем малине, док се гусенице јагодиног мољца хране лишћем јагоде (Beeby & Brennan, 2003). На тај начин, ове две врсте и поред биолошко-еколошких

сличности, ипак имају различите еколошке нише, и захваљујући томе, избегавају онај облик најоштрије компетиције који би довео до искључивања једног од компетитора са истих станишта. Овакве појаве које доводе до све веће разлике еколошких ниша компетиторских врста ради њиховог опстанка на истим стаништима, означавају се као **диференцијација еколошких ниша**. У природи међутим, постоје и примери много оштрије природне селекције који доводе до елиминације једне од компетиторских врста. До елиминације обично долази онда када не дође до диференцијације еколошких ниша, односно, када реализована еколошка ниша једног компетитора потпуно испуни еколошку нишу другог компетитора после чега он не може опстати. Ова појава означава се као **принцип компетитивног искључења**.

У односу на ширину еколошких ниша, врсте могу бити генералисти и специјалисти (Beeby & Brennan, 2003). **Генералисти** имају велике еколошке нише јер су способни да поднесу широк спектар варирања еколошких фактора и да користе разноврсније ресурсе. За разлику од њих, **специјалисти** имају мале еколошке нише јер могу да опстану само у оквирима уског спектра варирања еколошких фактора и у присуству специфичних ресурса.

11.5. ЕКОЛОШКЕ АДАПТАЦИЈЕ И ЖИВОТНЕ ФОРМЕ

Карактеристичне особине које врстама омогућују опстанак у специфичним еколошким условима станишта, називају се **адаптације** или адаптивне карактеристике. Оне представљају резултат дуготрајног процеса прилагођавања променљивим условима спољашње средине што значи да су генетички условљене.

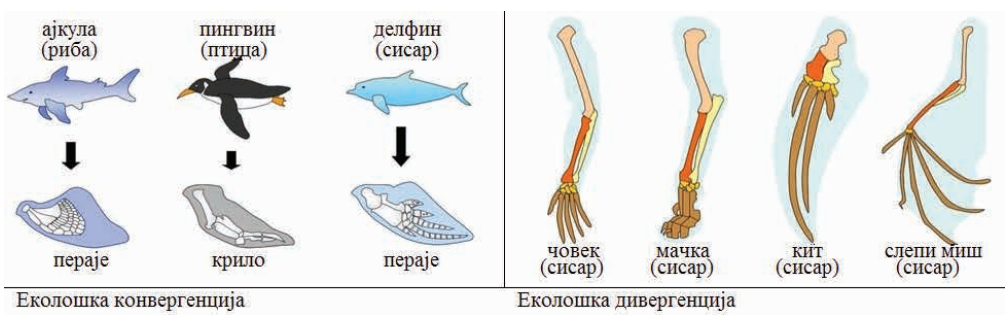
Адаптације су увек усклађене са условима станишта у коме врсте живе, односно, са еколошким нишама врсте, и одражавају карактер самог станишта. Оне се испољавају на анатомско-морфолошком, физиолошком, биохемијском, фенолошком или бихевиористичком нивоу. На пример, снажни прсти кртица завршавају се дугим канџама које служе за копање подземних ходника што представља адаптацију на њихов начин живота.

Као резултат прилагођавања сличним еколошким условима на удаљеним географским пространствима, код великог броја биљака и животиња које нису у директном филогенетском сродству, развиле су се сличне адаптације. Овакве адаптације означавају се као **еколошка конвергенција (аналогија)**. На пример, кактуси из рода *Cereus* који живе у мексичкој пустињи и млечике из рода *Euphorbia* које живе у танзанијској пустињи, имају идентичну

сукулентну форму као резултат живљења у сличним условима суше, снажне инсолације и високих температура. Водена средина као специфичан медијум, такође је поспешила појаве аналогије, па на пример, хидродинамичну форму торпеда која олакшава пливање, имају сипе, рибе, морске корњаче, пингвини, делфини и многи други водени организми који су филогенетски (сроднички) веома удаљени. Крила инсеката, птица и слепих мишева још један су упечатљив пример конвергентне еволуције током освајања празних еколошких ниша у ваздушној средини.

За разлику од еколошке конвергенције, **еколошка дивергенција (хомологија)** представља промену структуре и функције одређеног органа код оних врста које потичу од блиског заједничког претка, а које су се током дивергентне еволуције прилагођавале различитим срединама. Код биљака хомологи су листови и органи који су настали њиховим преображајем – трње, рашљике, цветни омотач, бокали за сакупљање воде итд. Код сисара хомологи органи су на пример, предњи екскремитети копнених сисара који служе за ходање, трчање, верање или копање земље, крила слепих мишева која служе за летење, пераја делфина, китова и фока која служе за пливање.

Слика 204. Еколошка конвергенција и дивергенција



С обзиром да на бројним становиштима владају веома специфични и променљиви услови, разноликост живог света представља директан адаптивни одговор на ту разноврсност и променљивост окружења. Скуп свих адаптивних карактеристика једне врсте који одражава њену прилагођеност одређеним комплексима еколошких услова, представља **животну** или **еколошку форму** те врсте. На пример, према прилагођености различитим типовима станишта и начину преживљавања неповољних услова средине, дански ботаничар Раункиер (Raunkiaer, 1934) разликује 11 типова животних форми биљака (Сл. 205).

1) **Фитопланктон** – биљчице микроскопских величина које лебде у води или се могу наћи на снегу и леду.

2) **Фитоедафон** – биљчице микроскопских величина које живе у земљишту.

3) **Ендофите** – биљчице микроскопских величина које живе као паразити у другим биљкама.

4) **Епифите** – биљке које живе на површини других биљака. Ове биљке могу бити само паразити простора или облигатни паразити. У првом случају користе друге биљке само као подлогу, а саме се сналазе у снабдевању водом и другим потребним материјама, и саме производе храну у процесу фотосинтезе. У другом случају, од биљке домаћина апсорбују воду или апсорбују и потребне органске материје.

5) **Хидрофите** – биљке потопљене у води које зимски период преживљавају у облику подводних зимских пупољака потопљених у води или у муљу.

6) **Хелофите** – биљке делимично потопљене у води које зимски период преживљавају у облику подводних зимских пупољака у муљу.

7) **Терофите** – једногодишње биљке које неповољан период године преживљавају само у облику семена. Оне су добро прилагођене неповољним условима станишта, али пошто у семенима нема довољно резервних хранљивих материја, потребан је дужи период да исклијају и да се развију. Због тога су ове биљке слабије заступљене у областима са кратким вегетационим периодом.

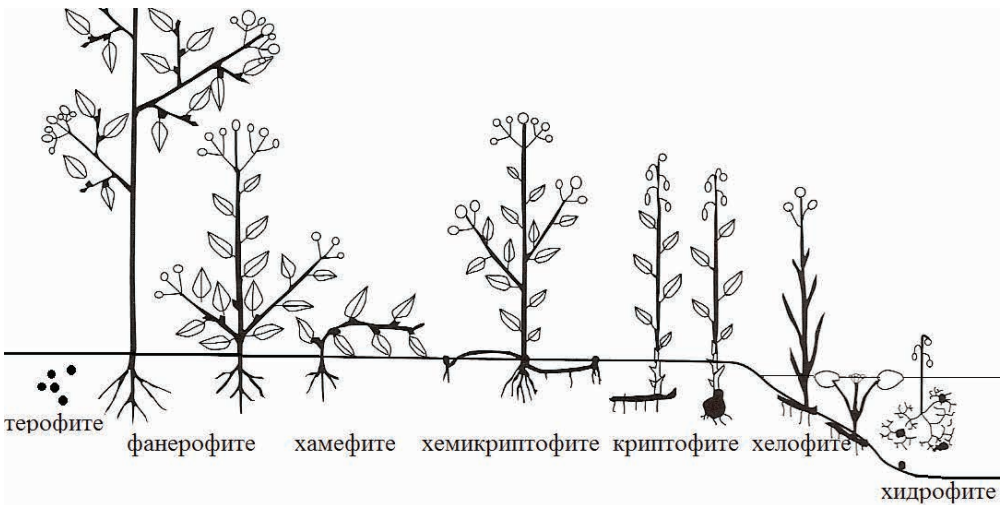
8) **Криптофите** – вишегодишње биљке чији се надземни делови током зиме потпуно осуше, а пупољци се налазе дубље у земљишту, на подземним органима.

9) **Хемикриптофите** – вишегодишње биљке чији се надземни делови током зиме потпуно осуше, а пупољци из којих се на пролеће развијају нови изданци, остају при основи стабла, сасвим близу површине или испод земље, на подземном стаблу или корену. Овакав положај пупољака у близини површине земље било да се налазе незнатно испод или изнад ње, омогућује њихову бољу заштиту од смрзавања или исушивања, нарочито ако постоји снежни покривач.

10) **Хамефите** – вишегодишње патуљасте биљке чији се изданци и пупољци и током зиме налазе изнад подлоге, али које не прелазе висину од 25 cm. Због тога су боље заштићени од пупољака фанерофитих биљака, нарочито у подручјима са снежним покривачем.

11) **Фанерофите** – вишегодишње биљке са трајним гранама које носе пупољке високо изнад подлоге. Пошто су знатно изнад подлоге, гране и пупољци не могу бити заштићени снежним покривачем током хладног периода године, тако да губе већу количину воде кутикуларном транспирацијим, нарочито у време јачих ветрова када се брже суше. Код фанерофита зимски пупољци су обично заштићени љуспастим или длакавим омотачем који представља делимичну заштиту од мраза. Као еколошки тип биљака, фанерофите представљају животну форму која је најслабије прилагођена мразевима или сушама. У односу на величину, могу се разликовати **мегафанерофите** које обухватају све врсте дрвећа и **нанофанерофите** које обухватају све врсте жбунова.

Слика 205. Раункиерове животне форме



С обзиром да преовлађујуће животне форме биљака одређене области зависе од климатских прилика, може се урадити **биолошки спектар** области који ће указати на процентуални однос појединачних животних форми. Биолошки спектар прецизно одражава климатске услове и представља добру биоиндикаторску методу дефинисања основних климатских прилика. На пример, уколико у неком подручју преовлађује форма фанерофитих биљака, то указује да се ради о подручју са повољном климом у којој одсуствују или кратко трају периоди са екстремно ниским температурама и сушом (шуме умереног појаса, тропске шуме).

Различите животне форме присутне су и у животињском свету. На пример, полазећи од микролокација на којима живе као једног од критеријума, Тишлер (Tischler, 1949) је установио поделу животиња на четири основне животне форме.

1) **Едафобионти** су животна форма копнених животиња. Међу њима могу се разликовати епилитобионти (живе на површини стена и земљишта), ендолитобионти (живе у земљишту), хиполитобионти (живе испод камења), мезолитобионти (живе у шљунковитој подлози), псамобионти (живе у песку), пелобионти (живе у муљу), троглобионти (живе у пећинама) итд.

2) **Атмобионти** су животна форма која је прилагођена животу на или у биљкама и другим животињама. **Фитобионти** живе у зељастим биљкама (ендофитобионти), на зељастим биљкама (епифитобионти), или на оба микростаништа (мезофитобионти). **Дендробионти** живе у дрвећу (ендодендробионти), на дрвећу (епидендробионти) или на оба микростаништа (мезодендробионти). **Зообионти** су свој микростанишни простор везали за друге животиње. Као и две претходне животне форме, разликују се животиње које живе у другим животињама (ендозообионти), које живе на другим животињама (епизообионти) или на оба микростаништа (мезозообионти).

3) **Аеробионти** припадају животној форми добрих летача који највећи део живота проводе у ваздуху где хватају и прождиру плен.

4) **Хидробионти** припадају животној форми животиња које живе у води.

Захваљујући адаптацијама, свака врста је оптимално прилагођена условима средине уколико су они релативно стабилни. Међутим, не постоји апсолутно стабилна средина јер се еколошки фактори непрестано мењају како у простору, тако и у времену. Организми прате те промене и обично реагују на њих на тај начин што до одређене границе модификују одређене фенотипске карактеристике. Те ситне фенотипске промене настале под утицајем спољашње средине називају се **модификације**. За разлику од адаптација, модификације су необавезне и несталне, нису условљене генетичким наслеђем и трају онолико дуго колико траје одређени утицај спољашње средине. Као пример модификације могу се навести издуживање интернодија код биљака које се развијају у условима недовољне осветљености, дебљина кутикуле на листовима изложенијим јачој светлости, гомилање наслага сала при појачаној исхрани итд.

ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ

12. ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ

Сви утицаји који долазе из спољашње средине и формирају услове живота, представљају **еколошке факторе**. Основне особине еколошких фактора су сложено и целовито деловање, непрекидна промена у времену и простору и међусобна условљеност. Сви еколошки фактори могу се поделити на абиотичке и биотичке.

Абиотички еколошки фактори обухватају све абиотичке (геолошке, географске, физичке, хемијске) утицаје средине на организме и њихове заједнице. Ови фактори деле се на климатске, едафске, орографске и геофизичке.

- **Климатски фактори** обухватају сунчево зрачење, светлост, температуру, воду, влажност и ветар.
- **Едафски фактори** обухватају физичке, хемијске и биолошке особине земљишта и особине стена на којима се земљиште развија.
- **Орографски фактори** обухватају карактеристике рељефа, надморску висину, нагиб терена, експозицију, степен разуђености рељефа и однос копна и мора.
- **Геофизички фактори** обухватају гравитацију, магнетизам и звуке.

Биотички еколошки фактори обухватају утицаје организама који они врше једни на друге. Утицаји човека на остале организме су антропогени утицаји. У зависности од тога да ли се испољавају у оквиру једне популације или између популација различитих врста, биотички фактори могу бити **интрапопулациони** и **интерпопулациони**.

12.1. АБИОТИЧКИ ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ

12.1.1. ВРЕМЕ, КЛИМА И КЛИМАТСКИ ПОЈАСЕВИ

У атмосфери се непрекидно одвијају физички процеси и промене метеоролошких елемената на основу којих се формира њено специфично стање које се означава као **време**. На време неке области утичу земљина тежа, земљина ротација, сунчева енергија, распоред копна и мора, рељеф и многи други елементи који доводе до одређене динамике временских промена и до карактеристичних типова времена. Свако место на Земљи у сваком тренутку, одликује се специфичним временом. Скуп карактеристичних типова времена који преовлађују у некој области представља **климу** те области. Клима пресудно утиче на променљивост, адаптибилност и понашање организама, на просторни распоред и величину њихових популација, на састав, изглед, структуру и распоред екосистема.

Преовлађујуће комбинације временских појава у појединим областима Земље условиле су појаву хоризонталних **климатских појасева** распоређених од екватора према половима: једног екваторијалног, два тропска, два суптропска, два умерена, два субполарна и два поларна. У сваком климатском појасу, од подножја према врховима планина, односно у вертикалном правцу, издвајају се и висински или планински појасеви у којима се на сличан начин као од екватора према половима, мењају временски услови. По правилу, што је планина ближа екватору, на њој се може разликовати и већи број вертикалних климатских појасева. Дакле, постоји **хоризонтална промена климатских појасева** (од екватора према половима) и **вертикална промена климатских појасева** (од подножја планина према њиховим врховима). Овакав распоред климатских појасева условио је и распоред основних вегетацијских појасева, како хоризонталних, тако и вертикалних.

Временске појаве које се дешавају у оквиру одређених климатских појасева, утичу на формирање зоналне климе, односно, макроклиме. **Макроклима** је клима одређеног хоризонталног климатског појаса која утиче на формирање специфичне вегетације и одговарајућих типова земљишта у том појасу. На пример, у екваторијалном појасу годишње колебање температуре износи свега 2°C до 3°C, средње месечне температуре преко целе године су око 25°C, а кише падају свакодневно. Због тога је у овом појасу развијена вегетација бујних тропских кишних шума. Насупрот екваторијалном климатском појасу, у умереном појасу је изражена промена годишњих доба са топлијом и хладном сезоном. Без обзира о ком се климатском појасу ради, макроклима никада није идентична дуж целе своје зоне.

Поред географске ширине, и други еколошки фактори утичу на климу одређеног подручја. На пример, клима западних обала Европе је ублажена под дејством топле Голфске струје Атлантског океана која долази из Мексичког залива, а умерена клима дуж источне обале Северне Америке је оштрија услед утицаја хладне Лабрадорске струје. Сви ови додатни утицаји као што су однос копна и мора, надморска висина, рељеф, утицаји сталних морских струја или ветрова, доводе до разлика у клими унутар једног климатског појаса. Специфичне климатске прилике појединих подручја у оквиру ширег климатског појаса, представљају **мезоклиму**.

Често се и на сасвим малом растојању образују значајне климатске разлике. На пример, клима у долини другачија је од климе планинских страна које затварају ту долину. Овакве климатске прилике на ограниченом географском простору и у приземном слоју ваздуха, која се формира под утицајем локалних разлика у рељефу, водених површина, структуре земљишта или вегетацијског покривача, назива се **микроклима**.

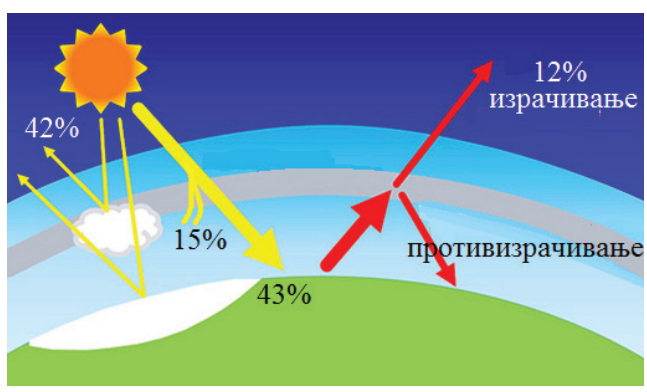
Поред појма микроклима, који се односи на климу ограниченог простора, треба разликовати и појам **екоклима**. Под екоклимом се подразумева специфичан комплекс климатских услова који се формира унутар сваке животне заједнице. С обзиром да специфичне климатске услове у оквиру неког екосистема формирају биљке, а не животиње, онда се уместо појма екоклима може употребити и појам **фитоклима**. На пример, на једном ограниченом подручју није иста фитоклима смрчеве шуме, храстове шуме, ливаде, камењара или мочваре. Фитоклима букове шуме се у многим елементима разликује од фитоклиме суседне ливадске заједнице јер је у њој мање светлости, већа влажност ваздуха и земљишта, нижа температура, мања дневно-ноћна колебања температуре. Овакви микроклиматски услови у густим шумским склоповима утичу да се у приземном спрату јаве сасвим другачије еколошке групе организама у односу на организме суседних отворених станишта (ливада, пашњака, камењара).

12.1.2. СУНЧЕВО ЗРАЧЕЊЕ КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Сунчево зрачење (сунчева радијација) извор је енергије који покреће све биогеохемијске процесе и циклусе на Земљи. Оно настаје као последица термонуклеарних реакција на Сунцу, а до Земље долази у форми електромагнетног и корпускуларног зрачења које се простире брзином од 300.000 km/h. Око 2% електромагнетних таласа на путу до земљине атмосфере се одбија, расипа или упија, док 98% долази до горњих слојева атмосфере.

Сунчево зрачење на горњој граници атмосфере износи око 1368 Wm^{-2}. Ова величина је означена као **соларна константа**. Ако се наведена вредност соларне константе узме као 100%, онда до површине Земље долази мање од 50% њене вредности. Наиме, проласком кроз атмосферу 25% зрачења бива дифузно расејано од стране капљица воде, честица прашине, аеросола и молекула ваздуха. Од тога, 9% се враћа назад у васиону. У васиону се враћа и 33% зрачења које се одбија о облаке. Дакле, 42% (9% + 33%) зрачења не стигне до површине Земље. До површине не стигне ни 15% зрачења које бива апсорбовано у пролазу кроз атмосферу. То значи да до површине Земље у просеку стигне само 43% укупног сунчевог зрачења, и то 27% директног и 16% дифузног (Сл. 206) које мења правац кретања због судара са честицама прашине, спорама и капљицама воде (Јанковић, 1990).

Слика 206. Дистрибуција сунчевог зрачења



Количина сунчевог зрачења која стиже до Земље, разликује се у зависности од географске ширине и надморске висине. У областима са мањом количином облака и на већим надморским висинама, количина сунчевог зрачења је уопштено гледајући, већа.

Сунчево зрачење које долази до површине Земље, може се према таласним дужинама поделити на:

- краткоталасно зрачење (ултраљубичасто), таласних дужина од 30 до 380 nm;
- средњеталасно зрачење (видљиво зрачење, бела светлост или светлост), таласних дужина од 380 до 750 nm;
- дуготаласно зрачење (инфрацрвено), таласних дужина од 750 nm до 3 mm.

Зрачење различитих таласних дужина има специфична дејства на организме.

Ултраљубичасто зрачење има изразито мутагено и фотодеструктивно дејство на ћелијске процесе и структуре. На сву срећу, оно у просеку чини 7% до 10% укупног сунчевог зрачења које допире до површине Земље захваљујући озонском омотачу који апсорбује око 90% овог зрачења. Озонски омотач налази се у доњем слоју стратосфере, на 10 до 50 km изнад површине Земље, с тим што је концетрација озона (O_3) највећа на висини од 20 до 25 km.

Бела светлост има фотоенергетско дејство у процесу фотосинтезе, а животиње је региструју чулима вида. Зато се овај део спектра назива видљива светлост или фотосинтентички активна радијација (ФАР). Бела светлост чини око 41% укупног сунчевог зрачења.

Инфрацрвено зрачење има топлотно дејство на све активне површине (земљиште, стене, воду, бетон...). Овај део спектра учествује са око 52% укупног зрачења које допире до Земље.

Утицај сунчевог зрачења на организме, екосистеме и биосферу је вишеструк:

- снабдева биосферу енергијом и на тај начин осигурава процес кружења материје;
- регулише топлотни и водни биланс и утиче на формирање топлотних појасева, односно климе на Земљи;
- формирањем топлотних појасева утиче на распоред организама и њихових заједница;
- омогућава одвијање физиолошких процеса у организмима;
- обезбеђује процес фотосинтезе и успостављања трофичких односа;
- има формативно и оријентационо деловање на организме.

Еколошки типови организама у односу на светлост

Дугорочно прилагођавање организама стаништима са различитим светлосним режимом, довело је до појаве различитих еколошких типова.

Основни еколошки типови биљака у односу на степен њихове структуралне и функционалне прилагођености одређеном светлосном интензитету су хелиофите, скиофите и полускиофите биљке.

Хелиофите или биљке светлости могу се развијати само у условима пуне дневне светлости на станишту. То су углавном биљке отворених простора – пустињске, степске, ливадске и високопланинске.

Скиофите или биљке сенке не подносе пуну дневну светлост и успевају у условима засенчености. То су углавном биљке тамних шума или дубоких клисура.

Полускиофите су биљке које најбоље успевају у условима пуне дневне светлости, али подносе и мању засенченост. На пример, полускиофите биљке расту у приземном спрату светлијих шума, у жбуњацима, на шумским прогалама и пожариштима.

Сваки од наведених еколошких типова биљака има специфичне анатомско-морфолошке, физиолошке и фенолошке адаптације. На пример, листови хелиофитих биљака су ситнији, имају више хлорофила, боље развијено палисадно ткиво, ситније и бројније стоме, дебљу кутикулу или длакав омотач.

Код животиња светлост представља значајан фактор оријентације у простору. Чак и сесилни облици, заузимају одређен положај тела према светлости. Заузимање одређеног положаја и правац кретања животиња у односу на извор светлости, назива се **фототропизам**. Код слободно покретних животиња светлост стимулише локомоторна кретања. Та кретања могу бити без одређеног правца што се означава термином **фотокинеза**, или могу имати одређени правац у односу на светлосни извор што се означава термином **фототаксија**. Фототаксија може бити позитивна и негативна. Пчеле и муве лете у правцу светлости што значи да је код њих присутна позитивна фототаксија, док се стоноге и кишне глисте крећу у супротном правцу што представља пример негативне фототаксије .

Светлост утиче и на дневно-ноћну и сезонску активност животиња. У зависности од тога када су активне у потрази за храном, животињске врсте се деле на **дневне, ноћне, сумрачне** и **индиферентне**. У дневне животиње спада већи број птица и инсеката, док ноћним врстама припада

највећи број глодара. Почетак дневне активности птица певачица условљен је интензитетом јутарње светлости. Тренутак буђења птица помера се паралелно времену изласка сунца током године.

Карактеристична и за биљне и за животињске врсте је појава **фотопериодизма** – ритмичних појава одређених процеса у животном циклусу условљених сезонским променама светлосног режима. На пример, сезона цветања многих биљака зависи од дужине трајања дневног осветљења, па на основу тога многе цветнице делимо на биљке дугог дана (јечам) и биљке кратког дана (дуван). Фотопериодизам се испољава и кроз многе периодичне појаве у животињском свету. Америчка пастрмка је врста кратког дана и због тога постаје полно зрела тек у новембру када се дан скраћује. И многе друге периодичне појаве попут линьања и митарења, периода мировања, хибернације или сеоба, у тесној су вези са дужином дана и ноћи.

12.1.3. ТЕМПЕРАТУРА КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Мера топлоте је **температура** која квантитативно одређује топлоту као облик енергије. Основни извор топлоте на Земљи је сунчево зрачење. Топлота у биосфери потиче у највећој мери од инфрацрвеног дела сунчевог спектра чија таласна дужина прелази 800 nm. Овај део спектра апсорбују све површине на Земљи (земљиште, вода, стене, песак, тресет, вегетација, бетон, стакло...), и на тај начин постају **активне апсорпцијске површине**. Један део топлоте се са активне површине преноси у дубље слојеве супстрата, док се други део топлоте са активне површине преноси у приземне слојеве ваздуха.

Када је реч о земљишту, на умереним географским ширинама у летњем периоду и у поподневним сатима, највеће температуре су на самој површини земљишта у контакту са ваздухом. Овакав тип дистрибуције температуре означава се као **инсолација** (акумулација топлоте). Насупрот инсолацији стоји **израчивање** (губљење топлоте). Израчивање је највеће током ноћи, нарочито у зимском периоду. Тада је најнижа температура управо између саме површине земљишта у контакту са ваздухом, док су дубљи слојеви земљишта и виши слојеви атмосфере топлији. Губљење топлоте са активне површине у току ноћи представља њено одавање у виду дуготаласног израчивања у делу спектра таласне дужине од око 1.000 nm. Срећна околност је што молекули водене паре, угљен-диоксида, метана, азот-субоксида, озона и неких других гасова у атмосфери, имају афинитет управо према делу спектра ове таласне дужине, тако да га добрим делом апсорбују и на тај начин онемогућавају потпуно ноћно хлађење атмосфере.

Да није тога, ноћне температуре биле би тако ниске, да би зауставиле све биолошке процесе. Међутим, захваљујући наведеним гасовима и воденој пари, то се не дешава. У просеку, само око 12% ноћног израчивања Земље пролази кроз атмосферу и бива изгубљено (Сл. 206). Сва остала израчена енергија апсорбује се у различитим слојевима атмосфере. На тај начин, насупрот израчивању активних површина Земље, стоји противизрачивање атмосфере којим се велики део енергије враћа назад. Овај процес познат је као **ефекат стаклене баште**.

Навели смо да молекули водене паре, угљен-диоксида, метана и још неких гасова производе ефекат стаклене баште. То значи да повећање њихове концетрације доводи до све интензивније апсорпције израчене топлотне енергије. Од почетка, а нарочито од средине XX века, концентрација гасова са ефектом стаклене баште нагло се повећава услед њихове појачане емисије из индустрије, термоенергетике, пољопривреде и саобраћаја. Јачању ефекта стаклене баште доприноси и ослобађање индустријских синтетичких гасова – перфлуороугљеника, водоник-флуороугљеника и сулфат-хексафлорида. Овај процес прати и уништавања шумске вегетације. Израчунато је да шуме на годишњем нивоу ослобађају 86 милијарди тона кисеоника и апсорбују 119 милијарди тона угљен-диоксида који претварају у биомасу (Field *et al*, 1998). На жалост, од половине прошлог века уништено је преко 50% тропских кишних шума. То се одражава не само на водни режим наше планете, губитак земљишта и биолошке разноврсности, него и на јачање ефекта стаклене баште услед умањене апсорпције угљен-диоксида. Процене су да се услед убрзане експлоатације шума на годишњем нивоу у атмосферу ослобађа 1,5 милијарди тона угљеника више чиме се додатно повећава ефекат стаклене баште који за последицу има поремећен енергетски баланс и глобално загревање биосфере.

Термички режим станишта

Свако станиште се одликује специфичним карактеристикама и динамиком температуре земљишта и температуре ваздуха што одређује његов **термички режим**.

Температура земљишта има велики значај за читав низ физичких, хемијских и биолошких процеса у земљишту и приземним слојевима ваздуха. Температурна колебања у земљишту у току дана и ноћи условљавају промет гасова између земљишта и атмосфере, интензитет процеса труљења и разлагања органских материја, растварања соли и других неорганских једињења, апсорпцијске активности корена, активност земљишних микроорганизама, очување спора и ларви, клијање семена, развој клица.

Термички режим станишта одређен је односом између примљене и расходоване енергије. Овај однос означава се као **радијацијски баланс земљишта**. У току дана, приход топлоте на површини земљишта већи је од њеног расхода, тако да постоји позитиван радијацијски баланс. У току ноћи је приход топлоте на површини земљишта мањи од њеног расхода, тако да постоји негативан радијацијски баланс. Најнегативнији радијацијски баланс је пред сам излазак Сунца када је површина земљишта отпустила сву, током дана апсорбовану енергију, и то у површинске слојеве ваздуха и дубље слојеве земљишта. По правилу, највећа акумулација топлоте од стране активне површине је између 12 и 14^h , док је највећи губитак топлоте пред излазак Сунца када је активна површина најхладнија. У том периоду, дубљи слојеви земљишта су топлији од његове површине јер је процес примања и одавања топлоте у дубље слојеве земљишта постепен.

Осим дневних, постоје и сезонска колебања температуре земљишта. На умереним географским ширинама најниже температуре су у јануару и фебруару, а највише у јулу и августу. Ова годишња колебања температуре преносе се и у дубље слојеве замљишта, али су са порастом дубине све мања. Она на половима престају на дубинама већим од 25 m, у умереним областима на дубинама већим од 15 до 20 m, а у тропским областима на дубинама већим од 5 до 10 m (Јанковић, 1990).

Радијацијски баланс земљишта зависи не само од географске ширине, надморске висине и доба године, него и од физичких особина земљишта, структуре његове површине, експозиције, падавина, влажности, ветрова и вегетације. На пример, интензивније се загревају земљишта хоризонталних и јужних падина у односу на земљишта стрмих и северно експонираних падина. Исто тако, више се загревају тамнија у односу на светлија земљишта. Влажна земљишта су на површини хладнија од сувих јер испаравање воде захтева потрошњу енергије, али се у влажним земљиштима топлота преноси на веће дубине пошто је вода добар проводник топлоте.

Температура ваздуха је попут температуре земљишта, од изузетног значаја за опстанак организама, брзину и ток многих физиолошких процеса. Ваздух се незнатно загрева непосредним деловањем сунчевог зрачења, и углавном се загрева на рачун топлоте коју израчују топле активне површине. Као и у земљишту, тако су и у ваздуху присутна дневна колебања температуре, нарочито изражена у приземним слојевима. Дневни ток температуре ваздуха достиже максимум у подневним сатима (13 – 14^h), а пада на минимум пред сам излазак сунца. Разлика између највише и најниже температуре ваздуха означава се као **дневна амплитуда температуре ваздуха.**

Она зависи од географске ширине, надморске висине, годишњих доба, рељефа, врсте активне површине итд. У просечним вредностима, температура ваздуха на сваки степен географске ширине, као и на сваких 100 m надморске висине, опада за 0,5°C.

Вегетација, нарочито шумска, знатно утиче на температуру станишта. Она ублажава екстремне температуре јер лишће има способност да делом апсорбује, а делом рефлектује сунчево зрачење. Процентуални однос између апсорбоване и рефлектоване (одбијене) светлости означава се као **албедо**. Он варира код различитих биљака у зависности од тога каква је структура листова. Листови који су прекривени белим длакама, одбијају много већу количину сунчевог зрачења, нарочито у области видљивог и инфрацрвеног дела спектра. У неким случајевима шумска вегетација може да одбије до 18% видљивог и до 44% инфрацрвеног дела спектра (Стевановић & Јанковић, 2001). Вегетација ублажава високе температуре и тиме што транспирише велику количину водене паре. Током овог процеса троши се топлотна енергија чиме се ублажавају ефекти високих температура.

Еколошки типови биљака у односу на температуру

Температура, односно, топлота, има велики значај за читав живи свет. За сваки физиолошки процес у организмима, могу се разликовати три основне кардиналне температурне тачке:

- температурни минимум испод кога се одређени физиолошки процес прекида;
- температурни оптимум при коме одређени физиолошки процес тече најповољније;
- температурни максимум изнад кога се одређени физиолошки процес такође прекида.

У односу на кардиналне температурне тачке и укупну прилагођеност термичком режиму станишта, све биљне врсте деле се на:

- **термофилне**, врсте које су прилагођене високим температурама;
- **фригорифилне**, врсте које су прилагођене ниским температурама.

У односу на прилагођеност колебањима температуре, биљке се деле на:

- **еуритермне**, прилагођене већим колебањима температуре;
- **стенотермне**, прилагођене уједначеним температурама.

Код биљака, под утицајем високих температура долази до поремећаја унутарћелијског метаболизма, до интензивирања процеса разлагања и слабљења процеса синтезе, до нагомилавања штетних продуката метаболизма, нарочито амонијака, што на крају доводи до угинућа ћелија услед тровања. Основни механизми које биљке развијају у борби против високих температура су појачана транспирација која поспешује проток воде кроз биљку и њено хлађење, дебео плутин омотач који служи као ефикасан изолатор стабала, појава белог длакавог омотача који одбија светлост са површине листова, повећање вискозности и осмотског притиска цитоплазме чиме се спречавају прекомерни губици воде из ћелија.

Под утицајем ниских температура код биљака се успорава или сасвим прекида фотосинтеза и укупни промет материја. На негативним температурама код великог броја биљака долази до образовања леда у интерцелуларима. Кристали леда извлаче воду из цитоплазме, оштећују ћелијске зидове и доводе до угинућа ћелија. Ниске температуре изазивају и сушење биљака, и то онда када је вода у подлози замрзнута. Биљке тада не могу да апсорбују воду кореновим системом, и не могу да надокнаде губитке истранспирисане воде. Због тога у умереним и хладним областима до изражаја долази улога снежног покривача који прекрива биљке и спречава да дође до већих губитака унутарћелијске воде. Како би повећале отпорност према ниским температурама, биљке повећавају количину шећера, масти, антоцијана или соли у цитоплазми. На тај начин повећавају осмотски притисак ћелијског сока, спречавају коагулацију цитоплазме и стварање кристала леда. Такође, оне јачим осмотским силама везују молекуле воде за ћелијске структуре и отежавају њихово одавање у спољашњу средину.

Еколошки типови животиња у односу на температуру

Животињске врсте се попут биљних врста, на основу прилагођености одређеним температурама и температурним колебањима деле на **еуритермне** и **стенотермне**. Међутим, за разлику од биљака које припадају искључиво појкилотермним организмима, код животиња постоје два основна еколошка типа организама у односу на размену топлоте са спољашњом средином – **појкилотермни** и **хомојотермни**.

Појкилотермне животиње услед одсуства унутрашње терморегулације имају непостојану температуру тела која се мења сагласно променама температуре станишта, и увек је блиска њој. Интензитет метаболизма ових животиња расте или опада са променама спољашње температуре, тако да се њихов активан живот заустављa испод или изнад одређене температурне границе. Појкилотермне животиње су сви бескичмењаци, рибе, водоземци и гмизавци.

Хомојотермне животиње имају способност одржавања константне температуре тела независне од колебања температуре на станишту. Захваљујући хомојотермији ове животиње стекле су способност широког географског распростирања у свим климатским областима. Хомојотермне животиње су птице и сисари који и при екстремно ниским температурама углавном успевају да одрже своју телесну температуру. На пример, поларне птице са телесном температуром од + 40°C, активне су и на спољашњим температурама од – 40°C.

Физиолошки механизам терморегулације код хомојотермних животиња почива на способности производње и контролисаног одавања телесне топлоте. Ово се постиже путем хемијске терморегулације (повећавањем или смањивањем интензитета оксидације), као и путем јачег или слабијег одавања топлоте физичком терморегулацијом (испаравање путем знојења и дисања, површински крвоток, слој сала, перјан или длакав омотач). Међутим, када је изложеност организама ниским или високим температурама исувише дуга, и када дође до термоенергетског замора, хомојотерми упадају у стање хипотермије, односно, постепеног прогресивног смањења животних процеса.

Поред поделе животињских организама на појкилотермне и хомојотермне, све је чешћа подела на **ектотерме, ендотерме** и **хетеротерме**.

Ектотерми су животиње које се ослањају на топлоту из спољашње средине (одговарају појкилотермима).

Ендотерми су животиње које производе сопствену топлоту (одговарају хомојотермима).

Хетеротерми су животиње које производе сопствену топлоту кад су активне, а кад су у фази мировања опада им метаболизам што доводи до пада њихове телесне температуре на температуру околине. Типичан пример су слепи мишеви.

Температура станишта пресудно утиче не само на метаболизам и животне активности животиња, него и на њихово понашање и распростирање. Како температура утиче на кретање животиња, илустративно говоре два примера. Црноморска скуша се повлачи кроз Босфор у Средоземно море чим температура Црног мора падне на + 10 до + 12°C (Galtzoff, 1924), док је кретање муве на температури од + 11°C слабо, на + 28°C постаје брзо, а на + 40,0°C прелази у раздраживо.

12.1.4. ВОДА КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Значај воде за живи свет

Вода је у пуном смислу речи извор живота. То је примарна средина у којој је настао живот и основни услов опстанка сваког организма, екосистема и биосфере у целини.

У живом свету вода има незаменљиву **градивну улогу** јер је најзаступљенија компонента сваке биљне и животињске ћелије. У зависности од типа ћелије, вода чини 65–85% њене масе. У ћелијама вода се углавном не налази у слободној форми, него се везује са макромолекулима цитоплазме, првенствено са беланчевинама, и гради сложене структуре, такозване **хидрофилне колоиде**. Цитоплазма је функционално активна само онда када се налази у облику хидрофилних колоида. Њена хидрофилно-колоидна структура обезбеђује постојање **тургора**, унутарћелијског притиска који омогућује очување облика, чврстине и функције ћелија и ткива. Што је већа количина воде везана за цитоплазматичне структуре, то је и тургор већи, а ћелија је метаболички активнија.

Вода има и **физиолошки** значај зато што усмерава и стабилизује све унутарћелијске биохемијске и физиолошке процесе. С обзиром да је већина ензима активна само када се налази у облику воденог раствора, од степена засићења ћелија водом зависи њихова активност, односно, ензиматска регулација укупног унутарћелијског метаболизма.

Значај воде огледа се и у процесу фотосинтезе која представља синтезу простих шећера из CO_2 и воде уз помоћ сунчеве енергије. У процесу фотосинтезе вода је основни давалац **водоника** и **растварач** атмосферског CO_2.

Без воде нема преноса како неорганских, тако и органских метерија што значи да вода има и **транспортну функцију**. Код биљака транспорт минералних материја из земљишта могућ је само у облику њиховог воденог раствора који струји кроз ксилемске проводне снопиће. Исто тако, органске материје синтетисане у фотосинтетичком ткиву, могу се допремити до органа за њихово депоновање само у облику воденог раствора који струји кроз флоемске проводне снопиће. Крв која струји крвотоком животиња, такође је водени раствор који ћелијама допрема потребне материје и гасове и одводи сувишне продукте ћелијског метаболизма.

Пошто је на различитим стаништима вода неједнако доступна, током еволуције су настајали организми са разноврсним адаптацијама на водни режим одређеног типа станишта. Њихово прилагођавање специфичној оводњености станишта резултирало је јединственим анатомско-морфолошким и еколошким решењима што се испољава кроз појаву различитих животних форми. То значи да вода има и **формативну улогу**. Пошто је неравномерно распоређена, вода има суштинску улогу и у распоређивању организама на Земљи, односно, има **дистрибутивну улогу**.

Распоред и кружење воде у биосфери

Вода прекрива око 3/4 или 70,8% површине Земље. Укупна запремина воде на нашој планети износи приближно 1.386 милијарди km^3. Од укупне количине воде, око 97,2% отпада на морску воду, око 2,8% на копнену воду, а свега 0,001% на атмосферску воду. Од 2,8% копнених вода, 1,8% налази се у облику глечерског или поларног леда, 0,9% у облику подземне и земљишне воде, а свега 0,02% у облику копнене површинске воде (потока, река, језера, бара, мочвара).

Без обзира где и у ком се стању налази, захваљујући енергији Сунца, вода у природи стално кружи. Њено кружење представља квантитативно најобимнији биогеохемијски циклус на Земљи. У фазним прелазима воде током њеног кружења, дешавају се следећи процеси:

- испаравање (прелазак воде у водену пару);
- кондензација (прелазак водене паре у воду – кишу, росу, маглу);
- сублимација (прелазак водене паре у лед – снег, иње, слану);
- мржњење или залеђивање (прелазак воде у лед – снег, град, иње, слану);
- топљење (прелазак леда у воду).

У глобалном циклусу кружења, вода испарава са површине океана и копнених водних тела, из земљишта и свих осталих водом прожетих површина. Овакав облик испаравања воде са физичких површина који подлеже законима физике, назива се **евапорација**. Велика количина воде испарава и из биљака преко кутикуле или стома. Испаравање воде из копнених биљака назива се **транспирација**. Овај процес подлеже не само физичким, него и физиолошким законитостима пошто се интензитет транспирације може регулисати физиолошко-анатомским механизмима појединих биљних ткива. Испаравање са површина на којима има и вегетације, назива се **евапотранспирација** јер представља испаравање воде како у процесу евапорације, тако и у процесу транспирације.

Вода која испарава одлази у атмосферу. Атмосферска водена пара се током хлађења кондензује, а видљиви продукти кондензације су сумаглице, магле и облаци. Из облака се даље излучују и обарају падавине у процесу **преципитације**. Највећи део падавинске воде обара се на површину океана, а само мањи део на копно. Од укупне количине атмосферске воде која доспе на копно, око 39% се одмах враћа у океане преко речних токова. Остатак бива апсорбован од стране земљишта у процесу **инфилтрације**. Део те воде задржава се као земљишна влага, а део понире у дубље слојеве земљишта и доспева до непропусних слојева стена. Ту образује издани чија вода извире на неком делу копна или на морском дну и поново се на крају враћа у океане.

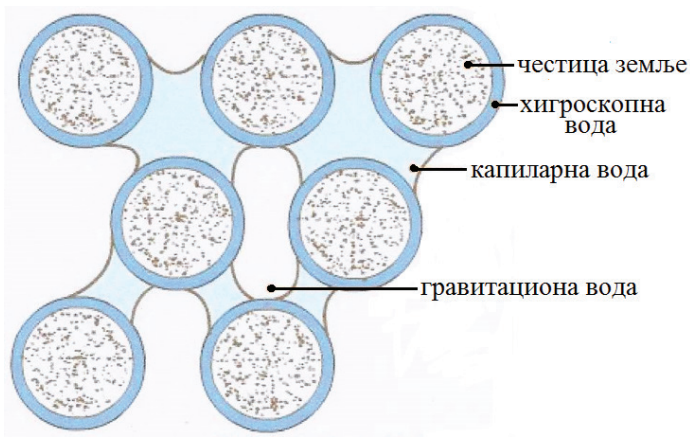
Сви хидролошки циклуси битно одређују климу појединих подручја. Климатске области у којима годишња количина падавина превазилази годишњи губитак воде испаравањем, означене су као **влажне (хумидне)**, док су климатске области у којима годишњи губици воде испаравањем надмашују укупну количину падавина, означене као **суве** (**аридне**) области. **Екстремно влажне (перхумидне)** области преко падавина добијају два пута више воде у односу на воду коју губе испаравањем, док **екстремно суве (пераридне)** области испаравањем губе два пута више воде у односу на воду која се обара у облику падавина. Дефицит (недостатак) влажности се осећа на близу 35% светског копна, док екстремна суша влада на 12% светског копна. У овим областима годишња сума падавина је испод 250 mm. За разлику од суше, екстремна влага је присутна на свега 3% светског копна.

Водни режим станишта

Водни режим станишта представља процес примања, промета, искоришћавања и одавања воде из земљишта и ваздуха на одређеном станишту. Он је одређен а) влажношћу земљишта и б) влажношћу ваздуха.

а) **Влажност земљишта** представља укупну количину воде у земљишту. Она зависи од количине падавина, интензитета понирања, контакта са подземним изданским водама и испаравања. Вода која доспе у земљиште може бити **доступна** и **недоступна** за коренов систем биљака. Доступна вода се јавља у облику гравитационе и капиларне, а недоступна вода у облику хигроскопне (Сл. 207).

Слика 207. Вода у земљишту



Гравитациона вода је она количина воде која је подложна дејству сила земљине теже јер испуњава веће или мање шупљине у земљи. Ова вода је биљкама лако доступна, али за веома кратко време. Пошто брзо понире у дубље слојеве земљишта, испод коренове зоне (зоне ризосфере), биљке морају брзо да је апсорбују својим кореновим системом. Уколико то не учине, остају без ње.

Капиларна вода испуњава узане земљишне капиларе. Она не подлеже сили гравитације јер се у капиларима држи силама површинског напона и адхезијом уз зидове капилара. Капиларна вода је доступна биљкама и представља за њих најзначајнију залиху воде. На 100 gr суве масе земљишта, капиларна вода у зависности од типа земљишта, може да чини 5-40% његовог састава. Најмања количина капиларне воде налази се у песковитом земљишту, а највећа у глиновитом и муљевитом земљишту.

Хигроскопна вода образује опну која је најприснije везана за површину земљишних честица силама молекуларног привлачења или адсорпције. Ова се вода за земљишне честице држи снагом која износи и до 1000 бара, па је биљкама апсолутно недоступна и остаје уз честице земљишта чак и онда када је земљиште ваздушно суво.

б) **Влажност ваздуха** одређена је количином водене паре која је у ваздух доспела процесом испаравања (евапотранспирације). У ваздуху увек постоји извесна количина водене паре која је првенствено условљена степеном испаравања, морским и ваздушним струјањима и температуром. Топлији ваздух има већи капацитет за примање водене паре. При опадању температуре ваздух у једном тренутку не може да задржи воду у облику водене паре, па се зато њен вишак излучује у виду воденог талога (кише, магле, росе, снега, града).

Влажност ваздуха има велики утицај на транспирацију. Између интензитета транспирације и влажности ваздуха постоји директна међузависност – што је ваздух сувљи, то је транспирација интензивнија, и обрнуто.

Количина и сезонска колебања влажности подлоге и ваздуха, одређују **водни режим станишта**. Он се на појединим стаништима може веома разликовати. Те разлике условљене су географском ширином, надморском висином, рељефом, односом копна и мора, али и локалним условима: експозицијом и нагибом терена, природом подлоге или врстом вегетације. На пример, стрмије и јужније падине сувље су од северних и заравњенијих, земљишта са вишим нивоом подземних вода имају у себи и веће водне резерве, земљишта са ситнијим капиларима задржавају веће количине капиларне воде итд.

Водна размена и водни биланс организама

Количину воде потребну за нормално одвијање процеса метаболизма, организми регулишу путем размене са спољашњом средином. Водна размена између организама и станишта представља део водног режима станишта и значајну карику у процесу кружења воде на Земљи.

Целокупан промет воде кроз биљку регулисан је њеним примањем, спровођењем и одавањем. Укупан однос између апсорбоване и расходоване воде означава се као **водни биланс**. У случајевима када транспирација воде премаши њену апсорпцију из подлоге, долази до водног дефицита. Када дође до **водног дефицита**, стоме на листовима биљака се затварају и транспирација се смањује на најмању могућу меру како не би дошло до сушења биљних ткива.

Животиње уносе воду на различите начине: пијењем, преко сочне хране богате водом, апсорпцијом воде или водене паре из ваздуха, унутрашњом оксидацијом резервних масти када се издваја метаболичка вода. Одавање воде из тела сувоземних животиња одвија се преко екскрета и знојних жлезда, испаравањем преко коже или респираторних органа.

Регулисање водног биланса представља посебну адаптацију копнених организама на живот у ваздушној средини. Код животиња испаравању воде са површине тела супротстављају се хитински и рожни слојеви, а код биљака воштани и кутикуларни слојеви који прекривају епидермално ткиво.

Еколошке групе биљака у односу на водни режим станишта

У односу на тактику преживљавања у условима различите оводњености станишта, биљке се деле на две основне еколошке групе: поикилохидричне и хомојохидричне.

Поикилохидричне биљке се одликују променљивом влажношћу свог тела која је условљена променама водног режима спољашње средине. Ове биљке су способне да воду упијају не само кореном (уколико га имају), него и целом својом површином. Са смањењем влаге на станишту, поикилохидричне биљке успоравају метаболичке активности и прелазе у стање мировања или **анабиозе**. Анабиоза је реверзибилан процес. Наиме, овај тип биљака у стању је да за дужи временски период преживи потпуну дехидратацију ткива, и да се за кратко време врати у активно стање што представља процес **ревивисценције** (оживљавања). Услов да ревивисценција отпочне јесте повећање влажности ваздуха или подлоге на станишту. Поикилохидричним биљкама припадају алге и лишајеви, бројне маховине, око 70 врста папрати и 60 врста цветница на читавој планети. Карактеристично је да се већина поикилохидричних цветница налази на јужној хемисфери, док се на северној хемисфери налази само њих пет. Од тих пет, две се налазе у Србији. То су две ендемореликтне врсте – српска рамонда (*Ramonda serbica*) и Наталијина рамонда (*Ramonda nathaliae*).

Хомојохидричне биљке се одликују релативно стабилном влажношћу свога тела које је условно независна од водног режима спољашње средине. Свакако, ова релативна независност се може одржати само до одређене границе. Екстремне промене оводњености станишта доводе до поремећаја водног режима и унутар ових биљака. Крајњи исход таквог поремећаја може бити сушење и угинуће биљке.

У свакој климатској зони налазе се разноврсна станишта која насељавају биљке са специфичним решењима проблема воде и влажности. У основи, могу се разликовати две велике еколошке групе биљака у односу на тип станишта које насељавају: **водене** (акватичне, хидрофите) и **копнене** (сувоземне, терестичне). Свака од ове две наведене групе има одређене проблеме које мора савладати како би опстала на свом станишту. Код водених биљака основни проблем није присуство воде јер је вода њихов животни медијум. Међутим, код њих се као основни проблем јавља отежано снабдевање потребним гасовима (O_2 и CO_2) и ослабљена светлост. Код копнених биљака основни проблем је одржавање позитивног водног биланса (односа између апсорбоване и истранспирисане воде) у променљивим условима спољашње средине.

У односу на еколошке прилагођености различитим условима оводњености станишта, могу се разликовати четири основна еколошка типа биљака: а) хидрофите, б) хигрофите, ц) мезофите и д) ксерофите.

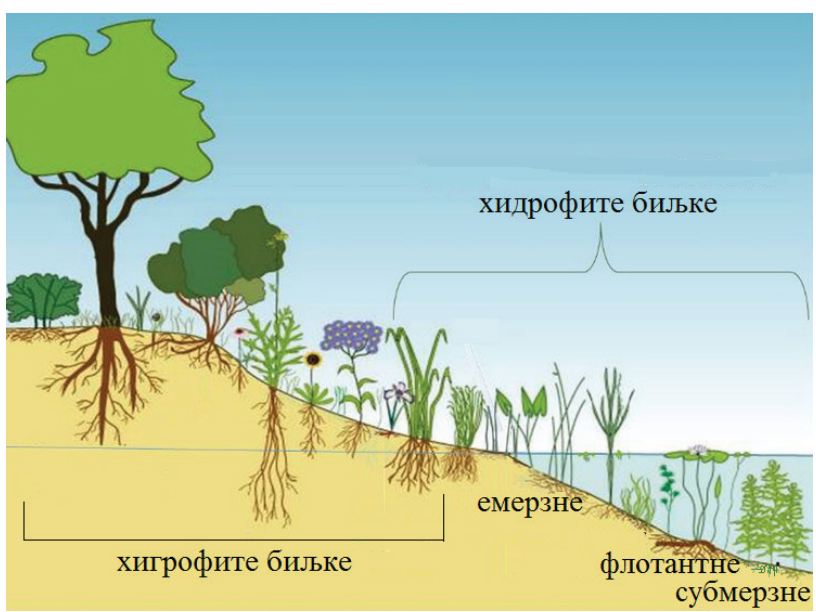
а) **Хидрофите** (водене биљке) представљају еколошку групу биљака које насељавају разноврсне водене басене: мора, реке, језера, мочваре, баре. У таксономском погледу, воденим биљкама припада највећи број алги и знатан број водених маховина, папрати и цветница. У оквиру ове еколошке групе, могу се разликовати субмерзне, флотантне и емерзне хидрофите.

Субмерзне хидрофите су биљке у потпуности потопљене у води. Код цветница које припадају овом еколошком типу, цветови увек штрче изнад воде чиме се обезбеђује опрашивање. Субмерзне биљке могу бити неукорењене (лебдеће) и укорењене. У неукорењене на пример, спадају водена ступица (*Aldrovanda vesiculosa*), мехурача (*Utricularia vulgaris*) и роголист (*Ceratophyllum demersum*), а у укорењене дрезга (*Myriophyllum verticillatum*), увијуша (*Vallisneria spiralis*), водена куга (*Elodea canadensis*)...

Флотантне хидрофите имају листове који плутају по површини воде и цветове који су увек изнад воде. И ова група се дели на неукорењене и укорењене биљке. Неукорењене имају коренов систем који слободно плива по води. Овакви водени коренови могу у својим епидермалним ћелијама садржати хлорофил, тако да обављају и фотосинтезу. Укорењене се причвршћују за муљевито дно и на тај се начин боље одржавају у воденој средини. Одликују се дугим тракастим стаблом које допире до површине воде и са кога полазе флотантни листови и цветови. Флотантне неукорењене хидрофите су на пример, сочивице (*Lemna minor, Lemna gibba*) и непачка (*Salvinia natans*), док су код нас познате флотантне укорењене хидрофите бели локвањ (*Nymphaea alba*), жути локвањ (*Nuphar luteum)*, водени орашак (*Trapa natans*) и друге врсте

Емерзне хидрофите другачије се називају амфибијске биљке пошто се налазе на граници између водене и ваздушне средине. Насељавају плитке воде, најчешће повремено плављени или плићи подводни појас приобалне зоне. С обзиром да расту у плитким водама, доњи делови емерзних биљака (корен, ризоми, доњи део стабла, доњи листови) налазе се у води, док се горњи делови стабла заједно са листовима и репродуктивним органима (цветовима, плодовима, спорама), налази изнад воде. Развој исте биљке у две различите средине, воденој и ваздушној, утицао је на појаву лисног полиморфизма код појединих врста. Код ових биљака листови доњег дела стабла које се налази у води, разликују се по облику, величини и грађи од листова који се налазе изнад воде. За разлику од ваздушних, водени листови су тракасти, разгранати или лепезасти. На тај начин, за потребе фотосинтезе повећана је њихова површина чиме се надокнађује слабија осветљеност. Такође, водени листови немају стоме, а размена гасова са воденом средином се обавља преко танкозидних епидермалних ћелија. На површини водених листова нема кутикуле, воска или длака, односно, свих оних творевима које у ваздушној средини спречавају прекомерну транспирацију. Овој еколошкој групи припадају водени љутић (*Ranunculus acrisaquatilis*), водена стрела (*Sagittaria sagittifolia*), трска (*Phragmites communis*), рогоз (*Typha angustifolia*), шеверика (*Scripus lacuster*) итд.

Слика 208. Еколошки типови хидрофита



б) **Хигрофите** су копнене биљке прилагођене великој влажности станишта. По својим еколошким особинама оне чине прелазну групу између хидрофита и мезофита. Основне морфолошке карактеристике хигрофитих биљака су крупни листови на којима се налазе такође крупне стоме. Да би се обезбедила јача транспирација у условима високе влажности ваздуха, стоме код ових биљака често су истурене и налазе се изнад површине епидермиса листова. Коренов систем, механичко и проводно ткиво су боље развијени него код хидрофита, али слабије развијени него код мезофита. Хигрофите се деле на шумске хигрофите и хигрофите влажних отворених станишта.

Шумске хигрофите живе у приземним спратовима тамних, густих и влажних шума у којима је приземни слој ваздуха засићен воденом паром. У нашим тамним шумама вирају се на пример, киселица (*Oxalis acetosella*) и миришљавац (*Adoxa moschatelina*).

Хигрофите влажних отворених станишта насељавају локалитете са веома влажним земљиштем. Обично се таква земљишта налазе у приобаљу водених басена или у депресијама са високим нивоом подземних вода. Међу овакве врсте спадају на пример, мочварна каљужица (*Caltha palustris*), или шиљата оштрица (*Carex gracilis*).

ц) **Мезофите** су копнене биљке прилагођене умереној влажности станишта. Могу бити типичне мезофите, хигромезофите или ксеромезофите.

Типичне мезофите су прилагођене стаништима са умереном влажношћу, температуром и светлошћу. Основне морфолошке одлике мезофитих биљака су умерено крупни листови, стоме нешто ситније и многобројније у односу на хигрофите врсте. На површини листова преко епидермиса налази се такође умерено развијена кутикула која спречава прекомерну транспирацију. Коренов систем, механичко и проводно ткиво су добро развијени, много боље него код хигрофитих, али слабије него код ксерофитих врста. Ова еколошка група обухвата велики број биљака нашег поднебља, како зељастих, тако и дрвенастих које припадају родовима букве (*Fagus*), храста (*Quercus*), липе (*Tilia*), јавора (*Acer*) итд.

Хигромезофите су прилагођене условима нешто влажнијих станишта и представљају прелазну групу између хигрофита и типичних мезофита.

Ксеромезофите су прилагођене условима нешто сувљих станишта и представљају прелазну групу између типичних мезофита и ксерофита.

д) **Ксерофите** су биљке повремено или стално сушних станишта. Недостатак воде у подлози обично прате снажна радијација и високе температуре на стаништима. Основне морфолошке карактеристике већине ксерофитих биљака су ситни, дебели и чврсти листови прекривени дебелим слојем кутикуле и воска или длакавим омотачем. Стоме су веома ситне, али је њихов број на јединици лисне површине много већи него код осталих група биљака. Оне су у односу на епидермис углавном увучене, односно, налазе се испод нивоа епидермиса. На тај начин се спречава прекомерна транспирација у условима екстремне суше. Ксерофите имају добро развијен коренов систем (површински, дубински или комбинован), и веома добро развијено механичко и проводно ткиво. Ова хетерогена еколошка група дели се на **дефанзивне ксерофите** и **офанзивне ксерофите**.

Дефанзивне ксерофите су биљке које избегавају сушу. Оне могу бити ефемерне ксерофите, поикилохидричне ксерофите, ксерофите које током сушног периода редукују транспирациону површину и хемиксерофите.

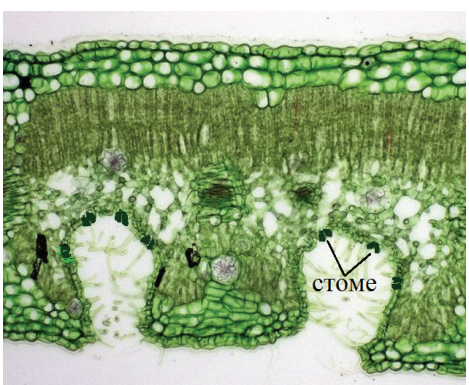
- **Ефемерне ксерофите** насељавају станишта на којима у краћем периоду године постоји релативно повољна влажност. Ове биљке се брзо развијају управо у том периоду, и за врло кратко време, пре него што почне јача суша, завршавају свој животни циклус. Типичне ефемерне ксерофите код нас су незаборавак (*Myosotis arenaria*), жива трава (*Erodium cicutarium*), врапчје семе (*Lithospermum arvense*)...
- **Поикилохидричне ксерофите** су биљке које сушни период године преживљавају испуштајући воду из својих ћелија и прелазећи у потпуно неактивно стање анабиозе. Међутим, њихова дехидратација не значи смрт, већ само повлачење пред сушом. Са повећањем влажности ваздуха или подлоге, оне се брзо опорављају, упијају и обнављају воду у свом организму, и успостављају пуну метаболичку активност. Типичне поикилохидричне ксерофите код нас су српска рамонда (*Ramonda serbica*) и Наталијина рамонда (*Ramonda nathaliae*).
- **Ксерофите које током сушног периода редукују транспирациону површину** су биљке које такође примењују дефанзивну тактику опстанка. Збацивањем лишћа на почетку сушног периода, ове биљке онемогућују веће губитке воде и успоравају свој метаболизам. То су углавном биљке које живе у сувим тропским и суптропским областима, на пример, дрво баобаб (*Adansonia digitata*) из афричких савана.
- **Хемиксерофите** су биљке са мезоморфном грађом, односно, са релативно нежним и крупним лишћем, али са дубоким кореновим системом који допире до подземних вода. Углавном насељавају суве степске, саванске и пустињске пределе као што је то случај са представницима рода пелина (*Artemisia* sp.).

Офанзивне ксерофите су биљке које се морфолошким и физиолошким адаптацијама активно боре против суше и високих температура током читавог сушног периода. Деле се на склерофите, сукулентне ксерофите, афилне ксерофите, психрофите и криофите.

- **Склерофите** представљају групу типичних ксерофита са површинским или дубинским кореном који је прилагођен енергичном упијању воде из подлоге. Надземни делови ових биљака прилагођени су високим температурама и недостатку воде. Склерофите се деле на вечнозелене склерофите, листопадне склерофите, стипаксерофите и афилне ксерофите.

  Вечнозелене склерофите имају ситније и дебеле листове са вишеслојним сунђерастим паренхимом и разгранатом нерватуром. На листовима се налазе ситне увучене стоме и дебео кутикуларни, воштан или длакав омотач. Ове биљке су карактеристичне за област Медитерана и тропских савана. Код појединих врста какав је олеандер (*Nerium oleander*), стоме су ситне и увучене у посебне коморице на наличју листа (Сл. 209). На тај начин спречава се прекомерна транспирација у време највеће жеге. Типични представници су маслина (*Olea europaea*), храст црника (*Quercus ilex*), рузмарин (*Rosmarinus officinalis*)...

Слика 209. Пресек кроз лист олеандера



Слика 210. Пресек кроз лист ковиља



Листопадне склерофите имају лишће које траје једну вегетацијску сезону. Припадају им биљке медитеранских, степских, пустињских, тропских и суптропских области, као и биљке које се развијају на сушним и полусушним стаништима умерене зоне. Типични представници су жалфија (*Salvia* sp.), мајчина душица (*Thymus* sp.), храст медунац (*Quercus pubescens*)...

Стипаксерофите су траве чије се лишће за време суше цевасто увија и гради творевине у облику шупљих цевчица (Сл. 210). Страна листа на којој се налазе стоме је таласаста и током увијања налази се у унутрашњости цевчице. На тај начин стоме су заштићене од директног сунчевог зрачења чиме се спречава прекомерна транспирација. Ове биљке карактеристичне су за сушне степске пределе, а типични представници су неке врсте ковиља (*Stipa penata, Stipa capillata*).

Афилне ксерофите су жбунасте форме биљака код којих је дошло до редукције листова ради спречавања прекомерне транспирације, а улогу фотосинтетичог органа преузело је зелено стабло. Ова еколошка група карактеристична је за медитеранску област. Типичне врсте су жуква (*Spartium junceum*) и ефедра (*Ephedra sinica*).

- **Сукулентне ксерофите** су кактусолике офанзивне ксерофите које се одликују сочном, сукулентном грађом. Листови и стабла су волуминозни, по облику лоптасти, купасти или ваљкасти што смањује површину у односу на запремину. На тај начин се редукује транспирација. Код многих врста листови су преображени у трнове. Углавном насељавају пустиње централне Америке и јужне Африке. У односу на то у ком органу складиште воду, деле се на стаблове (кактуси, млечике), лиснате (чуваркуће, алоје, агаве) и коренске сукуленте (неки представници фамилија штитара – *Apiaceae* и зимзеленовки –*Asclepidiaceae*).
- **Психрофите** и **криофите** су биљке које су структурно и функционално прилагођене суши, али другачијег карактера.

Психрофите су прилагођене физиолошкој суши хладних области какве су тундре, тајге или високе планине где у подлози има воде, али је због веома ниских температура та вода у одређеном периоду године обично залеђена, па корен не може да је апсорбује. Обично су то ниске жбунасте врсте са ситним кожастим листићима. Типични представници ове еколошке групе су црњуша (*Erica carnea*), црна махуница (*Empetrum nigrum*), боровница (*Vaccinium uliginosum*)... Овој групи припадају и поједини четинари.

Криофите као и психрофите, живе у хладним областима, али на оним стаништима где постоји стварна физичка суша. Обично су то делови тундре и високопланинске области. Типични представници ове групе су тророга сита (*Juncus trifidus*), тврдача (*Nardus stricta*), власуља (*Festuca supina*)....

Еколошке групе животиња у односу на водни режим станишта

Код животиња, као и код биљака, постоји разлика и у односу на степен толеранције на губитке воде из организма. Оне се такође деле на две групе организама поикилохидричне и хомојохидричне животиње.

Поикилохидричне животиње могу да издрже и преживе веће губитке воде из организма. Показало се да кишна глиста без озбиљнијих последица може изгубити до 62%, а пужеви голаћи од 65 до 80% воде у односу на своју телесну тежину. Неке ротаторије могу да изгубе готово сву воду и да прећу у стање анабиозе које може трајати више година (Станковић, 1961).

Хомојохидричне животиње су у односу на **поикилохидричне**, знатно осетљивије на губитак воде из тела. Сисари на пример, могу током гладовања изгубити готово сву резерву масти и близу половине резерви беланчевина, без опасности по живот. Међутим, губитак од 15 до 20% воде код њих изазива тешке поремећаје или смрт.

У односу на водни режим станишта, животиње се такође могу поделити на два основна еколошка типа: водене (хидрофилне) и копнене (хигрофилне, мезофилне и ксерофилне).

Хидрофилне животињске врсте живе у води којој су анатомски, морфолошки и физиолошки прилагођени. Водене животиње су бројни бескичмењаци, а од кичмењака преовлађују рибе.

Хигрофилне животињске врсте срећу се у областима са високом влажношћу ваздуха. Код ових врста заштита од испаравања је неефикасна тако да не могу опстати на сушним стаништима. У ову групу животиња спадају пре свега, водоземци.

Мезофилне животињске врсте представљају прелазну групу између ксерофилних и хигрофилних. Овој групи припада највећи број животиња.

Ксерофилне животињске врсте сусрећу се у сушним областима са мало влаге у ваздуху. Њихов основни проблем је задржавање воде у телу што је постигнуто различитим анатомско-физиолошким прилагођеностима. На пример, инсекти се од прекомерног испаравања воде штите непропу-стљивим хитинским омотачем у чијој грађи учествује и танак слој воска. Гмизавци, птице и сисари у покожици имају рожни слој и готово да немају знојне жлезде. Ксерофилне врсте пужева заштићене су од прекомерних водних губитака љуштуром чији се отвор може затворити чврстим секретом. Многи ксерофилни становници пустиња спашавају се од великих водних губитака закопавањем у песак и вођењем ноћног начина живота. Неке ксерофилне врсте избегавају велике губитке воде и преласком у стање мировања у време највеће суше.

13.1.4. ВАЗДУХ И ВЕТАР КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Ваздух представља механичку смешу гасова која обавија Земљу стварајући њену атмосферу. Хемијски састав и основне физичке одлике (густина, притисак, температура) ваздуха мењају се дуж висинских слојева атмосфере. Основни слојеви атмосфере су тропосфера, стратосфера, мезосфера, јоносфера и егзосфера. Прелазне зоне између ових слојева су тропопауза, стратопауза и мезопауза.

Тропосфера се простире до висине од око 8 km изнад полова, односно око 18 km изнад екватора. То је најгушћи део атмосфере који обилује воденом паром, у коме се образују облаци и догађају све временске промене. У овом слоју температура опада са висином и на горњој граници износи од – 55^{0}C до – 80°C.

Стратосфера се простире до висине од око 50 km изнад Земље. У њој се налази озонски омотач који допире до висине од 50 km, али је обично најгушћи на висини од 20 до 25 km. Озон (O_3) апсорбује око 90% ултраљубичастог зрачења и на тај начин штити живи свет планете од његовог негативног дејства. У стратосфери је мало водене паре, тако да се не образују прави, него танки седефасти облаци састављени од ситних капи водене паре и кристала леда. У вишим слојевима стратосфере температура расте.

Мезосфера допире до висине од око 85 km. У доњим слојевима мезосфере температура износи око 0°C, док у горњим слојевима пада на око – 90°C. У овом слоју атмосфере јављају се веома јаки ветрови и турбуленције.

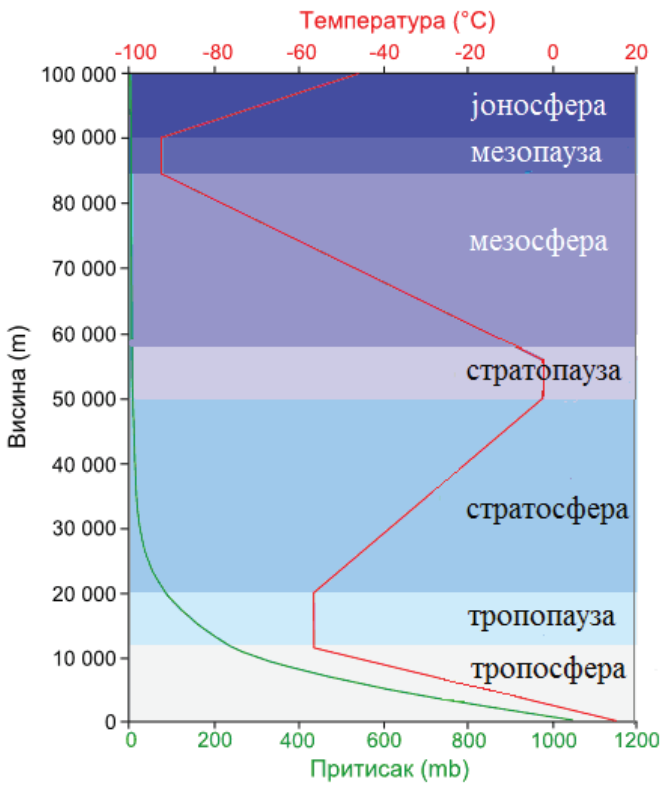
Јоносфера обухвата слој атмосфере на висини од 85 km до око 600 km. У јоносфери је велика концентрација јона који настају деловањем сунчеве радијације на неутралне атоме. Наелектрисане космичке честице и јони ове сфере савијају се лучно под дејством земљиног магнетног поља и стварају поларну светлост и магнетне буре. Температура у јоносфери достиже и до више стотина степени.

Егзосфера је периферни слој атмосфере који се простире на висини од 600 до 3.000 km. Веома је ретка и састављена углавном од атома водоника и хелијума. Температура егзосфере износи и до +1.500°C.

Изнад атмосфере налази се **геокорона** у којој има ретких јона водоника. Геокорона досеже до висине од 20.000 km и представља прелазну зону између Земље и космоса.

У приземном слоју атмосфере (тропосфери) ваздух је најгушћи. Састав тропосфере је релативно стабилан. Граде је азот (78%), кисеоник (21%), аргон (0,93%), угљен-диоксид (0,03%), као и незнатне количине других гасова (водоник, метан, неон, криптон, ксенон, хелијум). Поред ових основних гасова, у састав механичке смеше ваздуха улазе и водена пара, честице аеросола (прашина, пепео, чађ, соли, бактерије, споре), молекули разноврсних биљних етеричних уља и молекули које испуштају животињски организми успостављајући међу собом специфичан систем комуникације (феромони).

Слика 211. Слојеви атмосфере



Глобални еколошки значај ваздуха огледа се у томе што он спречава велика дневна и сезонска колебања температуре, што ублажава укупно сунчево зрачење, смањује штетно деловање ултраљубичастог зрачења, омогућава стварање и кретање облака и појаву падавина. Оваквим ефектима ваздушни омотач штити све организме на Земљи и омогућава им опстанак.

Директни утицаји ваздуха испољавају се преко његових физичких и хемијских особина које утичу на организме. Пре свега, атмосферски кисеоник је неопходан за дисање, а атмосферски угљен-диоксид за фотосинтезу. Азот је неопходан за синтезу беланчевина, али га биљке не могу апсорбовати у елементарном стању. Због тога оне ступају у различите односе симбиозе са земљишним микроорганизмима који живе у њиховим коренским кржицама и способни су да атмосферски азот претворе у азотна једињења (нитрите, нитрате и амонијак), која даље предају биљкама.

Поред хемијског састава ваздуха, његове физичке особине (густина, притисак, температура, влажност, струјања), такође имају значајног удела у прилагођавању и разноликости појава и процеса у живом свету. Ваздух непрестано струји у вертикалном и хоризонталном правцу због чега постоји сложен систем опште циркулације атмосфере. Хоризонтална струјања ваздушних маса од области вишег према областима нижег ваздушног притиска, називају се **ветрови**. Код биљака ветрови утичу на јачање процеса транспирације тако да биљке изложене сталним ветровима имају ксероморфну грађу листова којом се супротстављају прекомерним губицима своје унутрћелијске воде. Такође, на ветровитим стаништима биљке имају полеглу, патуљасту или јастучасту форму и еластична, специфично распоређена механичка ткива. На отвореним местима где ветар има увек одређен правац и сталан карактер, круне стабала имају форму заставе која се испољава у њиховом асиметричном изгледу. Ветар има веома значајну улогу и у преношењу полена, семена и плодова. Разношење полена ветром назива се **анемофилија**, док се разношење семена и плодова ветром назива **анемохорија**. Користећи ветар за продужетак врсте и ширење ареала, анемофилне и анемохорне биљке стекле су најразличитије оригиналне прилагођености како би се полен и семење пренели на што већу удаљеност. Због тога, у природи се често виђају плодови и семена са криластим, длакавим или падобранастим израштајима.

У животињском свету многи ситни организми користе ветар за кретање и расељавање. Птице добри летачи одржавају се сатима у ваздуху ношене енергијом ветра, док инсекти као слабији летачи углавном обустављају лет на јачем ветру и беже у заклоне. Из овог разлога, у областима са сталним и јаким ветровима, као и на мањим острвима са којих могу бити лако одуване, летачке врсте инсеката су малобројне. Међутим, постоје и инсекти као што су пустињски скакавци који користе енергију ветра за велике миграције.

Дејство ваздуха на организме може бити и **индиректно** када утиче на промену других еколошких фактора као што су влажност, светлост или рељеф. На многим подручјима изложеним јаким ветровима интензивна је **еолска ерозија** која представља процес одношења песка и земљишта. Еолској ерозији нарочито су изложена подручја без бујнијег вегетацијског покривача. Јаки ветрови изазивају и **еолску акумулацију**, односно таложење донетог песка и земљишта. Типичан облик акумулације у еолском процесу јесте морфолошка структура који се назива **дина**. На оваквим подручјима живе ретке и веома специфичне биљне и животињске врсте које су се на оригиналне начине прилагодиле животу на нестабилној подлози избегавајући одувавање или затрпавање.

На различитим деловима Земље дувају стални, периодични или локални ветрови.

Стални ветрови непрекидно дувају преко површине Земље због чега се називају и планетарни. Они учествују у општој циркулацији атмосфере, а настају због разлика у сталним пољима високог и ниског ваздушног притиска. У ове ветрове спадају пасати, антипасати, западни ветрови и источни или поларни ветрови.

Пасати су приземни ветрови који дувају у слоју тропосфере до висиине од 2.000 m. Долазе из суптропских области високог ваздушног притиска и дувају према екватору. Због земљине ротације скрећу ка западу и добијају североисточни правац на северној полулопти, односно, југоисточни правац на јужној полулопти. **Антипасати** су високи ветрови који дувају изнад пасата, и то од екватора према суптропским областима. Због земљине ротације скрећу према истоку, и на тај начин постају југозападни, односно северозападни ветрови. **Западни ветрови** дувају између 40° и 65° географске ширине. Долазе из суптропских подручја и скрећу ка истоку, односно, добијају западни правац кретања. Јачи су на већим географским ширинама и изразитији су зими него лети. **Поларни ветрови** струје из поларних области и скрећу ка западу.

Периодични ветрови мењају правац у зависности од годишњих доба, а настају због сезонских или дневно-ноћних промена притиска изазваних неједнаким загревањем појединих површина. У ове ветрове спадају дневни ветрови и монсуни. **Дневни ветрови** су на пример, даник, ноћник, долински ветар и горски ветар. **Монсуни** су периодични ветрови који су карактеристични за јужну и југоисточну Азију. Зимски монсуни су суви ветрови који од септембра до марта дувају са копна према мору. Летњи монсуни су влажни ветрови који од јуна до септембра дувају с мора према копну и на копно доносе падавине.

Локални ветрови су карактеристични за одређене области на Земљи, а настају под утицајем локалних природних услова. Обично имају исти правац и изазивају исте промене времена. У локалне ветрове спадају кошава, бура, југо, фен, маестрал, торнадо, тајфун, ураган итд. **Кошава** је југоисточни и источни ветар који дува у североисточним деловима Србије. Настаје када изнад Румуније и Украјине влада висок ваздушни притисак, а изнад Јадранског мора и западног Средоземља низак ваздушни притисак. Обично дува током јесени и зиме и као сув ветар доноси лепо време. **Југо** је је топао и влажан ветар који полази из северне Африке, прелази преко Средоземног мора и доноси облачно и кишовито време дуж јадранске обале, а на мору подиже високе таласе. **Бура** је јак и сув ветар који дува углавном у хладније доба године. Настаје кад се хладан ваздух са копненог залеђа спушта низ планинске косе према мору подижући таласе. Овај ветар се јавља дуж источне обале Јадранског мора, североисточне обале Црног мора, дуж обала Нове Земље на Арктику, у Персијском заливу и другим областима. **Торнадо** је веома снажан ваздушни вртлог у облику левка који носи све пред собом. Настаје када нестабилна, топла и влажна приземна ваздушна маса почне брзо да се пење према хладној ваздушној маси која се налази на већим висинама. **Тајфун** је врста тропске олује која је типична за северозападни део Тихог океана. Најчешће се јавља током лета и јесени доносећи велике количине падавина. **Ураган** је снажан тропски летњи ветар која се формира у Мексичком заливу и креће се према југоисточним деловима САД и Карибима.

Доносећи или односећи влагу са појединих делова копна у одређеним периодима године, сви ови ветрови значајно утичу на просторни распоред појединих еколошких типова биљака и животиња, као и на периоде појединих животних активности органских врста.

12.1.5. ЕДАФСКИ ФАКТОРИ

Едафски фактори спадају у абиотичке еколошке факторе. Они обухватају физичке, хемијске и биолошке особине земљишта, као и особине стена на којима се земљиште развија. Стене које граде литосферу могу бити магматске, седиментне и метаморфне.

Магматске стене су најстарије стенске масе које су настале хлађењем магме. У магматске стене спадају гранит, базалт, габро и перидотити.

Седиментне стене представљају млађе творевине литосфере које су настале слепљивањем и збијањем здробљених стена и минерала са остацима живог света. Типичне седиментне стене су кречњак, доломит и пешчар.

Метаморфне стене су постале од магматских и седиментних стена на већим дубинама под утицајем високих температура и притиска током крупних геотектонских померања делова литосфере. У метаморфне стене спадају мермер, серпентинит, гнајс, шкриљци, филити итд.

Формирање земљишта

Земљиште (педолошки покривач) представља танак површински слој литосфере који се одликује плодношћу. Оно се образује током дуготрајног распадања стена, сложених хемијских процеса разградње минерала и узајамног деловања климатских и биотичких фактора. Земљиште је дакле, природна творевина сложеног и променљивог састава, посебних физичко-хемијских и биолошких одлика. Земљишни слој гради педосферу (гр. *pedon* – земљиште) која се може издвојити и као посебна животна средина за разноврсне земљишне (терестичне) организме. Током еволуције земљишта од растресите масе распаднутих стена ствара се предземљиште, а потом младо, па зрело земљиште. Овај процес дели се на одређене фазе.

1) Процес постепеног распадања матичне стене и стварања растреситог комплекса под дејством физичких и хемијских фактора

До распадања стена долази услед њиховог цикличног дневно-ноћног загревања и хлађења што изазива повећање и смањење запремине површинског слоја. Временом се на површини стварају ситни капилари у које улази вода. Она потпомаже ширење капилара, нарочито када при ниским температурама прелази у лед који повећава своју запремину за 9%. Лед врши притисак у унутрашњости стенске масе и додатно изазива њено разарање. Дакле, распадање стена започиње термичким и физичким процесима. Следи хемијско распадање које започиње интензивирањем

хемијских реакција између минерала, воде, гасова и угљене киселине. Хемијско распадање ствара растреситу стенску масу која добија својства везаности и капиларности. Такође, присуство ситних честица које везују молекуле воде за себе и реагују са воденим раствором различитих соли, ствара у овом младом земљишту услове колоидне средине у којој се одвијају процеси адсорпције, односно, селективног везивања јона за површину колоидних честица.

2) Процес концентрације органских супстанци

У каснијим фазама развоја, земљиште се обогаћује органским материјама које се акумулирају у процесу распадања и минерализације изумрлих организама. За овај процес нарочито су заслужни земљишни хетеротрофни организми (бактерије и гљиве) који енергију за живот добијају разлагањем органских материја и њиховом потпуном минерализацијом. У овом процесу од распаднутих делова биљака и животиња настаје хумус као органско-колоидни комплекс који представља основу плодности земљишта.

3) Процес миграције растворених честица и колоида

Овај процес доводи до издвајања земљишних хоризоната (слојева) при чему се због протока атмосферске воде, дубљи хоризонти обогаћују, а плићи осиромашују у минералним материјама. На вертикалном профилу земљишта могуће је уочити бар три структурна слоја – горњи, средњи и доњи хоризонт. **Горњи хоризонт** је површински слој земљишта у коме се врши нагомилавање и разградња угинулих биљних и животињских остатака као и испирање образованог хумуса и његово одношење у дубље хоризонте. **Средњи** или **прелазни хоризонт** је слој у коме се врши нагомилавање испраног материјала из горњих слојева. **Доњи хоризонт** или мртвица представља мало измењен или неизмењен слој геолошке подлоге. У њему нема довољно минералних материја доступних биљкама. Сваки од ова три хоризонта се састоји од већег броја подхоризоната.

Својства земљишта у великој мери зависе од природе матичне стене чијим је распадањем дошло до формирања примарног земљишта. На пример, од стена тежег механичког састава формирају се глиновита земљишта, а од стена лакшег механичког састава формирају се песковита земљишта. На образовање земљишта и његове физичко-хемијске одлике, поред природе матичне стене, утичу и други еколошки фактори – рељеф, вегетација, клима и човек.

Рељеф значајно утиче на распоред топлоте и влаге, па самим тим и на процес образовања земљишта, његов распоред и састав. У хладнијим и влажнијим депресијама земљиште је другачијег карактера у односу на земљиште сувих и осунчаних падина. Такође, на равним површинама земљиште је компактније и боље развијено због слабије изражености процеса ерозије.

Клима такође има велики утицај на земљиште, нарочито падавине, температура и ветрови. Довољна количина воде као растварача и градивног састојка земљишта, као и већа количина топлоте, убрзавају физичко-хемијске процесе и доприносе бржем развоју земљишта. Истовремено, у зависности од правца, јачине и учесталости ветра, на појединим локалитетима долази до расејавања или таложења земљишних честица.

Вегетација на образовање земљишта утиче вишеструко. Коренов систем биљака дроби матичне стене физичким, али и хемијским путем захваљујући коренским киселинама. Он истовремено попут биоарматуре везује земљиште и спречава његову ерозију, а попут биосунђера акумулише земљишну влагу. Распаднути делови биљака и животиња обогаћују земљиште хумусом, при чему карактер вегетације одређује и особине хумуса. Хумус ливадске вегетације богате легуминозама, засићен је азотом. Хумус лишћарских шума је умерено киселе реакције и брзо се разлаже, док је хумус четинарских шума веома киселе реакције и споро се разлаже.

Човек својим деловањем значајно утиче на структуру, састав и компактност земљишног покривача. Исушивање мочвара, наводњавање, сеча шума, механичка обрада земљишта, узгој пољопривредних монокултура, ђубрење, урбанизација и многе друге делатности, неповољно утичу на земљиште. Данас је око 40-50% земљишта уништено или деградирано антропогеним активностима, а ерозијом се односи 25 билиона тона земљишта годишње (Brown & Lomolino, 1998). Оваква стопа уништавања земљишног покривача у условима експоненцијалног раста људске популације којој је потребна храна, представља алармантну појаву, посебно ако се има у виду да је за формирање земљишног слоја од само 2,5 cm потребно од 300 до 1.000 година.

Саставне компоненте земљишта

Зрело земљиште састоји се из чврсте, течне и гасовите фазе. Најзаступљенија је чврста фаза која чини око 50% запремине земљишта. Састављена је од минералних (45%) и органских (5%) материја. Осталих 50% земљишта чине шупљине испуњене водом и гасовима. Запремина воде и гасова у земљишту је променљива и зависи од осталих еколошких фактора.

Минералне материје потичу од матичне стене. Оне граде скелет земљишта и могу се поделити на две групе, такозване фракције. Прва фракција обухвата нешто крупније честице – песак (преко 20 μm), муљ (2 – 20 μm), честице кварца, карбоната, силицијумових једињења итд. У овим су честицама минерали неизмењени и представљају резерве минералних једињења. Друга фракција обухвата веома ситне колоидне честице чији је пречник мањи од 2 μ. То су глине, различити минерали и примесе кварца. Глине представљају хидратисане силикате алуминијума са љуспастом структуром способне да адсорбују молекуле воде и различите јоне.

Органске материје у земљишту потичу од угинулих организама. Оне су у земљишту представљене са две фракције. Прву фракцију граде крупније честице које представљају органску резерву земљишта. Другу фракцију граде веома ситне колоидне честице означене као хумус и хумусне киселине. **Хумус** настаје активностима земљишних микроорганизама (бактерија и гљива) и представља непотпуно минерализоване органске остатке живих бића који земљишту дају основну особину – плодност. Његовим стварањем и нагомилавањем, земљиште обезбеђује резерву многих биогених елемената, као и осталих елемената повољних за развој биљака. Поред тога што земљишту даје плодност, хумус утиче и на његова друга повољна физичко-хемијско-биолошка својства – на његову мрвичасту структуру, на побољшање термичких, ваздушних и водних својстава, на отпорност према ерозији, на активирање раста биљака и земљишних организама.

Ваздух се у земљишту налази у земљишним шупљинама или растворен у земљишној води. Садржај ваздуха у земљишту исказује се његовом порозношћу. Порозност се изражава у процентима. За разлику од атмосферског, ваздух у земљишту одликује се неједнородношћу и брзом променом састава. Активност земљишних организама испољава се кроз ослобађање CO_2 и усвајању O_2, тако да је у земљишту увек мање O_2 и више CO_2 у односу на атмосферу. Што је количина CO_2 у земљишту већа, то значи да су биохемијске реакције и активност организама интензивнији. Када је у питању азот, његов проценат је приближно исти и у атмосфери, и у земљишту.

Вода се у земљишту налази као **хигроскопна, капиларна** и **гравитациона**. Хигроскопна вода се везује за колоидне честице земље великим осмотским силама, тако да је она статична и недоступна биљкама. Капиларна вода се налази у ситним капиларима везана капиларним силама, тако да не подлеже силама земљине теже, али је покретна и доступна биљкама. Гравитациона вода се налази у већим земљишним шупљинама и креће се под дејством земљине теже, тако да брзо понире у дубље слојеве.

Физичке и хемијске особине земљишта

Физичке и хемијске особине земљишта заједно са биолошким особинама, међусобно су условљене тако да је тешко повући границу између њих.

1) **Физичке особине земљишта** су механички састав (текстура), структура, порозност, шупљикавост, водни, ваздушни и топлотни режим, и боја.

Механички састав земљишта представља процентуални садржај честица различите величине. У земљишту се разликује више гранулометријских фракција: камење (10 – 7 mm), крупан, средњи и ситан шљунак (7 – 1 mm), крупан, средњи и ситан песак (1 – 0,05 mm), крупан, средњи и ситан прах (0,05 – 0,001 mm) и муљ (0,001 mm).

Структура земљишта указује на карактер спајања земљишних честица у одређене агрегате. Ова особина утиче на отпорност према ерозији, на аерацију и пропустљивост земљишта. Разликују се агрегати мањи од 0,25 mm и агрегати од 0,25 до 10 mm.

2) **Хемијске особине земљишта** су укупан хемијски састав, појединачан састав чврсте, течне и гасовите фазе земљишта, као и киселост земљишног раствора.

Хемијски састав земљишта представља резултат деловања матичне стене, атмосфере и организама. У земљишту се од елемената у највећој количини налазе кисеоник и силицијум, а затим алуминијум, гвожђе, калцијум, магнезијум и калијум. Ови се елементи јављају у облику једињења или у елементарном стању.

Киселост земљишта зависи од многих фактора. Земљишта могу бити кисела (pH < 7), неутрална (pH = 7) или базна (pH > 7). У киселим земљиштима базе су слабо заступљене, а јони калцијума су снажно везани у нерастворљиве соли. Због тога, у оваквим земљиштима постоји недостатак доступног калцијума. У базним земљиштима јони калцијума остају слободни у земљишном раствору, па их биљка може слободно користити.

Сходно могућностима прилагођавања различитим типовима земљишта у односу на њихову киселост, биљке се деле у три еколошке групе:

- **базофилне** (калциколне) су биљке прилагођене базичним реакцијама подлоге и присуству доступног калцијума;
- **ацидофилне** (калцифугне) су биљке прилагођене киселим реакцијама подлоге и одсуству доступног калцијума;
- **неутралне** (амфитолерантне) су биљке прилагођене слабокиселим, неутралним и слабобазичним реакцијама подлоге уколико им је калцијум доступан.

У односу на састав земљишта, постоје и други еколошки типови биљака. **Серпентинофилне** биљке насељавају земљишта на серпентинитима која су богата магнезијумом и неким тешким металима. **Металофилне** биљке насељавају земљишта изнад рудних наслага у којима је висок проценат цинка, бакра, арсена, олова и других минералних елемената. **Халофилне** биљке насељавају слана земљишта (слатине) у којима је висок садржај соли базичне реакције (NaCl, Na_2SO_4).

Типови земљишта

У односу на просторни распоред, земљишта могу бити зонална, азонална и интразонална.

Зонална земљишта су преовлађујућа земљишта у одређеним климатским зонама. Овим земљиштима на пример, припадају латерално земљиште које се развија у тропској и суптропској области, пустињско земљиште у пустињским областима, црвенице у суптропским областима, смеђе шумско земљиште у умереним областима, црнице у континенталним пределима умерене зоне, кисела сива шумска земљишта у хладним и влажним областима итд.

Азонална земљишта настају у одређеним климатским зонама, али онда када одређени биотички и абиотички фактори мењају услове за развој зоналног земљишта. Таква земљишта су на пример, регосоли на вулканском пепелу или пешчаним динама, литосоли на планинским стенама, рендзине на кречњачким стенама у планинским областима у условима влажне климе, дилувијална земљишта која настају од материјала транспортованог планинским потоцима, алувијална земљишта која настају у низијама од материјала транспортованог речним токовима.

Интразонална земљишта се развијају под условима локалних фактора који доминирају над зоналним утицајима. На пример, то су хидроморфна (веома влажна ритска, мочварна, тресетна земљишта) или халоморфна (слана) земљишта.

Живи свет земљишта

У земљишту и на земљишту живе многобројни и разноврсни организми за које је земљиште услов живота. Копнене биљке су за подлогу везане својим основним потребама за водом и хранљивим солима. За већину животињских организама подлога је супстрат на коме се крећу и налазе храну. Велики број животињских врста живи у земљишту које им пружа склониште и пребивалиште. Неке од њих у земљишту проводе читав живот, неке само део животног циклуса (јаја, ларве, лутке), неке ту зимују, неке се у њему склањају од летње жеге или зимског мраза. Сви ови земљишни организми граде земљишне екосистеме – **педобиоме**. У којој мери земљиште буја од живота, говори податак да 1 грам плодног пољопривредног земљишта може да садржи чак 2,5 милијарди бактерија, 400.000 гљива, 50.000 алги и 30.000 протозоа које у интеракцији међу собом и са својом средином повећавају плодност земљишта и поспешују пољопривредну производњу (Ehrlich & Ehrlich, 1970).

Земљишни организми могу се сврстати у макроорганизме (макрофлору и макрофауну) и микроорганизме (микрофлору и микрофауну).

Земљишну макрофлору чине подземни органи биљака – коренови, кртоле, луковице, ризоми. Ови органи чине највећу биомасу земљишта чијим се распадањем рециклирају материје битне за одржавање плодности земљишта.

Земљишну микрофлору чине бактерије, гљиве и алге. **Хетеротрофне бактерије** земљишта су азотофиксатори који везују азот и претварају га у нитрате и нитрите доступне биљкама, амонификсаторе који претварају беланчевине у амонијак, као и бактерије које разлажу целулозу. **Аутотрофне бактерије** користе енергију која се ослобађа оксидацијом минералних материја. Овој групи бактерија припадају нитрификсатори, сумпорне, гвожђевите, метанске и друге групе бактерија. Значај бактерија огледа се у томе што оне разлажу део органских материја, стварају хумус, разлажу сложена минерална једињења и везују азот из атмосфере чинећи их приступачним биљкама. **Гљиве** у земљишту утичу на структуру и стабилност земљишта, разлажу органске материје (шећер, скроб, хемицелулозу, целулозу, лигнин), обогаћују земљиште азотним једињењима и минералима у

процесу разлагања беланчевина и неорганских једињења, стварају резерве органске материје, синтетишу многе антибиотике. Углавном, разлагање органских материја до неорганских, започињу гљиве, а завршавају бактерије. Најчешће се у земљишту јављају сапробне гљиве које врше разлагање органских материја нападајући угинуле организме, као и симбиотске гљиве које живе у симбиози са другим организмима, првенствено са кореновима виших биљака. Ове гљиве фиксирају азот из атмосфере и претварају га у азотна једињења приступачна биљкама. **Алге** су аутотрофни фотосинтетички организми, тако да су распрострањене само у површинском слоју земљишта до којег допире светлост, и то на местима где је влажност велика. Готово све земљишне алге су једноћелијске или кончасте. Најзаступљеније су модрозелене, зелене и силикатне алге. Велика улога алги у земљишту огледа се у повећању његове органске масе, фиксирању азота и његових једињења, као и очувању минералних резерви земљишта с обзиром да алге значајни део минерала укључују у свој метаболизам.

Земљишну макрофауну чине различите, релативно крупне животиње које стално или повремено насељавају земљиште: глисте, пужеви, пауци, стоноге, рачићи, инсекти, глодари, бубоједи итд. Нормално растресито земљиште насељено је великим бројем животињских врста које живе у посебним еколошким условима и имају специфичне животне циклусе копајући ходнике и јазбине. На тај начин оне доприносе већој порозности и аерацији земљишта, његовом бољем дренирању и квалитетнијем саставу. На пример, земљиште које прође кроз цревни тракт кишне глисте садржи више органских материја, азота, амонијака, калцијума, магнезијума и фосфора.

Земљишну микрофауну углавном чине протозое и нематоде, ређе ротаторије. **Нематоде** се према начину исхране деле на нематоде које се хране органским материјама у распадању, нематоде које се хране другим нематодама, биљкама и бактеријама, као и на нематоде које продиру у корен виших биљака и ту преживљавају неке животне циклусе. Њихова функција у земљишту може бити различита, али све заједно доприносе повећању укупне плодности земљишта. **Протозое** се углавном хране бактеријама, тако да могу имати позитиван посредан утицај на више биљке уколико уништавају патогене бактерије. Уопштено, значај протозоа се огледа у побољшању општег квалитета земљишта, у регулисању бројности бактерија и у азотофиксацији.

12.1.6. ОРОГРАФСКИ ФАКТОРИ

Орографски фактори су абиотички еколошки фактори који обухватају карактеристике рељефа – однос копна и мора, степен разуђености рељефа, однос равница, долина и планинских венаца, надморску висину, нагиб терена, експозицију. Од ових фактора зависе локалне климатске прилике, као и могућност, брзина и правци ширења популација, величина и облик њиховог ареала, распоред и структура животних заједница.

12.1.7. ГЕОФИЗИЧКИ ФАКТОРИ

Геофизички фактори представљају утицаје који проистичу из различитих физичких природних појава на Земљи. Обухватају гравитацију, магнетизам и звуке.

Гравитација представља опште привлачење маса између тела које се испољава као сила земљине теже. Под дејством сила гравитације одвијају се одређена кретања организама и покрети растења. На пример, корен расте позитивно геотропно (у правцу деловања земљине теже), а стабло расте негативно геотропно (супротно од правца деловања земљине теже). Гравитација утиче на појаву плиме и осеке тако да значајно утиче и на животне циклусе приобалних организама.

Магнетизам је производ деловања магнетског поља Земље. Ово магнетско поље се понаша као магнетски дипол. Један пол налази се у близини северног Земљиног пола, а други у близини јужног пола. Замишљена линија која спаја магнетске полове заклапа са осом ротације Земље угао од 11,3°. Магнетске силе нарочито су изражене на Северном и Јужном полу, али утичу на све организме наше планете. Код појединих врста животиња, нарочито миграторних, магнетске силе утичу на оријентацију у простору, док код биљака магнетизам утиче на акумулацију одређених метала.

Звуци имају велики еколошки значај за све врсте животиња. По дефиницији, **звук** је механички талас фреквенције од 20 Hz до 20 kHz који се региструје чулима слуха. Звук настаје осциловањем извора звука који у непосредној околини мења притисак медијума. Поремећај притиска даље се преноси на суседне честице медијума тако да се шири у облику лонгитудиналних таласа кроз гасовите, течне и чврсте медијуме. Звуци имају улогу у преношењу сигнала и информација што је од великог значаја за комуникацију између животиња и њихово понашање.

13.2. БИОТИЧКИ ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ

Сви микроорганизми, биљке, гљиве, животиње, па и сам човек, зависни су од других организама. Узајамни утицаји организама представљају **биотички еколошки фактор.** Пошто су велики и специфични, утицаји човека на остале организме могу се посматрати и као специфичан, **антропогени** еколошки фактор.

Организми могу деловати на друге организме непосредно и посредно. Непосредним деловањем организми директно утичу на друге организме, а посредним деловањем мењају физичко-хемијске услове станишта који се одражавају на остале организме. Једни на друге делују организми који припадају популацијама различитих врста, као и организми који припадају истој популацији и популацијама исте врсте. Међусобни односи организама који припадају популацијама различитих врста, представљају **хетеротипске (интерспецијске)** односе. Међусобни односи организама који припадају популацијама истих врста, представљају **хомотипске (интраспецијске) односе**. Ступајући у специфичне односе ради исхране, репродукције и ширења ареала, организми воде сталну борбу за опстанак кроз коју су стекли бесконачан број оригиналних адаптација.

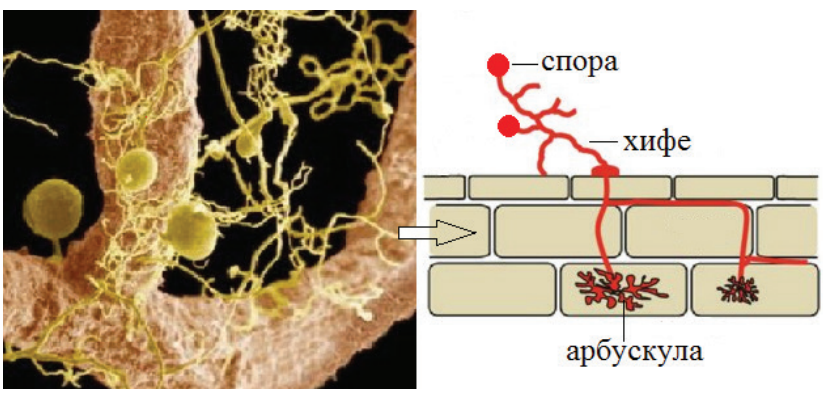
12.2.1. ХЕТЕРОТИПСКИ (ИНТЕРСПЕЦИЈСКИ) ОДНОСИ

Хетеротипски (интерспецијски) односи представљају посредна или непосредна међусобна деловања организама који припадају различитим врстама и живе на истом станишту. Ови односи могу се описати као симбиоза, пробиоза, аменсализам, паразитизам, компетиција и компетативна коегзистенција.

Симбиоза (мутуализам) представља однос два организма различитих врста у коме оба организма имају одређену корист. На пример, лишајеви су производ симбиотског односа између алги (зелених или модрозелених) и гљива (аскомицета или базидиомицета). Алге захваљујући присуству хлорофила у телу лишаја обављају фотосинтезу стварајући храну за себе и гљиве, док гљиве својим хифама апсорбују воду са минералним материјама и њоме снабдевају алге. Захваљујући оваквом узајамном односу, гљиве и алге сједињене у лишај способне су да освајају различита копнена станишта, па чак и површине стена на којима не могу опстати други организми.

Међу најраспрострањеније облике симбиозе спада **микориза** у коју ступају више биљке и микоризне гљиве из реда *Glomerales* (Сл. 112). Микоризне гљиве својим хифама продиру до сржи корена при чему пробијају ћелијске зидове биљних ћелија у чијим мембранама потом формирају разгранате снопиће, такозване арбускуле. Између арбускуле гљиве и ћелијске мембране биљке даље се одвија размена фосфата, угљоводоника и воде. На тај начин гљива добија потребну храну од биљке, а за узврат она биљке снабдева азотом и фосфором, побољшава њихово снабдевање водом и штити их од патогених микроорганизама. Процена је да око 60% савремених васкуларних биљака успоставља овакав однос симбиозе са микоризним гљивицама и бактеријама.

Слика 212. Однос микоризе



Један од најприснијих односа симбиозе између животиња и биљака је **опрашивање** биљака које обављају инсекти, птице, слепи мишеви или друге животиње хранећи се нектаром њихових цветова. Да би процес опрашивања био успешнији, биљке су током еволуције стекле оригиналне прилагођености, пре свега у изгледу, боји и мирису цветова. На пример, цветови многих орхидеја веома личе на женке појединих врста пчела и оса и на тај начин привлаче мужјаке да чешће слећу на њих. Временом код многих врста биљака цветови су се толико прилагодили опрашивању одређеним врстама инсеката, да их друге врсте инсеката више и не могу опрашити због морфологије тела која није прилагођена морфологији цвета. То се исто десило и са неким врстама инсеката, тако да је оваква уска специјализација довела многе врсте биљака и инсеката у однос међусобне зависности који поред осталог, подразумева неминовно поклапање ареала. Кад две врсте постану толико зависне једна од друге, драстично смањење бројности или изумирање једне од њих, може да услови нестанак друге.

Симбиоза између две врсте не мора увек да буде обавезна, мада је у сваком случају, корисна за њих. У оваквим односима реч је о такозваној **факултативној симбиози** (алијанси, савезу). Жирафе имају истанчанија чула и бољу прегледност терена од слонова. Кад пасу заједно са слоновима, оне прве уочавају опасност и бежећи упозоравају слонове. Слонови заузимају одбрамбени став, и тако штите не само своје младунце, него и жирафе. Кад крокодил изађе из воде, он отвара чељусти дозвољавајући крокодилској птици (*Pluvianus aegyptius*) да поједе остатке меса заосталог између његових зуба, и на тај начин му очисти зубе (Сл. 213). Птица жута пастирица (*Motacilla flava*) која живи и код нас, храни се крпељима и другим ектопаразитима које налази на овцама и другим папкарима и копитарима. На тај начин она долази до сигурне хране и истовремено спашава овце од паразита. То исто раде и многе друге птице чистачи, нарочито тропских и суптропских области које се хране ектопаразитима са коже других животиња (Сл. 214).

Слика 213. Крокодилска птица и крокодил – факултативна симбиоза



Слика 214. Птице чистачи и антилопе – факултативна симбиоза



Пробиоза је однос у ком једна врста из тог односа извлачи корист, а друга је неутрална, односно, нема ни штету, ни корист. Можемо разликовати неколико типова пробиозе: прокарија, ентокија, епокија, форезија, метабиоза, коменсализам.

Парокија је однос у коме једна врста тражи заштиту друге врсте која од тога нема ни штету, ни корист. На пример, многе птице граде гнезда у близини осињака јер на тај начин успешније штите своје младунце од напада предатора.

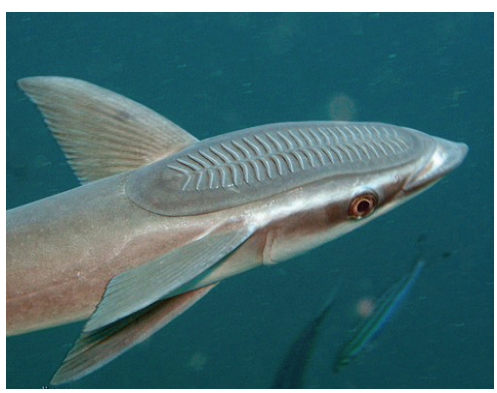
Ентокија је појава скривања неких животиња у јазбинама и рупама које су ископале друге животиње, или скривања неких животиња у телесним дупљама других животиња. Чест је случај да се у јазбинама лисица, кртица или ровчица скривају и неки инсекти, а да се у каналима морских сунђера могу наћи ситни рачићи или црви.

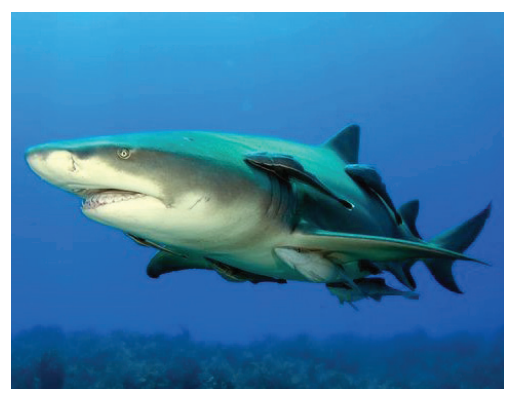
Епокија је појава живљења једне врсте на површини друге врсте која од тога не трпи никакву штету. Многе птице се гнезде у крошњама или у дупљама дрвећа, биљке пузавице (лијанске форме) и епифите се ослањају или живе на другим биљкама. Борећи се за светлост у тамним шумама, лијане пужу уз високо дрвеће како би допрле до највиших шумских спратова где има и највише светлости. То исто чине и епифите. Међутим, епифите су сасвим одвојене од подлоге и живе на гранама високог дрвећа. Ове биљке имају хлорофил и саме обављају фотосинтезу долазећи до воде и потребних

минерала захваљујући различитим структурама насталим преображајем ваздушних коренова, листова и стабала. Пошто од биљака домаћина не узимају храну, али често представљају сметњу у прикупљању довољне количине светлости, лијане и епифите се означавају као паразити простора.

Форезија је појава преношења једне врсте другом. Ова појава омогућила је многим непокретним или слабо покретним врстама да прошире своје ареале, чак и на велика географска растојања. На пример, расејавање спора, семена или плодова великог броја копнених биљака уз помоћ животиња припада овој врсти односа и представља такозвану **зоохорију**. Гриње се преносе инсектима летачима, неке стоноге и инсекти се преносе птицама или сисарима. Код риба из групе прилепака (*Remora remora, Echeneis naucrates*) предњи део трбушног пераја је преображен у специфичну пијавку којом се оне каче за ајкуле и друге крупне рибе. На тај начин, без утрошка сопствене енергије, прилепак превађује велика растојања и истовремено се храни остацима ајкулиног плена (Сл. 215 и Сл. 216).

Слика 215. Пијавка прилепка *Remora remora* **Слика 216.** Форезија – прилепак на ајкули





Метабиоза је појава коришћења продуката или делова тела једног организма након његове смрти. Метабиоза је карактеристична за некрофаге врсте, односно лешинаре који се хране угинулим организмима које нису претходно они сами убили. У групу лешинара спада велики број инсеката, птица и сисара. То су на пример, белоглави супови, кондори, ракуни, хијене. Такође, метабиоза је својствена и сапрофагим организмима, првенствено глувама које се хране органским остацима угинулих биљака и животиња. Исто тако, појава копрофагије се такође може уврстити у односе метабиозе. Ова појава подразумева исхрану изметом животиња што је чест случај код

тврдокрилца балегара (*Polyphaga* sp.), али и код младунаца коале, панде или слонова. Карактеристичан пример метабиозе пружа морски рак самац (*Eupagurus prideaux*) који се често усељава у напуштену љуштуру морских пужева (Сл. 217), док се за спољашњу страну исте љуштуре причвршћује морска саса *Adamsia palliata*. Рак самац и морска саса при томе ступају и у однос симбиозе јер саса од рака користи остатке хране, а за узврат раку обезбеђује заштиту од предатора пошто поседује жарне ћелије.

Слика 217. Метабиоза – рак самац у љуштури пужа



Коменсализам је однос у ком једна врста користи храну друге врсте, али јој не причињава већу штету. На пример, лав има обичај да сакрије део уловљеног плена. Тим делом плена хране се и неки инсекти или птице, али лаву остаје сасвим довољно хране за измиривање енергетских потреба.

Аменсализам је екосистемски однос у коме једна врста утиче негативно на раст и развој друге врсте, а сама не трпи никакву штету од те врсте. У овом случају ради се о биохемијским односима између две врсте у којима метаболити једне врсте, излучени у спољашњу средину, делују негативно на другу врсту. Оваква врста односа назива се и **алелопатија**. Метаболити, односно, алелопатске материје су углавном алкалоиди, феноли и терпеноиди. Црни орах (*Juglans regia*) у својим листовима синтетише ароматично једињење југлон. Ово се једињење кишом спира и пада на подлогу где инхибира раст великог броја других биљних врста. На тај начин орах спречава компетицију других врста биљака које се као и он, боре за више светлости и простор. Слично ораху, пелин (*Artemisia absinthium*) лучи

абсинтин који такође инхибира раст неких зељастих биљака и на тај начин се ослобађа компетиције. У ову групу материја такође спадају антибиотици и фитонциди. Многе више биљке луче **фитонциде** који инхибирају раст бројних микроорганизама, док гљивице из рода *Penicillium* као крајње продукте метаболизма луче **антибиотике** који имају инхибирајуће дејство на развој грам-позитивних бактерија. Због тога је ова појава антибиозе добила широку примену у медицини.

Предаторство је једнострани однос са позитивним дејством за једног, а негативним за другог партнера. Овај однос исхране своди се на егзистенцијалну везу предатора и плена – губара и храста, вука и срне, сове и миша. Предаторство као један од најбитнијих екосистемских односа, представља се ланцима исхране где је свака карика предатор у односу на претходну, али и плен у односу на следећу карику. Ланци исхране најчешће почињу аутотрофима, настављају се хетеротрофима (биљоједима, месоједима) и завршавају се разлагачима који материју разлажу до нивоа минерала. Међутим, ланци исхране могу изгледати и другачије. На пример, у природи су познате и биљке месождери које обављају фотосинтезу, али недостатак азотних једињења и минерала употпуњавају хранећи се ситним животињицама, првенствено инсектима. На тај начин, и оне саме постају предатори.

Однос предатор-плен је кроз еволуцију живог света произвео најоригиналније прилагођености које се испољавају кроз усавршена средства за напад и одбрану. Ова средства за хватање плена или за избегавање предатора код животиња су снажна телесна мускулатура, отровне жлезде, жарне ћелије, рилице, кљунови, канџе, оштри зуби, електрични органи, чврст спољашњи скелет са бодљама итд. Најзначајнија средства за избегавање предатора код биљака су физичке баријере (бодље, трнови, воштани и кутикуларни слојеви, дебели длакав омотач, силицијумске и кречњачке превлаке), хемијске баријере (отровне материје, материје непријатног укуса и мириса), као и релативно низак садржај протеина потребних животињама.

Избегавање предатора или успешније хватање плена у животињском царству, развило је различите стратегије опстанка. **Агресивно понашање** представља стратегију застрашивања противника. Супротна од агресивног понашања је тактика **скривања** и утапања у околину. Манифестације ове тактике су појаве сличне обојености животиња са околином (**хомохромија**) или сличног облика тела са предметима из околине (**хомотипија**). На пример, цврчак *Microcentrum rhombifolium* обликом и бојом подсећа на лист (Сл. 218), а морски коњић *Phycodurus eques* обликом и бојом подсећа на морске алге тако да су ове врсте неприметне за предаторе.

Појава **апосемије** или опомињуће обојености својствена је животињама које имају отровне жлезде и жаоке, и својим упадљивим бојама опомињу потенцијалне предаторе на опасност. Отровна жаба *Oophaga granulifera* је живо обојена и на тај начин опомиње да није погодна за јело. Неке животиње које немају одбрамбене механизме служе се **мимикријом** као тактиком преживљавања. Оне својим бојама и шарама опонашају апосематски обојене или агресивне врсте и на тај начин застрашују и избегавају предаторе. Лептир пауновац *Caligo eurilochus* на крилима има шаре у облику великих очију (Сл 219), а неотровне коралне змије својим бојама и шарама опонашају отровне змије.

Слика 218. Хомохромија и хомотипија, цврчак *Tanusia brullaei*



Слика 219. Мимиктија, лептир пауновац *Caligo eurilochus*



Паразитизам је однос у коме једна врста живи на рачун друге врсте, свог домаћина. Као и у случају предаторства, ово је једнострани однос са позитивним дејством за једног, а негативним за другог партнера. Међутим, за разлику од предаторства, исход паразитизма не мора бити обавезна смрт једног од партнера. У природи постоје факултативни и облигатни паразити. **Факултативни паразити** могу преживети и без свог домаћина, док **облигатни паразити** то углавном не могу. Такође, поред паразита, у природи постоје и **полупаразити** који само делимично користе свог домаћина. Биљка вилина косица (*Cuscuta europaea*) нема хлорофил и живи на биљци домаћину из које апсорбује органске материје понашајући се као облигатни паразит. С друге стране, бела имела (*Viscum album*) такође живи на биљци домаћину, али се понаша као полупаразит пошто од домаћина узима воду и минералне материје, а даље сама обавља фотосинтезу пошто поседује хлорофил.

У природи је познат и периодични паразитизам који се огледа у вођењу паразитског начина живота само у одређеној фази животног циклуса. На пример, полно зреле јединке једне врсте ваљкастих црва (*Ancylostoma duodenale*) живе у цревном тракту човека. Њихова јаја изметом доспевају у спољашњу средину и преображавају се у ларве које живе ван тела домаћина. Многи паразити током свог животног циклуса мењају домаћине или се понашају као паразити и предатори у исто време. Пијавица је паразит који се често храни крвљу животиња, али је и предатор пошто истовремено прождире пуноглавце.

Компетиција је однос конкуренције између врста које имају исте еколошке захтеве, односно, које су упућене на исту врсту хране, иста станишта или иста склоништа. До компетиције најчешће долази онда када су извори хране и остали ресурси ограничени. Пример компетиције за исту храну налазимо у односу између две врсте риба, балавца (*Acerina cernua*) и деверике (*Abramis brama*). Ове рибе насељавају европска равничарска језера и улазе у оштру компетицију пошто за исхрану користе ларве исте врсте инсеката двокрилаца (Chironomidae). Резултат њихове борбе за оскудне изворе хране је местимично искључивање једног од конкурената из појединих водених басена. Ова појава искључивања компетативно слабије врсте из одређеног животног простора је веома честа што за последицу има повећање животног простора компетативно јаче врсте на рачун друге врсте која је компетативно слабија. Ради избегавања компетиције, врсте често прелазе у друге еколошке нише, односно, мењају своје еколошке захтеве како би успешно реализовале процес репродукције и задржале што веће животне просторе.

На пример, данас сеу Србији гнезди само један лешинар, белоглави суп. Некада су се гнездиле још три врсте које поред живог плена, за исхрану користе и угинуле животиње: црни лешинар, бела кања и орао брадан. Када деле исти животни простор, ове врсте ради избегавања компетиције имају специфичан начин исхране. Када у природи угине нека домаћа или дивља животиња, прво наступа црни лешинар који за разлику од остале три врсте, има веома јак кљун којим пробија кожу угинуле животиње. Због тога он има привилегију да се први храни њеним изнутрицама. Након црног лешинара наступа белоглави суп који једе преостале делове тела. Након белоглавог супа долази бела кања која има танак кљун којим сакупља остатке меса између костију (глође кости). Последњи у овом ланцу је орао брадан који је у народу познат и као костоберина. Пошто њему на крају остају само кости, он их узима у кљун и баца са висине како би пукле, а потом искључца њихову срж. На тај начин, сваки од ових „чистача“ природе добија свој део хране.

Код биљака компетиција се углавном јавља у борби за светлост. У овом случају компетативну надмоћ имају врсте које брже расту и потискују врсте споријег раста које не могу доћи до довољно светлости потребне за нормално одвијање фотосинтезе.

Компетиција се одвија и онда када једна врста омета другу да у пуној мери реализује свој репродуктивни потенцијал. На пример, убрзо након преношења обичног кућног гекона на Хаваје 40-тих година прошлог века, примећено је да бројност популација три друге тамошње врсте гекона почиње рапидно да опада. Разлог је лежао не у недостатку хране, него у томе што се новопридошли гекон хранио младунцима осталих врста гекона, и на тај начин смањивао реализацију њихове репродуктивне моћи (Bibi & Brenan, 2008).

Компетативна коегзистенција је однос између врста које су у компетицији за исте изворе хране или исти простор, али које могу живети заједно не искључујући једна другу. Ова појава могућа је уколико су потребни ресурси (расположива храна и простор) довољни за све. Неке врсте антилопа и зебри упућене су на исте изворе хране на истим саванским просторима, али нису у конкурентским односима. Први разлог је обиље хране, а други разлог је регулисање бројности њихових популација деловањем предатора. Ова врста односа могућа је и када свака врста има предност у некој етапи деловања еколошких фактора који погодују час једној, час другој врсти, и не доводе у питање опстанак ни једне од њих. На пример, када баре почну да се суше, у њима преовлађује алга *Haematococcus pluvialis*, а када у барама има довољно воде, преовлађују алге из родова *Chlamydomonas* и *Chlorella*. Како количина воде варира, мења се и густина њихових популација што омогућава заједнички опстанак без присуства оштре компетиције.

12.2.2. ХОМОТИПСКИ (ИНТРАСПЕЦИЈСКИ) ОДНОСИ

Хомотипски (интраспецијски) односи представљају посредне или непосредне међусобне утицаје организама који припадају истој врсти. Ови односи испољавају се кроз борбу за самоодржање и продужетак врсте. Хомотипски односи нарочито се снажно испољавају када се ради о остављању потомства, социјалности, чувању територије и хомотипској компетицији.

Остављање потомства код бисексуалних организама представља процес који захтева да код потенцијалних партнера у исто време почне сазревање полних ћелија и да се партнери нађу на истом месту. Да би се нашле на једном месту, полно зреле јединке се групишу, и тек тад захваљујући различитим врстама стимулације, полне жлезде и полне ћелије у потпуности сазревају. Стимулација која доводи до полног чина може бити визуелна, звучна, мирисна, тактилна. Познати примери стимулације су рика јелена, светлуцање свитаца или песма зрикаваца. За многе врсте својствене су љубавне игре. На пример, код птица су честа шепурења, понављање одређених покрета деловима тела, клепетање крилима, шљапкање по води, свадбени летови. Неке врсте ради спаривања имају и материјалну припрему (Пешић, 2011). На пример, мужјак доноси женки храну или прави заједничко гнездо.

Након полног чина и полагања јаја или рађања младунаца, однос родитеља према подмлатку је различит. Мужјаци и женке пингвина заједно брину о младима, медведица не допушта мужјаку да се приближи мечићима да их не би повредио, мужјак аустралијске ћурке хумкашице тера женку након полагања јаја и сам води бригу о њима, мужјаци рибе сијамски борац (*Betta splendens*) будно чувају подмладак и уколико се појави опасност, они младе рибице усисавају и крију у својим устима.

Социјалност се огледа у склоности одређених врста животиња да живе у групи. Неке животиње су потпуно асоцијалне и углавном живе као самотњаци. То важи за многе орлове, медведе, мачке, куне, стоноге, зрикавце. С друге стране, неке животиње показују висок степен социјалности јер имају потребу да буду у групи (крду, чопору, јату, року). У типичне социјалне животиње спадају дивокозе, јелени, ждралови, мрави, пчеле. Живот у групи и међусобна кооперација може да представља велику предност појединих популација јер између осталог, омогућава колективну бригу о младима, заједничку одбрану од предатора, заједичко учешће у хватању плена. Односи организама у популацијама социјалних врста подразумевају и њихову комуникацију која се остварује на различите начине, од испуштања звучних сигнала, до заузимања специфичних поза. Животиње у својим популацијама

комуницирају и испуштањем феромона који представљају специфичне органске молекуле. Феромони могу имати различиту природу и улогу. На пример, испуштањем алармних феромона поједине јединке упозоравају остале на опасност, испуштањем колонијалних феромона драже се на окупу, испуштањем сексуалних феромона стимулишу размножавање, а испуштањем територијалних феромона обележавају територију. На пример, рибе врсте *Phoxinus phoxinus* које живе у јатима, из рана на телу испуштају алармни феромон који остале рибе у јату упозорава да је предатор кренуо у напад.

Територијалност, односно, чување и обележавање територије на којој живе, одлика је многих животиња. Територија коју животиње чувају разликује се по површини и зависи од биолошких особина врсте, од наслеђеног начина понашања, присуства хране, компетиције и других фактора. Чување територије обично је везано за стицање и чување извора хране, чување услова за гнежђење, хибернацију, парење. Територије на којима живе, животиње обележавају мокраћом или различитим излучевинама које обично имају оштар и препознатљив мирис.

Хомотипска компетиција представља конкурентски однос између организама исте популације за заједничке изворе хране, за простор, за партнера или за светлост код биљака. Са порастом густине популације, компетиција између њених јединки је све већа. Однос предатор-плен такође доводи до конкурентског односа у популацији. Предатори који трагају за пленом, као и јединке које беже од предатора, ступају међу собом у тихи рат појединачно тежећи да постигну свој циљ – да дођу до хране или да не буду храна. На тај начин, у борби за опстанак јединке исте популације ступају у однос тихог међусобног ривалства.

РАСПРОСТИРАЊЕ И РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ВРСТА

13. РАСПРОСТИРАЊЕ И РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ВРСТА

13.1. ПОЈАМ АРЕАЛА

Свака биљна и животињска врста, као и свака животна заједница, заузима на Земљи одређену копнену или морску територију која представља њен **ареал** (лат. *area* – област). Дакле, ареал представља простор који насељава нека популација, врста или животна заједница. Ареали појединих врста предмет су проучавања **фитогеографије**, односно, **зоогеографије**, док су ареали појединих животних заједница предмет **биоценологије**.

Ареал сваке врсте или заједнице одликује се одређеним географским положајем, карактеристикама свога средишта, правцима пружања, распоредом популација, итд. Ареал није само топографско-географски, него и еколошко-историјски појам. Због тога, Јанковић (1990) ареал дефинише као просторно-временско-биолошки комплекс на Земљиној површин, односно одређени део биогеосфере у коме се врста преко својих популација и јединки реализује као просторни и временски континуум. То значи да се под ареалом подразумева функционално јединство између врста и заједница с једне стране, и њиховог животног простора с друге стране. Такође, то значи да је ареал сваке врсте променљив и да представља резултат дуготрајних историјских процеса током којих су се мењале биолошке и еколошке особине сваке врсте, као и њихово распрострањење у складу са променама услова спољашње средине.

Слика 220. Природни и вештачки ареал европског кунића (*Oryctolagus cuniculus*)



У односу на фактор који је пресудно утицао на формирање ареала неке врсте, ареали могу бити **природни** и **вештачки**. Када је реч о **природним ареалима** врста и заједница, они су резултат интеракције њихових биолошко-еколошких особина и дуготрајног утицаја спољашњих фактора (географских, орографских, геолошких, педолошких, климатских, компетицијских). Међутим, када се говори о **вештачким ареалима**, они су производ деловања човека (антропогених утицаја) који намерно или случајно својим активностима утиче на њихово повећање или смањење. Овакве вештачке ареале имају пре свега, културне, коровске, рудералне, инвазивне и паразитске врсте које је човек свесно или несвесно својим деловањем ширио. Као очигледан пример могу нам послужити кукуруз који је из Јужне Америке пренет на све континенте осим Антарктика, кафа која је из Африке пренета у Јужну Америку где успева боље него у својој постојбини, амброзија која је из Северне Америке стигла у Европу где убрзано потискује многе аутохтоне врсте, европски кунић који је из Европе пренет у Аустралију и Јужну Америку где се такође одомаћио итд (Сл. 220). Међутим, поред тога што са једне стране утиче на повећање ареала неких врста, човек са друге стране утиче и на смањење ареала многих аузохтоних врста и заједница. Уништавање природних екосистема ради ширења пољопривредних и урбаних површина, развоја индустријске инфраструктуре и експлоатације природних ресурса, довело је до уништења, деградације и фрагментације многих природних станишта, а самим тим, и до алармантног смањења ареала бројних врста и заједница.

13.2. ГРАНИЦЕ И ОБЛИК АРЕАЛА

Простор на ком је врста настала, представља њен **примарни ареал**. Пошто свака врста има велики репродуктивни потенцијал, значи да показује тенденцију увећања бројности и освајања нових простора. Ипак, ни једна врста не може освојити све просторе зато што не може опстати у свим еколошким срединама и бити на сваком месту компетативнија у односу на све остале врсте. Због тога, свака врста има специфичан ареал чије одлике зависе од места и начина постанка врсте, од еколошких фактора који су се смењивали од тренутка настанка врсте и од њених биолошко-еколошких особина.

Границе ареала сваке врсте или заједнице већим делом су одређене еколошким условима дуж географског простора, а мањим делом стварним физичким препрекама у простору. Због тога је могуће разликовати **стварне границе ареала** које су условљене немогућношћу врсте да ван тих граница опстане услед неодговарајућих еколошких услова, и **изнуђене границе ареала** које су одређене физичким препрекама, при чему би врста, да није њих, могла да живи и преко постојећих граница (Јанковић & Атанацковић, 1999). То потврђују врсте које је човек пренео из једних у друге крајеве света где су се оне брзо адаптирале и образовале своје **секундарне ареале**. Агава (*Agave americana*) пренета из средишње Америке у Средоземље, веома се брзо одомаћила на новим стаништима, као што је риђа лисица (*Vulpes vulpes*) брзо заузела празне еколошке нише након преношења у Аустралију која представља њено секундарно станиште.

Границе ареала свих врста и њихових заједница које су живеле и које данас живе на Земљи, подложне су променама. Врсте настају, шире се, а потом настају одређене промене у спољашњој средини које смањаују њихове ареале све док не дође до коначног нестајања врста. То су редовни природни циклуси који су својствени животу још од његовог настанка. Међутим, ако посматрамо променљивост граница ареала врста које су преживеле последњи катаклизмички талас на Земљи изазван плеистоценим глацијацијама окончаним пре 11.000 година, или ако посматрамо ареале врста насталих након глацијације, можемо разликовати стативне и транзитне границе.

Стативне границе ареала су формиране у даљој прошлости и њихове промене су толико мале, да се готово не опажају. У односу на то који је узрок релативне непроменљивости граница током дужег временског периода, можемо разликовати импедитне, стационе, ривалитатне и реликтне границе.

- **Импедитне границе ареала** (лат. *impeditus* – непролазан) одређене су непролазним физичким баријерама. То могу бити океани као физичке баријере између континенталних врста, планински ланци као препреке за ширење равничарских врста, копно које ограничава ареал језерских врста итд.
- **Стационе границе ареала** (лат. *statio* – станиште) одређене су еколошким условима којима су врсте прилагођене, односно границама одређеног типа станишта. На пример, границе појединих типова шумских заједница истовремено могу бити границе ареала неких шумских животињских и зељастих биљних врста, контакти између кречњачких и силикатних стена истовремено могу представљати границе ареала облигатних калциколних и калцифугних биљака.
- **Ривалитатне границе ареала** (лат. *rivalitas* – конкуренција) условљене су присуством конкурентских врста које су компетативно надмоћније и не дозвољавају компетативно слабијој врсти да пређе на њихово станиште. На пример, компетативно јача врста може бити биљна врста која брже расте и оставља већи број фертилних семенки, или животињска врста која је бржа, јача или лукавија и оставља слабију компетативну врсту без хране.
- **Реликтне границе ареала** (лат. *relictus* – остављен) јављају се код филогенетски старих врста чије су границе одређене неким крупним догађајем у геолошкој историји Земље. Те реликтне границе даље се не шире вероватно зато што реликтне врсте губе битку за простор са филогенетски млађим, компетативнијим врстама. Оне се у великом броју случајева и не сужавају јер су реликти очигледно опстали само на стаништима која им оптимално одговарају.

Транзитне границе ареала мењају се у веома кратком временском периоду. У зависности од тога да ли се шире или се сужавају, можемо разликовати **прогресивне** и **регресивне** транзитне границе. Брзо ширење или сужавање граница ареала може се десити ако нестане или се појави нека физичка препрека, ако нестане или се појави компетиторска врста, ако се драстично промене услови средине. На жалост, у данашње време главни узрок брзе промене ареала врста и заједница је човек. Док с једне стране утиче на брзо ширење ареала културних, коровских и инвазивних врста, човек с друге стране убрзано сужава ареале врста из природе. Исушивање мочвара, сеча шума, ширење пољопривредних и урбаних површина, изградња густе мреже саобраћајница, подизање брана на водотоцима, загађење земљишта, воде и ваздуха, глобално загревање, прекомерна

експлоатација врста у природи и многи други утицаји човека, све убрзаније утичу на сужавање ареала дивљих врста и њихових заједница доводећи у питање опстанак многих од њих.

Облик ареала може бити **компактан** (јединствен) и **дисјунктан** (разуђен, нејединствен).

Компактни ареали су целовити што значи да је одређена врста или заједница распрострањена у јасном просторном континуитету. Дуж компактног ареала врсте постоје и празни простори где се не могу наћи њене популације или јединке, али ти простори и у географском, и у еколошком погледу нису препрека за комуникацију и слободну репродукцију јединки из различитих популација врсте. Дакле, у оквиру компактног ареала, популације дате врсте могу слободно међу собом да комуницирају и да се размножавају.

Дисјунктни ареали се састоје од два или више просторно изолованих делова у оквиру ареала врсте чије популације никако, или веома тешко могу доћи у међусобни контакт (Сл. 221). До цепања компактног ареала једне врсте на дисјунктни ареал, може доћи из више разлога. Најчешћи узрок су раздвајања делова копна, промене у рељефу, климатске промене или емиграције појединих популација изван ареала врсте.

Слика 221. Дисјунктан ареал риђе ласице (*Mustela nivalis*)



До које мере климатске прилике могу да утичу на цепање компактног ареала врсте, указује и данашњи распоред арктичко-алпијске флоре. На пример, многи компактни ареали су прешли у дисјунктне током и након последњег великог леденог доба у плеистоцену. У том периоду многе арктичке, северно и средњеевропске врсте мигрирале су у јужну Европу. Након отапања леда, део тих врста се поново вратио на своје старе територије обнављајући старе ареале, али је део њиховог ареала остао на планинским врховима јужноевропских планина. На пример, арктичке врсте попут пузаве врбе (*Salix retusa*), мрежасте врбе (*Salix reticulata*) или фреснице (*Dryas octopetala*), данас поново живе на Арктику, али живе и на врховима неких европских планина, па и код нас, на високопланинским изолованим острвима појединих кречњачких масива где су доспели током последњег леденог доба. Њихови ареали су данас раздвојени великом средњеевропском равницом која представља непремостиву баријеру за ове хладнољубиве и калцифилне арктичке врсте. Има и много већих дисјунктних ареала појединих врста. На пример, родови ариша (*Larix*), смрче (*Picea*) и јеле (*Abies*), имају огромне дисјунктне ареале раздвојене океанима пошто живе и у Евроазији, и у Северној Америци.

Распоред јединки и њихових популација у границама ареала врсте никада није униформан зато што ни услови средине нису идентични на простору који представља њихов ареал. На којим ће деловима свог ареала врста бити најгушће насељена, зависи од абиотичких и биотичких утицаја спољашње средине и од биолошко-еколошких одлика саме врсте.

13.3. КОСМОПОЛИТИ, ЕНДЕМИТИ И РЕЛИКТИ

Величина ареала појединих врста је различита. Неке су врсте распрострањене веома широко тако да их има на готово свим континентима, док су неке врсте веома уско распрострањене, понекад на свега неколико ари или хектара. Врсте које су широко распрострањене означавају се као **космополити** (еурихорне врсте), а врсте које су уско распрострањене, означавају се као **ендемити** (стенохорне врсте).

По правилу, космополити имају широке еколошке валенце. То им омогућава распрострањење на широким просторима. Космополити су у највећем броју случајева бактерије, гљиве, планктонски организми и сви остали организми који се лако преносе водом, ветром или посредством других организама.

Ови организми неповољне услове средине могу преживети у неактивном стању (у облику спора) и због тога показују већу отпорност на варирања еколошких услова. Међу вишим организмима космополита има највише међу воденим биљкама и животињама јер су у воденој средини еколошки услови уједначенији. Такође, вода је медијум у коме је олакшано расељавање. Космополита има и међу копненим организмима, али је то ређи случај него код водених организама. За космополитске врсте је карактеристично да дуж свог великог животног простора формирају локално адаптиране популације, такозване екотипове, чији су оптимум и границе толеранције прилагођени локалним условима. У највећем броју случајева, космополити су диференцирани на подврсте састављене од специфично адаптираних популација.

Слика 222. Космополит широког ареала – вук (*Canis lupus*)



Насупрот космополитима, **ендемити** су врсте које су уско распрострањене, односно врсте које имају мале ареале. У зависности од величине ареала који заузимају, ендемити се могу поделити на стеноендемите, локалне ендемите, ендемите у ширем смислу и субендемите.

Стеноендемити (дистриктни ендемити) су врсте чије је распрострањење врло уско ограничено. Обично се налазе на неком изолованом острву, планинском гребену, клисури, пећини итд. На пример, хајдучица краља Александра (*Achillea alexandri regis*), расте искључиво на врху Ошљак, једном од кречњачких огранака Шар-планине (Сл. 223), док Панчићев скакавац (*Pyrgomorphella serbica*) живи само на јужним падинама планине Таре.

Слика 223. Ареал хајдучице краља Александра



Слика 224. Ареал Панчићеве оморике



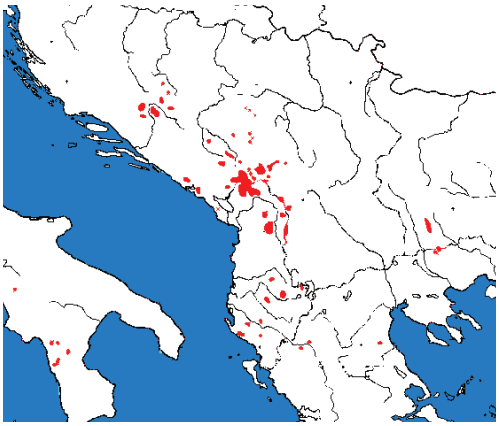
Локални ендемити имају нешто шири ареал од стеноендемита, али њихов ареал не прелази границе једне флористичке провинције. На пример, на Западном Балкану се прожимају мезијска, скардо-пиндска, динарска и панонска провинција што значи да се локални ендемити могу наћи само у једној од ове четири провинције. Локални ендемит је на пример, Панчићева оморика (*Picea omorika*) која је присутна око средњег тока Дрине на планинама Тара, Звијезда, у кањону Милешевке (Равниште) и у околини Вишеграда, искључиво у границама динарске провинције (Сл. 224).

Ендемити у ширем смислу су врсте ограничене на територију већу од једне флористичке провинције. На пример, балкански ендемит је српска рамонда (*Ramonda serbica*) чији ареал обухвата дубоке кречњачке клисуре Бугарске, Србије, Црне Горе, Македоније, Албаније и Епира у оквиру мезијске, скардо-пиндске и динарске провинције. Балкански ендемит је и грчка жаба (*Rana graeca*) распрострањена у неким деловима Грчке, Бугарске, Македоније, Албаније, Црне Горе, Босне и Херцеговине и Србије (Сл. 225).

Слика 225. Ареал грчке жабе



Слика 226. Ареал бора мунике



Субендемити су врсте чији је већи део ареала ограничен на неко уже подручје, али се мањи део ареала може наћи и ван тог подручја. Када је у питању Балканско полуострво, овде су присутни апенинско-балкански, карпато-балкански, алпско-балкански и други субендемити. Ендемореликтни бор мунika (*Pinus heldreichii*) је на пример, субендемична балканско-апенинска врста. Дисјунктан ареал мунике обухвата високопланинску област субмедитеранских кречњачких масива Балканског полуострва – Грчке, Албаније, Македоније, Бугарске, Србије, Црне Горе, Босне и Херцеговине, као и мање станиште на југу Апенинског полуострва на масиву Монте Полино (Сл. 226).

У највећем броју случајева, ендемичне врсте су истовремено и реликтне.

Реликтне врсте (лат. *relictus* – остатак) су оне врсте које представљају остатак некадашње древне флоре или фауне. У највећем броју случајева реликтне врсте и њихови блиски сродници су у неком ранијем геолошком периоду били широко распрострањени и добро прилагођени тадашњим условима средине који су се у међувремену мењали и утицали на смањење њиховог ареала. На пример, џиновска секвоја (*Sequoiadendron giganteum*) у прошлости је заузимала широка пространства Северне Америке, Европе и Азије, а данас је њен ареал сведен само на северне падине Сијера Неваде у Калифорнији. Реликти чији је ареал знатно сужен и данас обухвата мали географски простор, представљају **ендемореликте**. Ендемореликтне врсте успеле су да преживе повлачећи се у рефугијуме. **Рефугијуми** представљају изолована микростаништа у којима се еколошки услови нису променили у толикој мери као на већем делу примарног ареала врсте. У Србији, рефугијална станишта углавном се налазе у клисурама и кањонима.

Када се помињу реликтне врсте, често се користи термин „живи фосили". Живим фосилима обично се називају врсте које су настајале у претходним геолошким периодама, а на које је деловала спора (брадителична) еволуција, тако да се нису много промениле. На пример, неке врсте мекушаца и риба готово се нису мењале последњих 600 до 400 милиона година. Још дуже се нису мењале неке модрозелене алге, хромисти и протозое чији су изворни облици постојали на самом почетку еволуције живота.

У савременој флори и фауни најприсутнији су мезозојски, терцијарни и глацијални реликти.

Мезозојски реликти су врсте које су живеле још у мезозоику (пре 252 до пре 66 милиона година), и који трају до данашњих дана. Од нама познатих врста, мезозојски реликти су гинко (*Ginko biloba*), цикаси (*Cycas* sp.) и замије (*Zamia* sp.) који припадају прастарим породицама голосеменица, риба шакоперка (*Neoceratodus forsteri*), гуштер туатара (*Sphenodon punctatus*), кљунари (*Monotremata*) и друге прастаре врсте.

Терцијарни реликти су врсте које су биле широко распрострањене у терцијару који се по новој терминологији дели на палеоген и неоген (пре 66 до пре 2,5 милиона година). Крајем терцијара, у плиоцену, на већем делу европског континента владала је влажна суптропска клима, а онда је наступио плеистоцен који је обележен захлађењем и наступањем великог леденог доба које је у значајној мери десетковало топлољубиву плиоценску флору и фауну. Од врста које су преживеле, данас се на простору Балканског полуострва срећу Панчићева оморика (*Picea omorika*), муника (*Pinus heldreichii*), молика (*Pinus peuce*), божиковина (*Ilex aquifolium*), српска рамонда (*Ramonda serbica*), Наталијина рамонда (*Ramonda nathaliae*), тиса (*Taxus baccata*), мечја леска (*Corilus colurna*), зелениче (*Prunus laurocerasus*), мосорски гуштер (*Lacerta mosorensis*), динарска волухарица (*Dinaromys bogdanovi*) и друге старе врсте.

Глацијални реликти су врсте које су биле широко распрострањене у време последњег (плеистоценог) великог леденог доба које је са интерглацијалним периодима трајало од пре 900.000 до пре 11.700 година. Оне су се код нас данас очувале углавном на хладним планинским стаништима. То су на пример, горска ружа (*Rhododendron ferrugineum*), рунолист (*Leontopodium alpinum*), мрежаста врба (*Salix retusa*), пузава врба (*Salix herbacea*), гаћаста кукумавка (*Aegolius funereus*), црни даждевњак (*Salamandra atra*), снежна волухарица (*Chionomys nivalis*) и друге врсте ограниченог ареала.

ПРОСТОРНА И ВРЕМЕНСКА ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА

14. ПРОСТОРНА И ВРЕМЕНСКА ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА

Сва жива бића груписана су у животне заједнице или биоценозе. Њихов живот почива на сложеним интеракцијама са физичко-хемијским условима станишта, као и на сложеним међусобним односима који су настали као резултат дуготрајног историјског прилагођавања кроз борбу за опстанак. Сложене интеракције између организама сваке биоценозе указује да биоценоза није случајна скупина насумичних врста, него слојевита и интегрисана целина настала као резултат деловања еколошких фактора и организама кроз дуг временски период. Све животне заједнице организоване су како **просторно**, тако и **временски**. Просторна организација огледа се у њиховој структури, а временска у њиховом динамизму, односно променљивости.

Структура животних заједница условљена је њиховим флористичким и фаунистичким саставом, бројем и распоредом организама у њој, учешћем појединих животних форми, сезонским или дугорочним променама првенствено биљних организама.

Временска организација животних заједница почива на њиховој динамици, односно, на сезонским променама њихових градитеља, или на постепеном, дуготрајном смењивању једних чланова заједнице другим. Као што је за сваку заједницу карактеристична њена структура, тако је карактеристичан и одређени тип промене кроз коју она пролази.

14.1. ПРОСТОРНА ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА

Свака животна заједница (биоценоза), састоји се од биљне заједнице (фитоценозе) и животињске заједнице (зооценозе). Биљне и животињске заједнице које деле исто станиште многоструко су везане тако да се не могу посматрати једне без других. Ипак, кад се посматра изглед (физиогномија) животне заједнице, односно, њена структура и променљивост, очигледно је да ове особине првенствено зависе од фитоценозе.

Пошто структуру животних заједница одређују биљке, то значи да структура већине заједница зависи од њеног флористичког састава, бројности, густине, покровности, учесталости, здружености биљака, од заступљености појединих животних форми и спратовности.

Флористички састав представља збир свих биљних врста које граде једну биљну заједницу. Пошто су поједине биљне врсте прилагођене специфичним условима станишта, флористички састав недвосмислено указује на еколошке услове који владају у биотопу. Постоје заједнице у чијој изградњи учествује веома велики број биљних врста, као и заједнице састављене од свега неколико биљних врста. Што су услови у биотопу повољнији, већи је и број врста које га насељавају, а што су услови биотопа неповољнији, флористички састав је сиромашнији.

Бројност (абунданција) јединки неке врсте указује на њихову квантитативну заступљеност у заједници. Бројност сваке врсте зависи од еколошких услова станишта, од биолошких особина врсте и од конкурентских односа са другим врстама. Врста која је најбројнија или заузима највећи простор у заједници, представља **доминантну** врсту. Уколико поред доминантне врсте постоји и одређени број такође значајно заступљених врста, онда су то **субдоминантне** врсте. Доминантне и субдоминантне врсте представљају градитеље, односно, **едификаторе** биљне заједнице. На пример, у листопадним шумама умерене зоне едификатор може бити храст, буква, смрча или нека друга дрвенаста врста, у барским заједницама едификатори могу бити трска и локвањ.

Густина и дисперзија одређених биљних врста у заједници такође указују на њихову квантитативну заступљеност у појединим деловима биотопа. У неким деловима биотопа индивидуе појединих популација могу да буду распоређене гушће, у неким деловима ређе, а у појединим деловима могу и да одсуствују. На пример, пузави љутић *Ranunculus repens* може да живи у светлијим шумским заједницама, али није распоређен равномерно јер се масовније јавља у влажнијим и светлијим депресијама шумског биотопа.

Покровност и **бројност** биљних врста у заједници указују на особину појединих врста да покривају одређену, већу или мању површину биотопа. Покровност је условљена величином и изгледом надземног дела биљака, а бројност бројем индивидуа на јединици површине. Покровност и бројност се не морају неминовно подударати јер крупније биљке могу бити малобројније од ситнијих, али зато могу покривати већу површину биотопа.

У утврђивању покровности заједнице најчешће се користи метода Браун-Бланкеа (Braun-Blanquet, 1928) која представља комбиновану процену бројности и покровности. На основу ове методе даје се квантитативни опис биљне заједнице:

5 – без обзира на број примерака врста покрива 75 – 100% површине;

4 – без обзира на број примерака врста покрива 50 – 75% површине;

3 – без обзира на број примерака врста покрива 25 – 50% површине;

2 – врста је врло заступљена и покрива 10 – 25% површине;

1 – врста је заступљена, али покрива свега 1 – 10% површине;

+ – врста је малобројна, а њена покровност незнатна.

Учесталост неке врсте у датој биљној заједници подразумева честину њене присутности на појединим одабраним пробним површинама у заједници. Оне врсте које се налазе у 90 до 100% пробних површина, представљају константне врсте.

Социјалност подразумева начин на који су међу собом распоређене индивидуе једне врсте у заједници. Могу се разликовати различите појаве социјалности. Према Браун-Бланкеу (Braun-Blanquet, 1928) социјалност се квантитативно може исказати следећим параметрима:

5 – врста расте у великим гомилама;

4 – врста расте у великим хрпама;

3 – врста расте у облику малих јастучића или малих хрпица;

2 – врста расте у бусенима;

1 – врста расте појединачно.

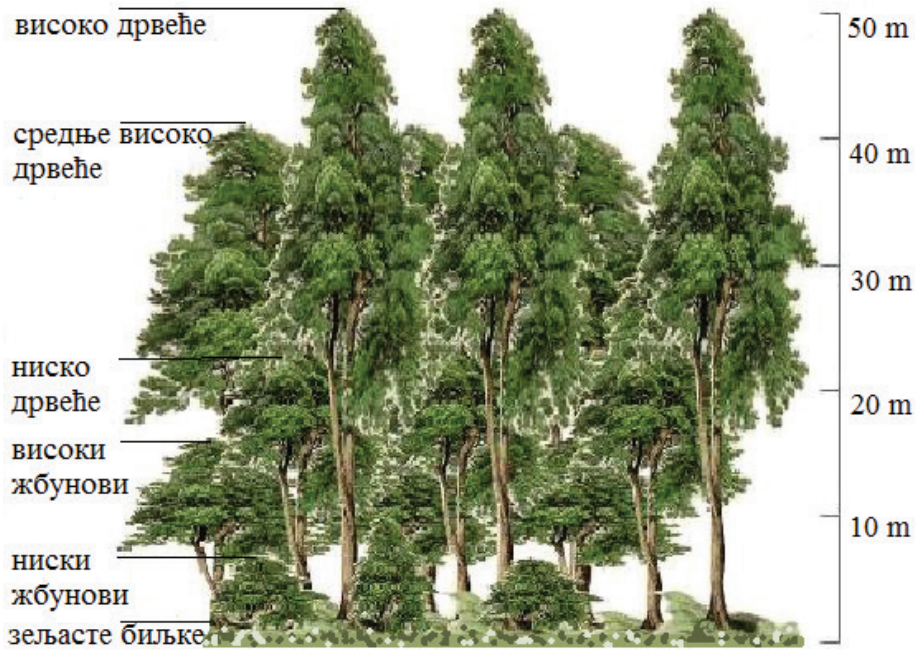
Учешће појединих фитоценотипова указује на врсте које имају специфичну улогу и значај у биљној заједници и укупном екосистему. У односу на значај фитоценотипова у заједници, они се могу поделити на:

- едификаторе – врсте које изграђују заједницу;
- конзерваторе – врсте које чувају заједницу;
- консолидаторе – врсте које учвршћују заједницу;
- неутралне – врсте које немају утицај на заједницу;
- деструкторе – врсте које уништавају заједницу.

Учешће појединих животних форми одређује структуру биљних заједница. Свака биљна врста одликује се карактеристичним обликом, величином и начином растења. У природи распознајемо различите врсте дрвећа, високих и ниских жбунова, зељастих биљака, повијуша, епифита и других форми биљака које граде одређене типове заједница различитих по изгледу. На пример, за изглед шума пресудан значај има животна форма дрвећа (фанерофите), за изглед степе одлучујућа је животна форма трава (хемикриптофите), за изглед тундре од пресудног значаја је животна форма полеглих жбунића (нанофанерофите).

Спратовност је структурна одлика фитоценоза која означава распоред биљака по спратовима (Сл. 227). Ова појава условљена је различитом висином појединих биљних врста и њиховим различитим еколошким потребама, пре свега за одређеном количином светлости. У неким заједницама, на пример буковим шумама умерене зоне, спратови су јасно изражени, док су у тропским кишним шумама спратови знатно слабије изражени не зато што је мање спратова, него зато што их је много, па их је теже уочити. У највећем броју случајева, број спратова је већи уколико су повољнији еколошки услови, ако је фитоценоза старија и ако је имала неометен историјски развој.

Слика 227. Спратовност у шуми



У шумама умереног појаса може се генерално разликовати спрат високог дрвећа (изнад 6 m), спрат ниског дрвећа (испод 6 m), спрат жбунова (до 2 m), спрат жбунића (до 1 m), спрат високих зељастих биљака (до 80 cm), спрат средње високих зељастих биљака (до 30 cm), спрат ниских зељастих биљака (до 10 cm) и спрат приземних биљака (до 3 cm). Свакако, свака заједница у зависности од типа станишта и врста које је граде, има специфичну спратовну структуру.

Биљне заједнице чије горње спратове изграђује само једна врста, означавају се као **монодоминантне** заједнице. На пример, то може бити чиста брезова, чиста липова или чиста еукалиптусова шумска заједница. Заједнице чије горње спратове изграђује мали број врста (2 – 3), могу се означити као **олигодоминантне** заједнице. То на пример, може бити заједница храстова сладуна и цера, заједница храста китњака и граба или заједница букве и јеле. Заједнице чији горње спратове изграђује већи број врста, означавају се као **полидоминантне**. На пример, полидоминантна може бити заједница букве, јеле, смрче и белог бора. Полидоминантне заједнице посебно су заступљене у вегетацији тропских кишних шума где се на 1 ha може наћи и преко 300 различитих дрвенастих врста.

14.2. ВРЕМЕНСКА ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА

Као што је за сваку заједницу својствена њена структура, тако су својствене и одређене промене кроз коју оне пролазе у одређеним цикличним временским интервалима. Временска организација животних заједница почива на њиховој динамици, односно, на сезонским променама њихових појединих градитеља, као и на постепеном, дугогодишњем смењивању једних чланова заједнице другим. Због тога се ове промене могу поделити на две групе – промене које суштински не мењају заједицу и промене које суштински мењају заједницу (постепено или нагло).

Промене које суштински не мењају заједницу, представљају нормалне и редовне процесе у свим заједницама и често представљају резултат њихове временске организације. Оваква нормална временска динамика животних заједница испољава се на пример, кроз годишњу цикличну периодичност појединих животних фаза. Тако на пример, листопадне шуме умереног појаса у јесен збацују лишће, а у пролеће поново листају, у саванама за време сушног периода дрвеће збацује лишће, а зељасте биљке се суше, док у време влажног периода вегетација поново озелени. Ове различите фазе животног циклуса означавају се као **фенолошке фазе** или **фенофазе**. Фенолошке фазе биљака су на пример, клијање, листање, цветање, плодоношење. Неке биљке све поменуте фенолошке фазе завршавају веома брзо, за месец или два. У нашем поднебљу такав је случај са пролећницама попут висибабе, шафрана, зумбула, бреберине, црњуше. Међутим, код неких биљака фенофазе трају много дуже, од раног пролећа до касне јесени. Због тога се време листања, цветања и плодоношења различитих биљних врста у једној заједници постепено смењује што се одражава и на изглед (физиогномију) заједнице у различитим периодима године. Нарочито је упадљива измена колорита која зависи од периода листања и цветања појединих биљних врста.

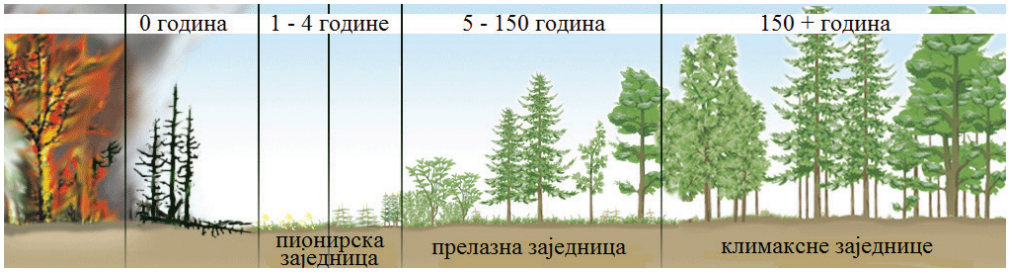
Попут биљака, и животиње пролазе кроз своје цикличне фенофазе чија је смена специфична за сваку врсту. То су на пример, парење, подизање младих, зимски сан, митарење, сеобе. Парење се код неких животиња одвија током пролећа, а код неких током јесени, развиће неких животиња тече брзо, тако да се током једне године развију и дају потомство, док код неких развој траје више година.

Све наведене периодичне промене у животним заједницама одражавају се на њихов изглед, односно, на њихову **аспективност**. Аспективност није у подједнакој мери изражена код свих типова заједница. У подручјима где је изразита смена годишњих доба, и аспективност је израженија (умерени појас), док је веома слабо изражена у поднебљима где нема јасне и оштре смене годишњих доба (тропске кишне шуме).

Други тип промена представља суштинско мењање одређеног подручја које настаје услед смене једне заједнице другом или услед насељавања простора који до тада није био насељен. Овакве промене називају се **еколошке сукцесије**. У природи се могу разликовати примарно и секундарно оголићена места, па самим тим, примарне и секундарне сукцесије.

Примарно оголићена места су она на којима претходно није било никакве вегетације и на којима нема биљних остатака и хумуса. Оваква места настају након изливања лаве или издизања острва током тектонских покрета и вулканских ерупција. Секундарно оголићена места су она на којима је претходно већ постојала нека вегетација која је потпуно или делимично уништена. Разлог уништења претходне вегетације може бити наношење муља током поплава, затрпавање вулканским пепелом, клизишта, лавине, пожари. Без обзира који је разлог што се повремено јаве места без вегетације, својствено оваквим местима је да она веома кратко остају без живота. Пошто се гљиве, лишаји и биљке брзо шире спорама, семењем или вегетативним органима, оне за кратко време почињу да насељавају празна места у природи. У почетку, ове врсте не образују праве заједнице, него заједнице у иницијалним стадијумима развоја. У овим **иницијалним заједницама** биљке су веома ретко распоређене и не утичу једна на другу. Временом, све успешније освајају празан простор и као пионирске врсте од иницијалних образују пионирске заједнице. **Пионирске заједнице** годинама постају све сложеније и стабилније, и кроз серију пролазних стадијума образују зреле заједнице које су најбоље прилагођене еколошким условима дате области, пре свега, климатским приликама. Овакве заједнице које су оптимално прилагођене условима одређене области представљају **климаксне заједнице**. У условима релативно стабилне средине, климаксне заједнице дуго опстају и осликавају еколошке услове подручја које су освојиле. Оне су подложне само пролазним, несуштинским фенолошким променама све док се поново не деси неки већи поремећај у окружујућој средини који може потпуно да их уништи или који може довести до суштинских промена у њиховом саставу и структури.

Слика 228. Еколошка сукцесија



Према факторима који их изазивају, сукцесије се могу поделити на три групе –сингенетичке, ендогенетичке и егзогенетичке.

Сингенетичке сукцесије представљају процес освајања неког новог ненасељеног простора од стране биљака и других организама. Између биљака и пратећих организама тада се јавља конкуренција за простор и повољније услове живота, а ново станиште успешније насељавају компетативно јаче врсте.

Ендогенетичке сукцесије представљају процес постепених промена услова станишта од стране самих биљака и других организама. Промена еколошких услова временом све мање одговара појединим врстама, тако да долази до прегруписавања врста и потискивања оних којима новонастали услови не одговарају за развој.

Егзогенетичке сукцесије представљају процес потпуне или делимичне смене једног типа заједнице другим услед деловања фактора независних од саме заједнице. Овакве сукцесије настају на пример, услед постепене промене климе, опадања нивоа подземних вода, појаве киселих киша, промене ацидобазне реакције земљишта итд. У савремено доба антропогени утицаји постају главни разлог негативних егзогенетичких сукцесија.

14.3. КЛАСИФИКАЦИЈА ЖИВОТНИХ ЗАЈЕДНИЦА

Као што постоји систем класификације живих бића, тако постоји и више система класификације животних заједница, односно екосистема. Оно што је заједничко за све системе класификације животних заједница, јесте да се они превасходно базирају на класификацији биљних заједница које у огромној већини екосистема представљају преовлађујућу структурну и функционалну компоненту. На тај начин, класификација биљних заједница одређеног подручја, представља и класификацију пратећих животињских заједница, односно, класификацију животних заједница и екосистема.

У класификацији биљних заједница може се поћи од више еколошко-функционалних параметара.

Физиогномска класификација биљних заједница за основне критеријуме узима њихове физиогномско-функционалне одлике, односно, њихов изглед и просторну организацију. Ова класификација почива на флористичком саставу, бројности, густини, дисперзији и социјалности биљака, заступљености појединих животних форми и спратовности.

Еколошка класификација биљних заједница као основни критеријум узима физичко-географске услове станишта јер животне заједнице представљају резултат њихове интеракције са стаништима која су населиле. Према овој класификацији све заједнице могу се поделити на заједнице водених станишта, влажних станишта, умерено влажних станишта, сувих станишта, хладних станишта, топлих станишта итд.

Физиогномско-еколошка класификација биљних заједница представља комбинацију физиогномске и еколошке класификације. На основу ових критеријума класификације, читаву вегетацију, односно, животне заједнице наше планете, Дилс (Diels, 1908) је поделио на 16 типова. То су:

– вегетација мора,

– вегетација слатких вода,

– вегетација мангрове,

– вегетација тропских кишних шума,

– вегетација саванских тропских шума,

– вегетација листопадних шума,

– вегетација четинарских шума,

– вегетација ксерофилних, тврдолисних шума,

– вегетација вриштина (зимзелених жбунова),

– вегетација савана,

– вегетација степа,

– вегетација ливада,

– вегетација низијских мочвара,

– вегетација високих тресавских мочвара,

– вегетација алпских ливада и

– вегетација зељастих и жбунастих биљака сушних области.

Флористичка класификација биљних заједница за основне критеријуме узима њихов флористички састав и упоредну анализу флористичке сличности и доминантних врста у појединим заједницама. Ова класификација коју је предложио швајцарски фитоценолог Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1928, 1951), једна је од најчешће примењиваних и најпотпунијих класификација биљних заједница.

У флористичкој класификацији биљних заједница, Браун-Бланке је пошао од класификације живих бића засноване на степену њихове сродности. Он је по угледу на овакву класификацију организама поставио систем класификације биљних, односно, животних заједница која је заснована на степену флористичке сличности међу заједницама.

Као што се за органске врсте примењује таксономска класификација, тако се за биљне заједнице примењује **синтаксономска класификација** (Таб. 3). У синтаксономској класификацији основна синтаксономска јединица је **асоцијација** (биљна заједница). Више флористички сличних асоцијација уједињује се у **свезе**, више флористички и еколошки сличних веза у **редове**, редови се уједињују у **класе**, класе у **вегетацијске кругове**. Вегетацијски круг може на пример, да буде пустињски, медитерански, средњеевропски, бореални (Braun-Blanquet 1951). Исто тако, ако на подручју свог распрострањења асоцијација није једнолична, него се у њеним границама разликују делови са донекле, измењеном структуром и комбинацијама врста, онда се та асоцијација може поделити и на ниже синтаксономске категорије: **субасоцијације, варијанте** и **фације**. На тај начин, у оквиру ареала једне асоцијације можемо разликовати две или више субасоцијација, варијанти или фација.

Табела 3. Синтаксономска класификација биљних заједницана примеру заједнице букве и липе на Фрушкој гори и Авали

Синтаксономска категорија	**Латински назив**	
класа	*Querco-Fagetea*	Листопадне шуме и шибљаци умерених области
ред	*Fagetalia sylvaticae*	Чисте и мешовите шумске мезофилне заједнице
свеза	*Fagion moesiacae*	Шумске заједнице букве
асоцијација	*Tilio Fagetum submontanum*	Шумска заједница букве са липом

14.4. ХОРИЗОНТАЛНО И ВЕРТИКАЛНО РАСПРОСТРАЊЕЊЕ ВЕГЕТАЦИЈЕ

Хоризонтално распрострањење вегетације на Земљи првенствено је одређено условима спољашње средине и биолошко-еколошким одликама врста које ступају у односе интеракције са својом средином. Од еколошких фактора, на хоризонталан распоред вегетације нарочито велики утицај имају температура и влажност. Они се мењају у времену (дневно-ноћна и сезонска колебања), али и у простору (од екватора према половима или обратно). У просечним вредностима, од полова према екватору температура постепено расте, и то за око 0,50C на приближно сваких 100 km. Због тога је могуће издвојити и одређене температурне зоне које су условљене географском ширином. Влажност се такође мења, али за те промене није пресудна географска ширина, него однос копна и мора. По правилу, влажност опада од обала мора према унутрашњости континената. Дакле, јасно је да хоризонталан распоред температуре и влажности има зонални карактер што је условило и **зонални распоред** појединих типова вегетације.

Када би површина Земље била равна, онда би и хоризонталан зоналан распоред влажности и температуре био равномеран. Међутим, постоје многи утицаји који ремете правилну смену климатских, а тиме и вегетацијских зона. Дакле, географска ширина и удаљеност од обала океана нису једини фактори који утичу на климу неке области. На климу такође утичу стални и периодични ветрови, топле и хладне морске струје, разуђеност копна и мора, планински ланци, њихова висина и правац пружања. Због тога,

у утврђивању правилности хоризонталног распореда појединих типова вегетације, неопходно је узети у обзир све утицаје спољашње средине, као и историјат вегетације кроз дуг временски период.

Климатске прилике се не мењају само са променом географске ширине, него и са променом надморске висине. Као што постоји хоризонтално, тако постоји и висинско, односно, **вертикално распрострањење вегетације** које је условило појаву одређених висинских зона.

У хладним и умереним областима средња годишња температура на сваких 100 m надморске висине у просеку опада око 0,5°C. Дакле, висинско зонирање температуре у планинским областима почев од њиховог подножја, значајно се подудара са хоризонталним зонирањем температуре од екватора према половима.

Опадање температуре у планинама доводи до постепеног скраћивања вегетацијског периода. Гледано у просечним вредностима, трајање вегетацијског периода скраћује се на сваких 100 m за 11,5 дана (Јанковић, 1990). Тако на пример, у Швајцарским Алпима (4.634 m н.в.), однос између надморске висине и дужине вегетацијског периода је следећи:

– на висини од 600 m вегетацијски период траје 9 месеци;

– на висини од 1.000 m вегетацијски период траје 7,9 месеци;

– на висини од 1.600 m вегетацијски период траје 5,5 месеци;

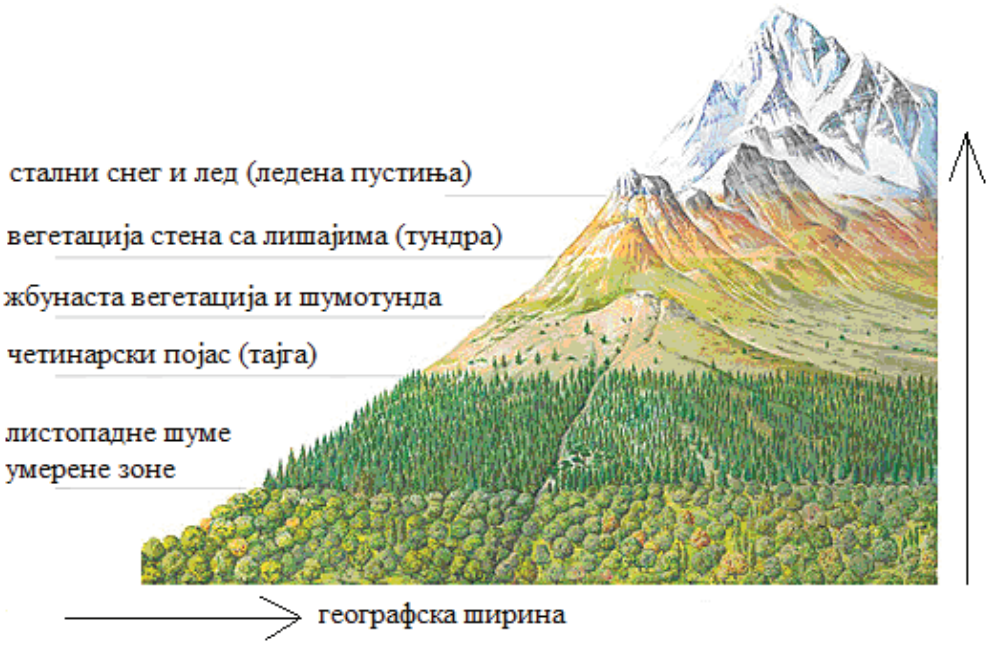
– на висини од 2.000 m вегетациони период траје 4,5 месеци;

– на висини од 2.600 m вегетациони период траје 1,5 месеци;

– на висини од 2.800 m вегетациони период траје 1 месец;

– на висини од 3.000 m налази се граница вечитог снега.

Слика 229. Смена висинских вегетацијских појасева



Број вегетацијских појасева на планинама не зависи само од њихове висине, него и од географске ширине на којој се планине простиру. По правилу, што је планински масив на мањој географској ширини, то је и број висинских појасева већи. Проистиче да најмањи број висинских појасева имају планине у близини полова, а највећи број високе планине око екватора. На овим планинама вертикалне вегетацијске зоне истовремено и најверније осликавају смену хоризонталних вегетацијских зона јер почињу појасом тропских вечнозелених шума, а завршавају се појасом вегетације која физиогномски подсећа на вегетацију тундре иза које наступа појас сталног снега и леда који одговара леденим пустињама на половима.

Ако се као пример узму планине умереног појаса, уочава се да се у њиховом подножју налазе листопадне шуме које представљају климазоналну вегетацију умереног појаса. Изнад листопадних шума налази се зона четинарских шума која одговара вегетацији тајге, а потом зона жбунасте и зељасте вегетације која по структури одговара зонама шумотундре и тундре. Најзад, на висинама од око 3.000 m почиње граница сталног снега и леда.

14.5. ЗОНАЛНОСТ ВЕГЕТАЦИЈЕ

У односу на просторни распоред и место у одређеним хоризонталним и вертикалним вегетацијским зонама, могу се разликовати четири типа вегетације.

Зонална вегетација условљена је општим климатским приликама одређеног ширег подручја и представља типичну, најраспрострањенију вегетацију која на најбољи начин осликава климу неког ширег географских простора. Она образује своју хоризонталну зону која се у зависности од климатских услова простире у правцу север – југ или исток – запад (Јанковић, 1990). Ако се пође од екватора у правцу севера, разликују се вегетација тропских кишних шума, тропских листопадних шума, мангрова, савана, пустиња, медитеранске области, степа, лишћарских листопадних шума, тамних четинарских шума (тајге) и тундре иза које наступа вечити лед и снег.

Општи климатски услови неког подручја нису на сваком делу подручја истоветни. На пример, у границама неке опште климе (умерено континенталне, континенталне, субмедитеранске...), депресије у рељефу и наноси крај река одликују се већом влажношћу што утиче на појаву вегетације која је другачија од опште, зоналне вегетације. С тим у вези је и појава да се у некој области поред типичне зоналне вегетације која најбоље одговара постојећем типу опште климе, могу развити и други типови вегетације који у већој или мањој мери одступају од типичне зоналне вегетације. Ти други типови вегетације који се налазе у границама зоналне вегетације су интразонална, азонална и екстразонална вегетација.

Интразонална вегетација никада не образује своју сопствену зону, него је укључена у неку зоналну вегетацију одређеног ширег подручја. Тако је на пример, интразонална вегетација заслањених депресија развијена у зонама степске и пустињске вегетације.

Азонална вегетација може бити укључена у сваку, било коју вегетацијску зону. На пример, плавне ливаде развијене у долинама река на речним алувијалним наносима, могу бити развијене у било којој зони (умереној, степској, пустињској...)

Екстразонална вегетација је онај део зоналне вегетације који је изашао изван граница своје зоне и делом се развио у некој другој зони. На пример, фрагменти тамних четинарских шума могу изаћи из своје зоне и јавити се у зони листопадних шума, нарочито на већим надморским висинама.

Литература, извори слика и табела

1. Allen, J. A. (1877). The influence of Physical conditions in the genesis of species. Radical Review 1: 108-140.
2. Allee, W. C., Park, T., Emerson, A. E., Park, O. & Schmidt, K. P. (1949). Principles of animal ecology. Saunders. Philadelphia.
3. Amidžić, L. (2013). Ekologija. Skripta. Univerzitet Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura. Beograd.
4. Amidžić, L. (2015). Biološka raznovrsnost i konzervaciona biologija. Udžbenik. Univerzitet Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura. Beograd.
5. Amidžić, L. (2015). Biogeografija. Udžbenik. Nezavisni univerzitet Banja Luka, Ekološki fakultet.
6. Amidžić, L. (2020). Očuvanje biodiverziteta. Prvo izdanje. Udžbenik. Univerzitet Singidunum, Životna sredina i održivi razvoj. Beograd.
7. Blaženčić, J. (1988). Praktikum iz anatomije biljaka s osnovama mikroskopske tehnike. Naučna knjiga. Beograd.
8. Beeby, A. & Brennan E. M. (2003). First Ecology - Ecological Principles and Environmental Issues. Oxford University Press.
9. Blaženčić, J. (2000). Sistematika algi. NNK International. Beograd.
10. Bobinski, N. A. (1956). Zoogeografija – kratki kurs. Udžbenik. Nolit. Beograd.
11. Bodenheimer, F. S. (1939). Problems of Animal Ecology. Ecology. Vol. 20, No. 1: 97-99.
12. Brajković, M. (2004). Zoologija invertebrata I. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
13. Brajković, M. (2006). Zoologija invertebrata II. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu.
14. Brown, J. H. & Lomolino, M. V. (1998). Biogeography. Second edition. Sinauer Associates, Incorporated, Sunderland. Massachusetts.
15. Cavalier-Smith T. (2014). The neomuran revolution and phagotrophic origin of eukaryotes in the light of intracellular coevolution and a revised tree of life In: The origin and evolution of eukaryotes. Keeling PJ, Koonin EV, eds. Cold Spring Harb Perspect Biol.
16. Cavalier-Smith, T. (2018). Kingdom Chromista and its eight phyla: a new synthesis emphasising periplastid protein targeting, cytoskeletal and periplastid evolution, and ancient divergences. Protoplasma, 255 (1): 297–357.
17. Ćurćić, B. (1990). Razviće životinje. Naučna knjiga. Beograd.

18. Diels, L. (1908). Pflanzengeographie. Sammlung Goöschen, Göschen'sche Verlagshandlung. Leipzig.
19. Dogelj, V. A. (1971). Zoologija beskičmenjaka. Naučna knjiga. Beograd.
20. Elton, C. S. (1968). Animal ecology. William Clowes and Sons Ltd. Great Britain.
21. Ehrlich, P.R. & Ehrlich, A. H. (1970). Population, Resources, Environment: Issues in Human Ecology. W.H. Freeman.San Francisco. Gloger, C.W.L.
22. Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T. & Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. Science 40: 237- 281.
23. Grozdanović-Radovanović, J. (2000). Citologija. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
24. Janković, M. M. (1990). Fitoekologija sa osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na Zemlji. Udžbenik. Naučna knjiga. Beograd.
25. Janković, M. M. & Atanacković, B. (1999). Biogeografija sa pedologijom. Udžbenik. Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd.
26. Jovičić, D. & Vitas, A. (2015). Biologija životne sredine. Skripta. Univerzitet Singidunum, Fakultet za primijenjenu ekologiju Futura. Beograd.
27. Казанчев, В. П. (1989). Учение В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Наука. Новосибирск.
28. Kojić, M., Pekić, S. & Dajić, Z. (2004). Botanika. Biblioteka Studije. Izdavačka kuća Draganić. Beograd.
29. Kalezić, M. (2008). Osnovi morfologije kičmenjaka. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
30. Kalezić, M. & Tomović, Lj. (2007). Hordati. NNK International. Beograd.
31. Krunić, M. (1977). Zoologija beskičmenjaka 1. Naučna knjiga. Beograd.
32. Krunić, M. (1977). Zoologija beskičmenjaka 2. Naučna knjiga. Beograd.
33. MacLeod A. & Sikora K. (1984). Molecular biology and human diseases. Blackwell Scientific Publications. Oxford. ISBN 978-0-632-01167-4.
34. Marinović, R. (1985). Osnovi mikologije i lihenologije. PMF Univetziteta u Beogradu. Beograd.
35. Mayr, E. (1970). Populations, Species and Evolution. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.
36. Mayr, E. (1976). Evolution and the Diversity of Life. Selected Esayss. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London. England.
37. Miller, G. T. (1998). Living in the Environment. Wadsworth Pub. Comp., Belmont.
38. Mihajlović, Lj., Vilotić, D. & Šijačić-Nikolić, M. (2019). Priručnik iz biologije za polaganje kvalifikacionog ispita. Šumarski fakultet. Beograd.

39. Nedović, B. (2003). Botanika. Univerzitetska knjiga. Banja Luka.
40. Nussbaum R. L. et al. (2007). Genetics in Medicine. Saunders. 7th ed. Saunders. Philadelphia.
41. Odmum, E. P. (1975). Ecology, the Link Between the Natural and the Social Sciences. Science: 244.
42. Oparin, A. I. (1924). The Origin of Life. Moscow Worker publisher. Moscow.
43. Ognjanović, B. (2016). Opšta fiziologija. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu. Kragujevac.
44. Pantić, V. (1989). Embriologija. Naučna knjiga. Beograd.
45. Pantić, V. (1997). Biologija ćelije. Univerzitet u Beogradu. Beograd.
46. Petković, B., Merkulov, Lj. & Duletić-Laušević, S. (2005). Anatomija biljaka sa praktikumom. Studioline. Beograd.
47. Pešić, S. (2011). Osnovi ekologije. Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu. Kragujevac.
48. Radović, I. & Petrov, B. (2001). Raznolikost života 1 - struktura i funkcija. Biološki fakultet u Beogradu & Stylos. Beograd - Novi Sad.
49. Radoman, P. (1971). Teorija organske evolucije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
50. Ranđelović, V. (2005). Botanika. Biološko društvo „Dr Sava Petrović". Niš.
51. Raunkiaer, C. (1934). The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography, being the collected papers of C. Raunkiær. Translated by Gilbert-Carter, H. Fausbøll, A. & Tansley, A. G. Oxford University Press, Oxford. Reprinted 1978. Ayer Co Pub., in the "History of Ecology Series". Преузето са https://en.wikipedia.org/wiki/ Raunki% C3% A6r_plant_life-form.
52. Rischer, C. E. & Easton, T. A. (1956). Focus on human biology. Harper Collins Publishers. New York.
53. Savić-Pavićević, D. & Matić, G. (2011). Osnovi molekularne biologije. NNK International. Beograd.
54. Stanković, S. (1961). Ekologija životinja. Zavod za izdavanje udžbenika Narodne Republike Srbije. Beograd.
55. Stevanović, B. & Janković, M.M. (2001). Ekologija biljaka sa osnovama fiziološke ekologije biljaka. NNK International. Beograd.
56. Šerban, M. N. (2001). Ćelija - strukture i oblici. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
57. Šorić, V. (1997): Morfologija i sistematika hordata. Prirodno-matematički fakultet u Kragujevcu. Kragujevac.

58. Tatić, B., Marinović, R. & Blaženčić, J. (1986). Morfologija biljaka. Naučna knjiga. Beograd.
59. Tatić, B. & Blečić, V. (2002). Sistematika i filogenija viših biljaka. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
60. Teodorides, Ž. (1999). Istorija biologije. Plato. Beograd.
61. Tucić, N. (1987). Uvod u teoriju evolucije. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.
62. Tucić, N. (2003). Evoluciona biologija. NNK International. Beograd.
63. Варнадскии, В.И. (1925). Биосфера и ноосфера. Академија наука СССР. Наука. Москва.
64. Whittaker, R. H. (1969). New concepts of kingdoms of organisms". Science. 163 (3863): 150–60.
65. Wilson, E.O. (2002).The Future of Life. Vintage books. New York.

Извори слика

Слика 1. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51529

Слика 2. Модификовано: Амиџић Лидија према, Модификовано: Амиџић Лидија према, http://kmbiology.weebly.com/viruses-fungi-bacteria-and-protists---notes.html

Слика 3. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://quizlet.com/418036292/prokaryotic-cell-e-coli-structure-and-definition-diagram/

Слика 4. https://www.kindpng.com/imgv/hJooxhb_amino-acid-structure-a-level-hd-png-download/

Слика 5. https://www.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/introduction-to-proteins-and-amino-acids

Слика 6. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:D-Glucose_vs._D-Fructose_Structural_ Formulae_V.1.svg

Слика 7. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Induced_fit_diagram.svg

Слика 8. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.instructables.com/3D-Cell-Model-and-SongPoem/

Слика 9. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.instructables.com/3D-Cell-Model-and-SongPoem/

Слика10. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://physiologie.cc/I.1.htm

Слика 11. https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-biology-flexbook-2.0/section/2.11/primary/lesson/ diffusion-bio/

Слика 12. http://biology4alevel.blogspot.com/2014/09/25-passive-and-active-transport-across.html

Слика 13. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.goconqr.com/p/430890-Osmosis-notes

Слика 14. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://en.wikipedia.org/wiki/Endocytosis

Слика 15. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:0310_Exocytosis_cleaned.png

Слика 16. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://biologydictionary.net/microtubule/

Слика 17. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.genome.gov/genetics-glossary/Centrosome

Слика 18. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.researchgate.net/publication/228050512_Ribosome_Structure_and_Shape

Слика 19. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://socratic.org/questions/what-does-the-endoplasmic-reticulum-look-like

Слика 20. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://socratic.org/questions/59535ea111ef6b5dadbf7bc1

Слика 21. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.britannica.com/science/Golgi-apparatus

Слика 22. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://micro.magnet.fsu.edu/cells/lysosomes/lysosomes.html

Слика 23. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.news-medical.net/life-sciences/What-are-Mitochondria.aspx

Слика 24. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://pnghut.com/png/q1dJ0qXMmE/chloroplast-organelle-photosynthesis-plant-cell-sunlight-label-cartoon-transparent-png

Слика 25. https://scopem.ethz.ch/-new--scientific-center-for-optical-and-electron-microscopy-.html

Слика 26. https://steemit.com/science/@mystic-natura/my-favoryte-molecule

Слика 27. https://www.quora.com/Do-plant-cells-and-animal-cells-have-amyloplast

Слика 28. https://qsstudy.com/chromoplast-in-plants/

Слика 29. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.takshilalearning.com/9th-class-science-the-fundamental-unit-of-life-nucleus/

Слика 30. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.quora.com/In-a-plant-cell-what-is-the-function-of-the-vacuole

Слика 31. https://www.carolina.com/plant-microscope-slides/typical-plant-cells-sec-thin-microscope-slide/301706.pr

Слика 32. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://botanystudies.com/the-cell-wall-and-its-structure/

Слика 33. https://www.nature.com/scitable/topicpage/discovery-of-dna-structure-and-function-watson-397/

Слика 34. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://i.pinimg.com/564x/b8/a9/fc/b8a9fc4ce30486d759923f1e791671a7.jpg

Слика 35. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.pinterest.com/pin/5066618320074443/

Слика 36. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.allposters.com/-sp/Heredity-Posters_i14411015_.htm

Слика 37. https://www.sciencephoto.com/media/458364/view/human-karyotype

Слика 38. https://depositphotos.com/478043230/stock-photo-binary-fission-occurs-transverse-fashion.html

Слика 39. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://vsbotany.blogspot.com/2019/01/mitosis-and-meiosis.html

Слика 40. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://9gag.com/gag/awAGe3W https://9gag.com/gag/awAGe3W

Слика 41. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://micapophysicalscience.weebly.com/meiosis.html

Слика 42. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.shutterstock.com/search/acrosome

Слика 43. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://es.paperblog.com/gametogenesis-2996979/

Слика 44. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.dreamstime.com/human-embryonic-development-human-embryogenesis-zygote-to-gastrula-human-embryonic-development-human-embryogenesis-image218818419

Слика 45. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://biologydictionary.net/homozygous/ https://biologydictionary.net/homozygous/

Слика 46. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencelearn.org.nz/resources/2000-mendel-s-principles-of-inheritance

Слика 47. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencelearn.org.nz/resources/2000-mendel-s-principles-of-inheritance

Слика 48. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://bodell.mtchs.org/Online-Bio/BIOCD/text/chapter10/concept10.3.html

Слика 49. Лидија Амиџић

Слика 50. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://www.differencebetween.net/science/difference-between-blood-groups-a-b-ab-and-o/

Слика 51. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://saylordotorg.github.io/text_the-basics-of-general-organic-and-biological-chemistry/s22-05-mutations-and-genetic-diseases.html

Слика 52. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://biology.reachingfordreams.com/molecular-genetics/18...

Слика 53. https://www.hhmi.org/news/new-blood-test-down-syndrome

Слика 54. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.rs/search?q=apical+meristems

Слика 55. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://web.uri.edu/cels/bio/plant_anatomy/images/18.gif

Слика 56. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://socratic.org/questions/what-is-cork-cambium

Слика 57. https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/1-vegetal/v-imagenes-grandes/colenquima_ angular.php

Слика 58. https://www.flickr.com/photos/146824358@N03/36999101256/in/ album-72157680281173703/

Слика 59. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencephoto.com/media/30180/view/stomata-on-epidermis-of-rose-leaf

Слика 60. https://www.quora.com/What-is-a-stoma-in-a-plant

Слика 61. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Woody_Dicot_Stem_Periderm_and_Cortex_in_ Late_One_Year_Quercus_%2835975045073%29.jpg

Слика 62. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.rs/search?q=lenticele

Слика 63. https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1219060

Слика 64. https://www.pinterest.com/josephs3366

Слика 65. Амиџић Лидија

Слика 66. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.pinterest.com/olivierleroux/pins/

Слика 67. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.differencebetween.com/difference-between-amphicribral-and-amphivasal/

Слика 68. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://botit.botany.wisc.edu/Anatomy/Glossary/En2.html

Слика 69. http://herbalgram.org/resources/herbalgram/issues/53/table-of-contents/article2207/

Слика 70. https://www.businessinsider.com/stunning-images-of-the-very-small-2012-10?op=1&IR=T

Слика 71. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.carlsonstockart.com/photo/pine-bean-seed-structure-comparison-gymnosperm- angiosperm/

Слика 72. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.britannica.com/science/seed-plant-reproductive-part/Germination

Слика 73. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://biosphereexperiment.weebly.com/zone-of-elongation.html

Слика 74. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www4.uwsp.edu/biology/courses/botlab/lab07b.htm

Слика 75. Модификовано: Амиџић Лидија према, Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www4.uwsp.edu/biology/courses/botlab/lab07b.htm

Слика 76. https://www.diffen.com/difference/Dicot_vs_Monocot

Слика 77. https://www.pinterest.com/pin/325103666834367874/

Слика 78. https://www.brecks.com/how_to_tips_growing_instructions_dahlias

Слика 79. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.com

Слика 80. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://funscience2017.wordpress.com/2017/06/24/cross-section-of-dicot-and-monocot-stem/

Слика 81. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://jamesalliban.tumblr.com/post/19925510710/tumbletower-cross-section-of-a-dicot-planthttps://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zps82hv/revision/2

Слика 82. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zps82hv/revision/2

Слика 83. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.flickr.com/photos/146824358@N03/35837215284/in/album- 72157683412540995/

Слика 84. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://lizzieharper.co.uk/2015/12/step-by-step-illustration-of-a-wild-strawberry/

Слика 85. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://foodartist.wordpress.com/2010/09/28/35-illustrating-as-my-remedy/

Слика 86. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://www.paintingsofplants.com/enlargement15.htm

Слика 87. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.flickr.com/photos/71183136@N08/7131296113/in/photostream/

Слика 88. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.pinterest.com/pin/121949102398683671/

Слика 89. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.com/search

Слика 90. http://myrankedu.blogspot.com/2015/05/phyllotaxy.html

Слика 91. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.com/search

Слика 92. https://pixels.com/featured/ranunculus-peltatus-floribundus-common-water-crowfoot-var- english-school.html

Слика 93. https://www.pinterest.com/pin/366128644706374937/

Слика 94. http://www.ancestryimages.com/proddetail.php?prod=h5787&cat=57

Слика 95. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://psm.org.pk/morphological-characters-of-flower/

Слика 96. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Haplochlamyde.svg

Слика 97. https://www.pinterest.com/pin/527061962654493957/

Слика 98. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencesource.com/archive/Image/Mature-Lily-Anther--LM-SS21790946.html

Слика 99. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://classnotes.org.in/class-6/science/getting-to-know-plants/flowers-fruits-and-seeds/

Слика100. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.quora.com/What-is-the-distinction-between-a-pistil-and-a-carpel

Слика 101. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.brainkart.com/article/Gynoecium-in-Flower_14244/

Слика 102. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.com/search

Слика103. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.brainkart.com/article/Gynoecium_32950/

Слика 104. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://manoba.blogspot.com/2013_06_01_archive.html

Слика 105. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.pinterest.com/pin/582653270541280057/

Слика 106. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.pinterest.com/pin/18014467248690698/

Слика 107. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencefacts.net/wp-content/uploads/2021/08/Inflorescence.jpg

Слика 108. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.tetsuccesskey.com/2021/06/inflorescene-types-and-its-characteristics.html

Слика 109. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencefacts.net/wp-content/uploads/2021/08/Inflorescence.jpg

Слика 110. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.guyhowto.com/fruit-morphology-and-types-of-fruits/

Слика 111. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/realistic-of-lemon-vector-9272125

Слика 112. https://www.pinterest.com/pin/222576406575184617/

Слика 113. https://www.pinterest.com/pin/170785010853494247/

Слика 114. https://www.flickr.com/photos/14658898@N08/1491642936

Слика115. https://cathe.com/twelve-amazing-health-benefits-of-strawberries/

Слика 116. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://twistedsifter.com/2015/05/macro-photo-of-strawberry-surface/

Слика 117. https://www.freegreatpicture.com/business-class-people/fig-50724

Слика 118. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://www.codex99.com/anatomy/104.html

Слика 119. https://en.wikipedia.org/wiki/Fibroblast

Слика 120. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://i.pinimg.com/originals/54/e3/8d/54e38d9b18aa37690d60da1a65795488.jpg

Слика 121. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.histology.leeds.ac.uk/bone/cartilage.php

Слика 122. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://campus.cerimes.fr/hematologie/enseignement/hematologie_166/site/html/images/ figure_3.JPG

Слика 123. https://hr.puntomarinero.com/bone-functions-of-bone-tissue/

Слика 124. https://www.allposters.com/-sp/Osteoclasts-In-Bone-Lacunae-SEM-Posters_i10018342_.htm

Слика 125. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencetopia.net/biology/bone-connective-tissue

Слика 126. https://www.sciencephoto.com/media/301744/view

Слика 127. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://kf1.amplifire.com/amp/#s/review-app/hf/review-question/assignment=WU3LMJLAN/from_learning=false/question_id=107062/

Слика 128. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://thebiologynotes.com/actin-vs-myosin/

Слика 129. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://chamodinim.wordpress.com/2013/04/30/musculoskeletal-system/

Слика 130. https://www.pinterest.com/pin/181481059972327237/

Слика 131. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.rs/search?q=švanove+ćelije

Слика 132. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.genetex.com/Research/Overview/neuroscience/neurites_synapses

Слика 133. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://europepmc.org/article/PMC/4091911 https://europepmc.org/article/PMC/4091911

Слика 134. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://thebiologynotes.com/epithelial-tissue/ https://thebiologynotes.com/epithelial-tissue/

Слика 135. https://graphicriver.net/item/human-bones-realistic-skeleton-elements/28629220

Слика 136. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.chegg.com/flashcards/an2-01-the-thoracic-wall-934f1534-bd61-4681-8289-4470edb6ce88/deck

Слика 137. https://www.google.rs/search?q=mišićni+sistem

Слика 138. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://www.siera104.com/bio/flatworms.html

Слика 139. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://goodridgebiojohnsastrillo.wordpress.com/arthropods/nervous-system/

Слика 140. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.freepik.com/premium-vector/human-brain-anatomical-illustration-cartoon-style_21556909.htm

Слика 141. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://dentistryandmedicine.blogspot.com/2011/07/spinal-cord-and-spinal-nerves.html?m=1

Слика 142. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.northshore.org/healthresources/encyclopedia/encyclopedia.aspx? DocumentHwid=zm2325

Слика 143. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://sr.m.wikipedia.org/sr-ec/%D0%9E%D0%BA%D0%BE

Слика 144. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.nyogmd.com/hearing-balance-center/how-the-ear-works/

Слика 145. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.brainkart.com/article/The-Heart--Structure-and-Function_21076/

Слика 146. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_ap/ip2-0/cc/common-template.php?page=2&transcriptmode=0

Слика 147. https://www.shtreber.com/u-vodi#5054_0

Слика 148. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://reborn.rs/disanje-tokom-trcanja

Слика149. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.alamy.com/stock-photo/pulmonary-venule.html

Слика150. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.britannica.com/science/human-digestive-system

Слика 151. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://mungfali.com/page/3AB9263DF2FD8EB17062C9661F48B23D8DB50ACC/ sangre_en_la_orina_%7C_material_de_enfermagem,_estudante_de_

Слика 152. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.wise-geek.com/what-is-the-adrenal-cortex.htm

Слика 153. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://healthjade.com/vas-deferens/

Слика 154. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.carlsonstockart.com/gallery/human-urogenital-system-reproductive-urinary-sex-organs-illustration/

Слика 155. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://quizlet.com/292724216/developing-fetus-diagram/

Слика 156. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://emedicine.medscape.com/article/1899167-overview

Слика 157. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://nurseslabs.com/endocrine-system/https://nurseslabs.com/endocrine-system/

Слика 158. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencedirect.com/topics/immunology-and-microbiology/integumentary-system

Слика 159. https://en.wikipedia.org/wiki/Peppered_moth_evolution

Слика 160. https://www.sciencephoto.com/media/608822/view/trachelomonas-sp-protist-lm

Слика 161. https://sciencenorway.no/biodiversity-dna-forskningno/the-secret-life-of-the-sea/1462942

Слика 162. https://en.wikipedia.org/wiki/Puccinia_sessilis

Слика 163. https://www.toppr.com/ask/question/the-diseases-produced-by-fungus-ustilago-are-known-as-smuts-because/

Слика 164. http://www.keweenawalgae.mtu.edu/gallery_images/cyanobacteria/Anabaena_a22-17_2016.jpg

Слика 165. https://www.researchgate.net/publication/238447145_Phytoplankton_of_the_York_River/ figures?lo=1

Слика 166. https://www.flickr.com/photos/myfwc/8631753162/

Слика 167. https://krebsmicro.com/webgal2/File093.html

Слика 168. https://abloomskincare.com/blogs/glossary/calcified-red-algae

Слика 169. https://discover.hubpages.com/entertainment/Macrophotography-of-Lichen-Macrophotographic-Images-of-Lichen

Слика 170. https://www.flickr.com/photos/7147684@N03/4504575158/in/photostream

Слика 171. https://www.healthbenefitstimes.com/usnea/ https://www.healthbenefitstimes.com/usnea/

Слика 172. https://www.wikiwand.com/en/Marchantia_polymorpha#Media/File:Marchantia_ polymorpha_ ruderalis _153518127.jpg

Слика 173. https://www.britishbryologicalsociety.org.uk/learning/species-finder/bryum-capillare/

Слика 174. https://www.flickr.com/photos/cameliatwu/galleries/72157627525844880

Слика 175. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Athyrium_filix-femina_Sori_Tannwald1.jpg

Слика 176. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cycas_revoluta_male.jpg

Слика 177. https://worldofsucculents.com/welwitschia-mirabilis-tree-tumbo-tumboa/

Слика 178. https://www.euforgen.org/species/pinus-nigra/

Слика179. https://www.calacademy.org/educators/lesson-plans/build-a-coral-polyp

Слика 180. https://www.mcqbiology.com/2012/10/mcq-on-phylum-platyhelminthes.html

Слика 181. http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2009/maiers_andr/nematode%205.bmp

Слика 182. https://earthlife.net/inverts/oligochaeta

Слика 183. https://www.jsg.utexas.edu/news/files/chiton_extant3.jpg

Слика 184. https://www.flickr.com/photos/rogeliomorenog/12252363125/

Слика 185. https://factsanddetails.com/world/cat53/sub338/item1255.html

Слика 186. https://www.flickr.com/photos/pacificklaus/6235733015/

Слика187. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.chegg.com/flashcards/lab-11-phylum-chordata-3178832f-a3e9-4aeb-8fcf-7ed64ced986a/deck

Слика 188. https://www.flickr.com/photos/noaa_glerl/8741970596

Слика 189. https://fishesofaustralia.net.au/Images/Image/NeoceratodusForsteriRK.jpg

Слика 190. https://www.flickr.com/photos/lionking369/8604351073/

Слика 191. https://www.boredpanda.com/cutest-baby-animals/?utm_source=pinterest&utm_medium=social&utm_campaign=organic

Слика192. https://www.sierraclub.org/sierra/2016-5-september-october/critter/pangolin-weirdest-animal-earth

https://www.flickr.com/photos/kalyan_1052/36144511280

Слика.193. http://www.nocturama.org/en/babies-the-weight-of-paperclips-slow-loris/

Слика194. https://www.cuded.com/snow-monkeys-by-masashi-mochida/

Слика 195. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://biologijazaucenike.blogspot.com/2014/10/temeljna-svojstva-zivotnih-zajednica.html

Слика 196. Модификовано: Амиџић Лидија према, Модификовано: Амиџић Лидија према, http://w3.marietta.edu/~biol/biomes/biome_main.htm

Слика 197. Амиџић Лидија

Слика 198. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.purposegames.com/game/food-chain

Слика 199. https://ecologyforall.weebly.com/food-web.html

Слика 200. https://www.britannica.com/science/trophic-pyramid

Слика 201. Амиџић Лидија

Слика 202. Амиџић Лидија

Слика 203. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.aquasabi.com/aquascaping-wiki_nutrients_liebig-s-law-of-the-minimum

Слика 204. Модификовано: Амиџић Лидија према, http://group4cladistics.weebly.com/analogous-and-homologous-traits.html

Слика 205. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://en.wikipedia.org/wiki/Raunki%C3%A6r_plant_life-form#/media/File:Life_forms.png

Слика 206. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.rs

Слика 207. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.rugbyclubmag.com/a-guide-to-drainage/

Слика 208. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.canr.msu.edu/news/pond_plants_are_a_vital_part_of_a_balanced _aquatic_ ecosystem

Слика 209. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://fineartamerica.com/featured/oleander-leaf-nerium-stomata-lm-science-stock-photography.html

Слика 210. https://biology.stackexchange.com/questions/27989/is-this-a-grass-cell

Слика 211. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.rs

Слика 212. https://rootrescue.com/pages/the-science

Слика 213. http:www.it. wikipedia.org

Слика 214. http:www.it. wikipedia.org

Слика 215. https://cool-critters.tumblr.com/post/175218913031/live-sharksucker-echeneis- naucrates -the-live

Слика 216. https://oceanconservancy.org/blog/2021/07/30/remoras-lend-helping-fin/

Слика 217. https://viola.bz/protective-eyes-on-butterfly-wings/

Слика 218. http:www.it. wikipedia.org

Слика 219. https://viola.bz/protective-eyes-on-butterfly-wings/

Слика 220. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oryctolagus_cuniculus_distribution_Map.png

Слика 221. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_Mustela_nivalis.png

Слика 222. http:www.iucnredlist.org/apps/redlist/details

Слика 223. Лидија Амиџић

Слика 224. Лидија Амиџић

Слика 225. http:www.iucnredlist.org/apps/redlist/details

Слика 226. https://www.conifers.org/pi/Pinus_heldreichii.php

Слика 227. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.google.rs

Слика 228. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.britannica.com/science/ecological-succession

Слика 229. Модификовано: Амиџић Лидија према, https://www.sciencephoto.com/media/415681/view/vegetation-altitude-zones

Извори табела

Табела 1. Лидија Амиџић

Табела 2. Модификовано: Амиџић Лидија према, Cavalier-Smith, 2014

Табела 3. Лидија Амиџић

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

57(075.8)

АМИЦИЋ, Лидија, 1957-
Биологија са екологијом / Лидија Амиџић, Гордана Дражић, Даниела Цветковић. - 1. изд. - Београд : Универзитет Сингидунум, 2022 (Београд : Birograf). - VII, 384 стр. : илустр. ; 24 cm

На врху насл. стр.: Животна средина и одрживи развој. - Тираж 300. - Библиографија: стр. 370-384.

ISBN 978-86-7912-785-3

1. Дражић, Гордана, 1958- [аутор] 2. Цветковић, Даниела, 1979- [аутор]

а) Биологија

COBISS.SR-ID 78106121

© 2022.

Sva prava zadržana. Nijedan deo ove publikacije ne može biti reprodukovan u bilo kom vidu i putem bilo kog medija, u delovima ili celini bez prethodne pismene saglasnosti izdavača.

www.singidunum.ac.rs



9 788679 127853

Биологија са екологијом

Лидија Амицић | Гордана Дражић • Даниела Цветковић

Биологија је мултидисциплинарна наука које се бави проучавањем живота – његовим настанком, еволуцијом, структурно-функционалном организацијом и интеракцијама са окружујућом средином. Сви облици и манифестације живота данас се проучавају од субћелијског нивоа до нивоа биосфере. Широк спектар тема везаних за структуре, процесе и појаве у живом свету довео је до развоја биологије као система сродних научних дисциплина специфичних по проблематици којом се баве и методологији која се примењује. Основне дисциплине биологије су биохемија, биофизика, генетика, молекуларна биологија, цитологија, хистологија, анатомија, морфологија, физиологија, ембриологија, систематика, еволуциона биологија, екологија, биогеографија, етологија, конзервациона биологија, космичка биологија и друге. У зависности од тога које групе организама проучава, биологија се дели на микробиологију, микологију, алгологију, лихенологију, бриологију, ботанику, зоологију и антропологију.

Екологија је једна од дисциплина биологије која проучава односе организама и њихових заједница према утицајима животне средине, као и узајамне односе између самих организама. Бавећи се узајамним односима организама и о кружујуће средине, екологија даје одговоре на многа питања везана за проток енергије, кружење и трансформацију материје, механизме прилагођавања и организовања у животне заједнице, њихов просторно-временски континуум, као и одговоре на питања везана за стање и перспективе очувања биосфере.

Универзитет Сингидунум