

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Др Драгица Обратов-Петковић
Др Матилда Ђукић
Др Милка Главендекић

БИОЛОГИЈА

ПРИРУЧНИК ЗА ПОЛАГАЊЕ
ПРИЈЕМНОГ ИСПИТА НА
ШУМАРСКОМ ФАКУЛТЕТУ У БЕОГРАДУ

(ОДСЕЦИ: ПЕЈЗАЖНА АРХИТЕКТУРА И ХОРТИКУЛТУРА И
ЕКОЛОШКИ ИНЖЕЊЕРИНГ У ЗАШТИТИ ЗЕМЉИШНИХ
И ВОДНИХ РЕСУРСА)

- четврто издање -

Београд, 2015. године

Др Драгица Обратов-Петковић
Др Матилда Ђукић
Др Милка Главендекић

**БИОЛОГИЈА • ПРИРУЧНИК ЗА ПОЛАГАЊЕ ПРИЈЕМНОГ
ИСПИТА НА ШУМАРСКОМ ФАКУЛТЕТУ У БЕОГРАДУ**

Одсеци: пејзажна архитектура и хортикултура и еколошки инжењеринг
у заштити земљишних и водних ресурса

Рецензенти
др Бранимир Петковић, ред. проф.
др Љубодраг Михаиловић, ред. проф.

Издавач
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
Београд, Кнеза Вишеслава 1

За издавача
др Милан Медаревић, ред. проф., декан

Графички уредник
Стеван Паковић

Четврто издање 2015. година

Тираж: 300 примерака

Штампа „Планета принт“, Београд

ISBN 978-86-7299-169-7

© Сва права задржава издавач

Садржај

Предговор.....	11
----------------	----

ЦИТОЛОГИЈА

ЋЕЛИЈА	13
Хемијски састав ћелије	13
Грађа типичне биљне ћелије	14
Ћелијски зид	15
Мембране протопласта	16
Цитоплазма	17
Ћелијске органеле	17
Рибозоми	17
Ендоплазматични ретикулум (ЕР)	18
Голџијев апарат	18
Лизозоми	18
Митохондрије (хондриозоми)	18
Пластиди	19
Цитозоми (микротела)	20
Микроцевчице	20
Једро	20
Вакуоле	21
Циклус ћелије	22
Амитоза	22
Митоза	22
Мејоза	24
Деоба ћелије – цитокинеза	25
Продукти протопласта	26
Разлике између биљне и животињске ћелије	26

ХИСТОЛОГИЈА

ТВОРНА ТКИВА (МЕРИСТЕМИ)	27
ТРАЈНА ТКИВА	29
Систем паренхимских ткива	29
Систем покоричних ткива	30
Систем механичких ткива	31
Систем проводних ткива	32
Систем ткива за лучење	35

МОРФОЛОГИЈА И АНАТОМИЈА ВЕГЕТАТИВНИХ
И РЕПРОДУКТИВНИХ ОРГАНА БИЉАКА

КОРЕН	36
Анаџомска їрађа корена	37
Меџаморфозе корена	37
СТАБЛО	38
Гранање	38
Изданак	39
Анаџомска їрађа сџабла	40
Примарна їрађа сџабла моноџииледоних биљака	40
Примарна їрађа сџабла дикоџииледоних биљака	40
Секундарна їрађа сџабла	41
ЛИСТ	41
Анаџомска їрађа лисџа	43
ЦВЕТ	44
Оїрашивање	46
Оїлођење	46
ЦВАСТИ	47
СЕМЕ	48
ПЛОД	48

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

Сисџемаџске јединице (џаксони)	50
Боџаничка номенклаџура	50
Меџоде и їринџиџи у деџтерминаџији биљака	50
Царсџво Monera (Procariota)	53
Царсџво Protista (Eucariota)	53
Царсџво Fungi (Гџиве)	54
Гџиве (Fungi)	54

Раздео Мухомycota (слузаве гљиве).....	55
Раздео Eumycota (праве гљиве).....	55
Лишајеви (Lichenophyta).....	56
Царство Planta (Више биљке).....	57
Раздео Маховина Bryophyta.....	57
Раздео Папрати (Polypodiophyta).....	58
Одељак Spermatophyta (Семенице).....	58
Раздео Pinophyta (Голосеменице).....	58
Класа Pinopsida.....	58
Класа Gynadopsida.....	59
Раздео Magnoliophyta (Скривеносеменице).....	59
Класа Magnoliopsida (дикотиледоне биљке).....	60
Фамилија љутића (Ranunculaceae).....	60
Фамилија букве (Fagaceae).....	60
Фамилија бреза (Betulaceae).....	61
Фамилија купуса (Brassicaceae).....	62
Фамилија ружа (Rosaceae).....	62
Фамилија лептирњача (Fabaceae).....	63
Фамилија ланилиста (Scrophulariaceae).....	64
Фамилија уснатица (Lamiaceae).....	64
Фамилија главочика (Asteraceae).....	65
Класа Liliopsida (Монокотиледоне биљке).....	65
Фамилија љиљана (Liliaceae).....	66
Фамилија шашева (Superaceae).....	66
Фамилија трава (Poaceae).....	66

ЗООЛОГИЈА

ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОТИЊА.....	67
ЕПИТЕЛИЈАЛНО ТКИВО.....	68
ВЕЗИВНО ТКИВО.....	68
Крв и лимфа.....	69
Влакнасто везивно ткиво.....	69
Хрскавичаво ткиво.....	70
Коштанано ткиво.....	70
Мишићно ткиво.....	70
Нервно ткиво.....	71
Органи, органски системи и организам као целина.....	72
Органи и органски системи животиња.....	72
Кожни систем.....	73

<i>Мишићни сисџем</i>	73
<i>Скелејни сисџем.</i>	73
<i>Чулни орјани.</i>	74
<i>Нервни сисџем.</i>	74
<i>Ендокрини сисџем (сисџем орјана са унуђрашњим лучењем)</i>	75
<i>Сисџем за варење</i>	75
<i>Сисџем за дисање</i>	75
<i>Трансјортни (циркулациони) сисџем</i>	76
<i>Сисџем за излучивање</i>	76
<i>Сисџем за размножавање</i>	77
СИМЕТРИЈА ЖИВОТИЊА.	77
СИСТЕМАТИКА ЖИВОТИЊА.	78
<i>Царсђво Protista (Protozoa) – йраживођиње</i>	79
Хетеротрофни протисти са лажним ножицама – амебе и сродници	80
Хетеротрофни протисти са бичевима – бичари	80
Хетеротрофни протисти кођи образују споре	80
<i>Тиђ Microsporidia (царсђво Fungi)</i>	81
Хетеротрофни протисти са трепљама	81
<i>Царсђво Animalia (Metazoa).</i>	82
<i>Тиђ Porifera – сунђери</i>	82
<i>Тиђ Cnidaria – гуђљари, жарњаџи</i>	84
<i>Тиђ Platyhelminthes – йљоснађи йтрейљасђи црви.</i>	85
Класа Turbellaria – трепљасђи црви, планарије	86
Класа Trematodes – метиљи	86
Класа Cestodes – пантљичаре	86
Класа Nematoda – обли, ваљкасти црви	88
<i>Тиђ Mollusca – мекушџи.</i>	88
Класа Gastropoda – пужеви	89
Класа Bivalvia – шкољке	90
Класа Cephalopoda – главоношџи	90
<i>Тиђ Annelida – чланковийи или йрсђјенасђи црви</i>	90
Класа Polychaeta – многочекињасти црви	91
Класа Oligochaeta – малочекињасти црви	91
Класа Hirudinea – пијавџе	91
<i>Тиђ Arthropoda – зђлавкари.</i>	91
Подтип Chelicerata – пауколики зглавкари	92
Класа Arachnida – пауџи	93
Подтип Mandibulata	94

Класа Crustacea -ракови	95
Класа Myriapoda – стоголе	95
Класа Insecta – инсекти	96
Тип Echinodermata – бодљокошци	99
Тип Chordata – хордата	100
Подтип Cephalochordata – копљаши	101
Подтип Tunicata – плашташи	101
Подтип Vertebrata – кичмењаки	102
<i>Класификација Vertebrata – кичмењака</i>	<i>102</i>
Класа Agnatha - безвиличне рибе	102
Класа Pisces - рибе	102
Надкласа Chondrichthyes – рушљорибе или рибе са хрскавичавим скелетом.	104
Надкласа Osteichthyes – кошљорибе и рибе са коштаном скелетом	104
Надред Actinopterygii – зракоперке	104
Класа Amphibia – водоземци	104
Класа Reptilia – гмизавци	105
Класа Aves – птице	107
Класа Mammalia – сисари	109
Подкласа Prototheria – сисари са клоаком	110
Подкласа Metatheria – торбарски сисари	110
Подкласа Eutheria – сисари са плацентом („прави сисари“)	110
Ред Insectivora – биљоједи	111
Ред Chiroptera – слепи мишеви	111
Ред Primata – мајмуни	111
Ред Lagomorpha – зечеви, кунџи	111
Ред Rodentia – глодари	111
Ред Carnivora – копнени месождери, зверови	112
Ред Perissodactyla – копитари	112
Ред Artiodactyla – папкари	112
Ред Cetacea	113

ФИЗИОЛОГИЈА БИЉАКА

ВОДНИ РЕЖИМ	114
Усвајање воде	115
Провођење воде	117
Одавање воде	117

ФОТОСИНТЕЗА	120
Светлост и фотосинтеза	121
Фотосинтетички пигменти	122
Механизам и хемизам фотосинтезе	122
Светла фаза фотосинтезе	123
Тамна фаза фотосинтезе	125
Транспорт продуката фотосинтезе	126
ДИСАЊЕ	127
МИНЕРАЛНА ИСХРАНА	128
Основне функције минералних елемената	129
Садржај елемента у биљкама	129
Усвајање минералних материја	130
РАСТЕЊЕ И РАЗВИЋЕ	130
Растење	130
Биљни хормони и физиолошки активне материје	131
Примена физиолошки активних материја	131
Култура ћелије и ткива	132
Физиологија семена	133
Корелације	133
Поларност	134
Периодичност растења и мировања биљака	134
Реституције	135
Развиће	135
Регулација развића код виших биљака	135
Утицај температуре на развиће	136
Утицај светлости на развиће	136
Фотопериодизам	138
Мерење времена у биљци	138
Апсисија	138
Старење и смрт биљака	139
ФИЗИОЛОГИЈА ПОКРЕТА	140
Тропизми	141
Настије	142
Нутације	142

ОСНОВИ ГЕНЕТИКЕ И МОЛЕКУЛАРНЕ БИОЛОГИЈЕ

ПРОТЕИНИ И НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ –	
ОСНОВНИ МОЛЕКУЛИ ЖИВОТА	143
<i>Структура и функција нуклеинских киселина</i>	144

<i>Удвајање (репликација) ДНК</i>	144
<i>Преношење генетичке информације (транскрипција, трансляција) и синтеза протеина</i>	145
<i>Наследни чиниоци и развиће</i>	146
НАСЛЕДНИ МЕХАНИЗМИ	147
Правила наслеђивања	147
Преношење генетичког материјала	149
Типови наслеђивања особина	150
Комбиновање гена и хромозома	152
ПРОМЕНЕ ГЕНЕТИЧКОГ МАТЕРИЈАЛА	153
Промене структуре хромозома	153
Промене броја хромозома	154
Мутације гена	154

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ И ПРИНЦИПИ ЕКОЛОГИЈЕ

<i>Животна средина и појам еколошких фактора</i>	156
<i>Класификација еколошких фактора</i>	157
<i>Животне форме</i>	159
<i>Биотоп</i>	160
<i>Врсте, популације</i>	160
<i>Животна заједница (биоценоза)</i>	162
<i>Екосистем</i>	163
<i>Преображаји екосистема</i>	164
<i>Екосистеми Србије</i>	165
<i>Заштитни екосистема</i>	166
<i>Биосфера</i>	168
<i>Животне области</i>	168

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ЕВОЛУЦИОНЕ БИОЛОГИЈЕ

<i>Порекло живота на Земљи и настанак прводобних организама</i>	170
<i>Филогенетски развој живих бића</i>	171
<i>Дарвинова теорија еволуције</i>	172
<i>Еволутивни процеси и теорија специјације</i>	172
Литература	174

Предговор

Биологија (*bios* – живот, *logos* – наука) је наука о животу, а живот је својство или манифестација живих организама. Одвија се кроз непрекидно кружење материје и енергије тј. кроз процесе катаболизма и анаболизма. Ова два процеса обезбеђују континуитет живота.

Најопштија подела биологије је на ботанику, науку о биљкама и зоологију, науку о животињама. У оквиру ботанике разликују се ботаничке дисциплине:

Морфологија биљака, која обухвата цитологију – науку о ћелији, хистологију – науку о ткивима и специјалну морфологију вегетативних и репродуктивних органа биљака.

Систематика биљака која проучава систематске односе и корелације између биљних врста и њихову категоризацију у одређене таксономске јединице.

На основу проучавања биљака од нивоа ћелије до нивоа организма, развиле су се и друге ботаничке дисциплине као што су: Физиологија биљака која проучава животне процесе у биљним организмима, Екологија биљака која проучава односе биљних организама и спољашне средине, као и међусобне односе између биљака у оквиру животне заједнице (биоценозе).

Да би се објасниле узајамне сродничке везе између биљака и утврдило њихово порекло и постанак настала је Еволуција биљака.

Зоологија је биолошка дисциплина која се бави проучавањем животиња у најширем смислу. Овде спадају и проучавања о човеку. Зоологија се такође дели на научне дисциплине које проучавају ембрионалну, ћелијску, хистолошку и органску структуру животињских организама. Систематика животиња подразумева њихову категоризацију, на основу законитости еволуције и филогеније. Екологија животиња се бави истраживањима међусобних односа животињских врста и њихових заједница са чиниоцима спољашње средине.

Сва истраживања и проучавања у биологији заснивају се на генетичким принципима. Структура нуклеинских киселина, гена и хромозома у ћелијском једру објашњава сву разноликост организама, наслеђивање и променљивост на било ком нивоу организације.

Наведене биолошке дисциплине су преточене у наставне планове и програме за различите степене образовања. Ниво средњошколског образовања обухвата све основне биолошке дисциплине, као и оне које су се касније

формирале, јер су проучавања у биологији веома динамична. Биологија је из релативно дескриптивне науке, каква је била на свом почетку, еволуирала у високо експерименталну научну дисциплину. Самим тим сазнања до којих се дошло отворила су простор за настанак многих научних области. Тако се у средњошколским уџбеницима, нарочито у завршним годинама стичу знања и из заштите животне средине, утицаја негативних чиниоца спољашне средине као што су зрачење и др. на биљни и животињски свет, човека и сл.

Приручник за полагање пријемног испита из Биологије обрађује материју средњошколског градива. Трудили смо се да направимо извод из четворогодишњег градива који би био у корелацији са биолошким дисциплинама које се проучавају на овом факултету и то на одселима за Пејзажну архитектуру и хортикултуру и Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса.

Све корисне примедбе и сугестије аутори ће размотрити са пуно пажње, како би следећа издања била потпунија и са што мање недостатака.

У Београду, марта 2015.

Аутори

Цитологија

Цитологија је биолошка дисциплина која се бави проучавањем облика, грађе, структуре и функције ћелије. Назив ћелија потиче из друге половине XVII века када је Robert Hook, посматрајући танке пресеке плуте установио да су саграђени од многобројних ситних коморица, налик пчелињем саћу, које је назвао ћелијама (*celulae*). Тај назив се задржао до данашњих дана. Тек у првој половини XIX века (1831 год.) Robert Brown је констатовао постојање једра, а неколико година после тог открића Mathias Schleiden i Theodor Schwann засновали су целуларну теорију по којој је тело биљака и животиња саграђено од ћелија. Касније су се многи научници бавили ћелијом описујући њене поједине делове. Све до последњих 30–40 година, цитологија је била углавном дескриптивна наука. Проналаском електронског микроскопа и ослањањем на резултате биохемијских, физиолошких, биофизичких, генетичких и других наука, она постаје високо експериментална научна дисциплина чији је главни циљ упознавање функција, својстава и процеса у ћелији.

ЋЕЛИЈА

Ћелија се дефинише као јединица биолошке активности, ограничена семипермеабилном (полупропустљивом) мембраном, способна за саморепродукцију у средини у којој нема других живих система.

Облик и величина ћелије зависе од места и функције у организму.

У основи, разликују се паренхимске и прозенхимске ћелије. Први тип се одликује углавном изодијаметричном формом, а други тип су издужене и на крајевима зашиљене ћелије.

Димензије ћелија се крећу од 10–100 μm . Нарочито су ситне бактерије, које могу бити мање од 1 μm , а посебном величином се одликују ћелије ткива за магационирање, биљна влакна и млечне цеви (до 1 m).

Хемијски састав ћелије

Хемијске компоненте ћелије могу се поделити на неорганске и органске.

Од неорганских једињења највише је заступљена вода, 75–90%. Вода се у ћелијама налази као слободна и везана. Од укупне количине воде на везану воду

долази 4–7%, а везана је за протеинске молекуле. Слободна вода функционише као диспергенс у систему протоплазматичних колоида, као растварач многобројних материја, транспортно средство и као средина за биохемијске и метаболичке процесе у ћелији. Споре и семена имају знатно мању количину воде (5–15%).

Минералне материје се налазе у ћелији у виду соли или у једињењима са органским материјама. Имају важну улогу у одржавању кисело–базне равнотеже и регулисању осмотског притиска у ћелији. Утврђено је да је 17 елемената неопходно за живот.

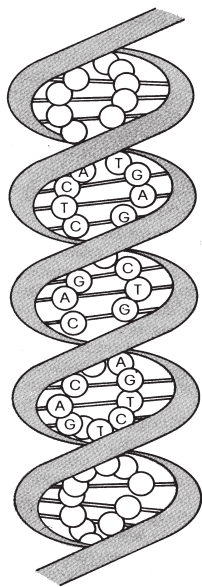
Од органских материја највише су заступљене беланчевине. Оне су присутне у виду макромолекула или полимера састављених од елементарних јединица – мономера. Мономери су грађени од аминокиселина. До данас је установљено око 120 различитих аминокиселина, а од њих се у протоплазматичним протеинима налази 20 есенцијалних. Њихов редослед смењивања даје огроман број различитих врста протеина (2,4 трилиона комбинација) карактеристичних за одговарајуће типове ћелија и организама.

За животне процесе у ћелији посебно су значајни протеиди, који поред простих беланчевина садрже и простетичну групу. Чести су липопротеиди, гликопротеиди, нуклеопротеиди и др.

Од угљених хидрата тј. од простих шећера највише су заступљени глукоза и фруктоза. Фруктоза је поготово карактеристична за биљне ћелије. Од сложених шећера скроб је најважнија резервна материја. Целулоза је такође важна компонента грађе ћелијског зида.

Липиди су заступљени у маси мембранског система. У зависности од врсте мемbrane и функције, њихова количина варира од 30–60%.

Нуклеинске киселине су такође полимери. То су битне компоненте свих животних система. Оне су носиоци наследних информација неопходних за генетски континуитет и специфичну организацију сваке ћелије, односно читавог организма. Разликује се двојно спирална дезоксирибонуклеинска киселина (ДНК), чији поједини сегменти представљају гене и спирална, рибонуклеинска киселина (РНК).

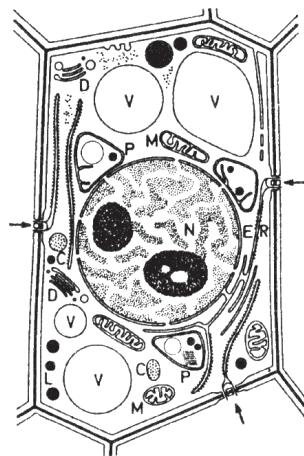


Слика 1. Модел структуре ДНК

Грађа типичне биљне ћелије

На површини биљне ћелије налази се ћелијски зид, који је одваја од спољашње средине и регулише размену материја. Ћелијске функције су многобројне па се

код ћелија на вишем организационом нивоу остварују преко ћелијских органела, као што су једро, пластиди, митохондрије (хондриозоми), посебан мембрански систем означен као ендоплазматични ретикулум, рибозоми, Голџијев комплекс (диктиозоми), сферозоми, микротубуле, цитозоми, лизозоми, вакуоле и др. Уколико ћелија има више органела, она је на већем организационом нивоу.



Слика 2. Шематски приказ биљне ћелије: N једро, V вакуоле, M митохондрије, P пропластиди, C цитозоми, ER ендоплазматични ретикулум, D диктиозоми, L масне капљице.

Ћелијски зид

Ћелијски зид је спољашњи продукт протопласта неопходан за правилно функционисање биљних ћелија. Преко ћелијског зида биљка постиже чврстоћу, штити се од прекомерног одавања воде и сушења, као и од прекомерног продирања воде и распрскавања. Присуство или одсуство ћелијског зида узима се као критеријум при сврставању неког организма Protobionta у царство Plantae (биљке) или у царство Animalia (животиње).

У процесу деобе цитоплазме (цитокинеза) формира се ћелијска плоча која се означава као средња ламела. На средњу ламелу слажу се зидне супстанце примарног зида које су састављене од основне супстанце – пектина и хемицелулозе и структурне супстанце целулозе. Наведене супстанце, као и супстанце за средњу ламелу, долазе путем Голџи везикула и од мултивезикуларних тела. По завршеном примарном растењу код неких ћелија се преко примарног зида наслажу нове зидне супстанце апозицијом и на тај начин се образује секундарни зид. Основну супстанцу секундарног зида чине хемицелулоза и протеин, а структурну целулоза. Молекули целулозе се састоје од мономера који се удружују и формирају елементарне фибриле или мицеле. Више здружених (око 2 000) елементарних фибрила граде снопиће означене као микрофибрили, а ови крупније агрегате макрофибриле.

Чврстоћа ћелијског зида повећава се са већим садржајем целулозе, (нпр. у ликиним влакнима и преко 90 %). Међутим, код дрвенастих биљака, путем инкрустације резистентних материја као што је лигнин, постиже се много већа чврстоћа зида. У овим биљкама налазе се и полиозе које представљају нецелулозне полисахариде мање молекулске тежине. Дрвене полиозе су веома заступљене у дрвенастим биљкама (код четинара 20 % , код лишћара 30 %).



Слика 3. Секундарно дебљање ћелијског зида: А – прегледна слика; В – грађа ћелијског зида при већем увећању: а – средишња ламела, б – примарни зид, с и д – усложнени секундарни зид, е – завршни слој

Ћелијски зид може да расте двојачко: у површину и у дебљину. Растење у површину назива се интусусцепција, а одликује се уметањем нових ламела између већ постојећих. Растење у дебљину назива се апопозиција, а врши се слагањем нових ламела целулозе на примарни зид. Дебљање ћелијског зида може бити центрифугално и центрипетално. Први начин дебљања састоји се у слагању нових мембранских слојева на спољашњу површину зида. Центрипетално дебљање врши се слагањем нових ламела са унутрашње стране зида.

При центрипеталном дебљању ћелијског зида, поједина места секундарног зида остају незадебљала. Таква места означена су као јамце. Преко њих се врши размена и транспорт воде и ћелијског садржаја.

Мембране протопласта

Осим ћелијског зида, сваки протопласт има на својој површини танку мембрану, која се назива плазмалема. Свака ћелијска органела такође има своју мембрану, тако да је протопласт издељен мембранама на велики број реакционих простора у којима се врше специфични метаболички процеси. Основна карактеристика мембрана је њихова полупропустљивост (семипермеабилност), а основна функција регулација тока материја које улазе и излазе из органела, односно ћелије. У хемијском погледу мембране су састављене од липида, протеина, угљених хидрата и неорганских јона. Свака од мембрана показује специфичан састав који је у директној корелацији са њеном функцијом.

Транспорт материја кроз мембрану врши се дифузијом, осмозом, активним транспортом и пиноцитозом.

Дифузија је процес кретања честица из места веће у места мање концентрације. Осмоса представља процес прелаза растворених материја кроз мембране у правцу њихове мање концентрације. Процесом активног транспорта преносе се велики молекули у део ћелије са већом концентрацијом. То је процес који троши енергију. Пиноцитоза је процес којим макромолекули пролазе у ћелију уз активност њене мембране.

Фактори спољашње средине као што су температура, зрачење, тешки метали и др. имају великог утицаја на пропустљивост ћелијског зида и мембрана. С друге стране, пропустљивост ћелијског зида и мембрана се мења са старењем организма. Младе биљне ћелије су далеко селективније од старијих.

Цитоплазма

Цитоплазма, цитоплазматични матрикс или хијалоплазма је живи материјал ћелије без једра, односно супстанца без видљивих органела. Цитоплазма испуњава унутрашњост ћелије тј. простор између централно постављене ћелијске вакуоле, плазмелеме и ћелијског зида. Главни састојак цитоплазме је вода. У физичко-хемијском погледу цитоплазма има својства колоида, што значи да се одликује одређеном густином, еластичношћу и покретљивошћу. У њој су растворене органске и неорганске материје, соли и друга једињења.

Ћелијске органеле

У цитоплазми се налази већи број органела и гранула у којима се врше различити биохемијски процеси.

Рибозоми

Рибозоми се налазе у ћелијама прокариота и еукариота. Распоређени су тако да могу бити везани за мембране ендоплазматичног ретикулума и једра или слободни. Састављени су од протеина и рибонуклеинске киселине. Њихов облик је углавном лоптаст. Постоје два типа рибозома у ћелији. Једни су крупнији и налазе се у једровој плазми и цитоплазми, а други су ситнији и смештени у хлоропластима и митохондријама. Полизоми представљају више удружених рибозома (3–30) у ланац. Функција рибозома је у синтези протеина у ћелији.

Ендоплазматични ретикулум (ЕР)

Ендоплазматични ретикулум (ЕР) је развијен мембрански систем ћелије. Састоји се од разгранате мреже канала и цистерни различитог облика који су међусобно повезани. Разликују се два типа ЕР-а: грануларни и агрануларни. Грануларни се карактерише присуством рибозома и самим тим учествује у синтези протеина. Агрануларни има глатке мембране. Његова функција је у синтези, раздвајању и премештању липида у ћелији.

Голџијев апарат

Голџијев апарат се састоји од мањег или већег броја цистерни које су наслагане једна изнад друге. На периферији органеле налазе се везикуле (мехурићи) у којима се прикупљају производи активности у виду специфичних гранула. Функција овог комплекса је у продукцији пектинских материја које се транспортују и уграђују у ћелијски зид. Учествоје и у образовању ћелијске плоче у току процеса цитокинезе, служи у процесу гелификације и др.

Лизозоми

Лизозоми су органеле са простом мембраном, а њихов облик и величина варирају у зависности од врсте организама. Садрже комплетан дигестивни систем ензима који разлаже све основне компоненте живе материје.

Митохондрије (хондриозоми)

Митохондрије су заступљене у свим еукариотичним ћелијама које су способне за аеробни метаболизам. Облик митохондрија је веома варијабилан. Могу бити у облику елипсе, зрнасте, цилиндричне или кончасте, дужине 2–3 μ m, а пречника око 8 μ m. Обавијене су двојном мембраном. Спољашња је глатка, а унутрашња гради израштаје (*cristae*) код животиња и тубуле код биљака, а код гљива и израштаје и тубуле. Образовањем кристи и тубула унутрашња површина је знатно повећана, што је веома значајно за функцију митохондрија. Унутрашњост је испуњена матриксом у коме се налазе ситнији рибозоми, оксизоми и др. У ћелијама са повећаном метаболичком активношћу број митохондрија, као и број кристи и тубула је већи. Функција митохондрија је синтеза аденозинтрифосфата (АТП) на рачун енергије која се ослобађа при

аеробној оксидацији различитих метаболита. Митохондрије могу и самостално да се деле.

Пластиди

Специфичне органеле еукариотичних биљака које образују пигменте, називају се пластиди. У односу на пигменте које садрже подељени су на пигментарне пластиде, хромопласте, и безбојне пластиде, леукопласте. Хромопластима припадају хлоропласти, који садрже највише хлорофиле (зелени пигмент) и каротеноидопласти који садрже каротеноиде (црвени, жути и наранџасти пигменти). Леукопласти су безбојни пластиди.

Хлоропласти се налазе само у биљним ћелијама еукариота и то у њиховим зеленим органима. То су фотосинтетички активни пластиди. Они су елипсоидног облика дужине око 5 μm , а ширине око 2 μm . Хлоропласт је ограничен двојном мембраном – спољашњом и унутрашњом. У унутрашњости се налази протеински матрикс или строма у којој су смештени ситнији рибозоми, хлоропластна дезоксирибонуклеинска киселина и врло сложен систем ламела. Мембране овог система садрже пигменте хлорофиле и каротеноиде који су од основног значаја у процесу фотосинтезе. Разликују се два типа хлоропласта и то хлоропласти ламеларног типа и хлоропласти грана типа. Први тип се налази код алги, а одликује се ламелама које се у хлоропласту простиру од једног до другог краја. На мембранама се, читавом њиховом дужином, простиру молекули пигмента. Хлоропласти грана типа се налазе код виших биљака. У овим хлоропластима постоје кратке и дуге ламеле од којих кратке образују грану – колону ламела, сличну стубу металног новца, а друге ламеле припадају строми (тилакоиди гранума и строми).

Остали хромопласти су по облику слични хлоропластима, али је њихова унутрашња грађа много једноставнија. Они се налазе у круничним листићима цветова и у плодовима, а њихова основна улога је обојеност ових биљних органа. Жива обојеност круничних листића привлачи инсекте и друге опрашиваче, као што обојеност плодова привлачи животиње које их користе за храну и тиме разносе њихова семена.

Леукопласти су најситнији пластиди са још једноставнијом грађом, а улога им је у магационирању различитих материја. У том смислу деле се на амилопласте који магационирају скроб, протеинопласте који магационирају протеине и елајопласте који магационирају масна уља.

Пластиде постају из недиференцираних пропластида и могу прелазити једни у друге.

Цитозоми (микротела)

Цитозоми могу бити у облику пероксиозома и глиоксиозома. Пероксиозоми су заступљени у фотосинтетичком ткиву и функционално су повезани са хлоропластима и митохондријама. Глиоксиозоми учествују у метаболизму претварања масних материја у угљене хидрате.

Микроцевчице

Микроцевчице се састоје од протеинских глобуларних честица, а смештене су у периферним деловима цитоплазме, непосредно уз плазмалему. Важна функција микротубула је у изградњи деобног вретена у току процеса цитокинезе, као и транспортна функција између ћелија. Слагање целулозних микрофибрила у ћелијским зидовима, такође се обавља помоћу микроцевчица. Они су основни елементи унутрашњег ћелијског скелета.

Једро

Једро, заједно са цитоплазмом, чини основну компоненту ћелијског система означену као протопласт. У односу на структуру и садржај једровог материјала разликују се прокариоте (Procariotae) које садрже једров материјал дифузно расут и еукариоте (Eucariotae) које имају једро као посебну органелу у ћелији. Обично се у ћелији налази једно једро, постављено у средишњем делу ћелије.

Облик једра зависи од функције ћелије, а може бити сферичан, издужен, елиптичан, режњевит, кончаст и др. Величина једра се креће од 10–50 μm .

Хемијски састав једра је веома комплексан. Главну компоненту чине протеини и нуклеинске киселине, коњуговани као дезоксинуклеопротеини или нуклеопротеини. Посебно значајни чиниоци хемијског састава једра су ензими, липиди, различите неорганске материје и соли.

У састав интерфазног једра улазе: једрова опна, једров сок (кариоплазма или нуклеоплазма), хроматин који се јавља у виду гранула као форма хромозома, делови хромозома и читави хромозоми (хромоцентри) и једарце.

Једров омотач је двојан и регулише промет материја између једра и цитоплазме, захваљујући присуству нуклеарних пора.

Кариоплазма, једров сок, је супстанца у којој су смештени хромозоми, нуклеоли и рибозоми.

Хромозоми су органеле ћелије са веома сложенom грађом. Састављени су од молекула ДНК и протеина, који чине ДНА-хистон комплекс. У једру које

мирује, хромозоми су издужени у виду хроматинских конаца. Хроматинска влакна су дебљине око 3 μm и не могу се видети током већег дела ћелијског циклуса. Тек када се уздужно поделе и извијугају, тако да дају штапичасте структуре дебљине преко 100 μm , постају видљиви под микроскопом и тада се препознају као ћелијски хромозоми. Овај процес се обавља крајем интерфазе и почетком профазе ћелијске деобе, а дебљање (спирализација) се наставља све до метафазе, после чега долази и до механичког раздвајања хроматида и њиховог одласка у кћери ћелије, са идентичним гарнитурама хромозома. У сваком од хромозома налазе се и мање количине РНК и липида, као и јони магнезијума, гвожђа и других елемената. У њима је активно више од двадесет различитих врста ензима.

Сваки хромозом садржи већи број наследних чинилаца или гена. Сваки ген има своје место у хромозому, одређени положај у једном од хромозома, специфичну структуру и одређену функцију. Појединачни гени садрже у просеку око 400 до 1800 парова нуклеотида.

Хромозом се састоји од два крака која су спојена сужењем које се назива центромера. Центромера има важну улогу при кретању хромозома ка половима деобног вретена у ћелијским деобама. У односу на положај центромере хромозоми могу бити метацентрични, субметацентрични и акроцентрични. Код метацентричних хромозома центромера је средишње постављена, код субметацентричних ближе једном крају крака хромозома, а код акроцентричних један крак је сасвим кратак. Парови хромозома називају се хомологи хромозоми.

Једро је неопходна компонента у ћелијском систему цитоплазме. Одговорно је за две врсте функција: одржавање генетске информације и синтезу протеина. У састав једра улази једно или више једараца.

Једарце (*nucleolus*) је најгушћи део једра и није одвојен мембраном од осталог једровог материјала. Богато је протеинима и РНК. У једарцету се синтетишу нуклеопротеини. Овде се врши и транскрипција рибозомалне РНК.

Вакуоле

За разлику од анималних ћелија, биљне ћелије се одликују системом вакуола који је означен као вакуом. Вакуоле су ограничене мембраном која се назива тонопласт. У вакуолама се налази ћелијски сок са органским, неорганским и резервним материјама. У меристемским ћелијама систем вакуола је слабо развијен, а у старијим, одраслим ћелијама, централна вакуола заузима највећи део.

Циклус ћелије

Растење и развиће сваког живог организма условљено је умножавањем и растењем ћелија. Код једноћелијских организама, простом репродукцијом, од мајке ћелије настају две нове ћелије. Вишећелијски организми настају од једне ћелије-зигота њеним даљим деобама и диференцијацијом у ткива.

Постоје три основна начина деобе: амитоза, митоза и мејоза.

Амитоза

Амитоза је проста ћелијска деоба и ретко се обавља у виших биљака. Обично се врши у старијим и патолошки промењеним ћелијама. Код нижих биљака је честа. У току процеса амитозе долази до издуживања једра, његовог сужавања по средини и подели на два дела, тј. на два нова једра. Потом се дели и цитоплазма.

Митоза

Митоза се врши у соматским ћелијама биљака и животиња. Оплођена јајна ћелија (зигот), која садржи диплоидан број хромозома ($2n$), дели се митотичком деобом, а истовремено се деле и раздвајају хромозоми на две гарнитуре. Митоза се састоји од две деобе. Деоба једра се назива кариокинеза, а деоба цитоплазме цитокинеза.

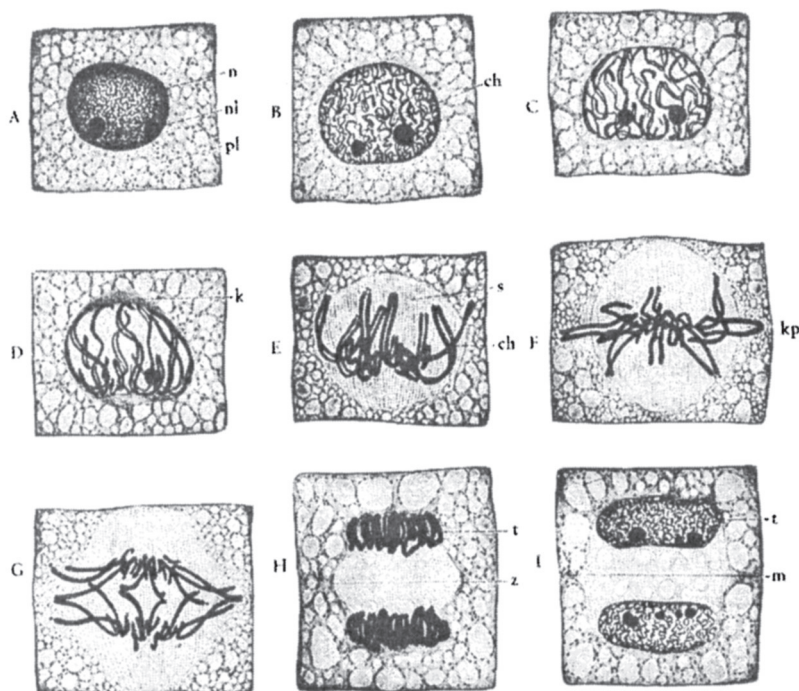
Процес митозе се одвија у неколико фаза: профаза, прометафаза, метафаза, анафаза и телофаза. Фаза између две ћелијске деобе означена је као интерфаза.

У интерфази, која временски траје најдуже, разликују се 3 периода: пресинтетички (G_1), синтетички (С) и постсинтетички (G_2). У G_1 периоду синтетишу се РНК и протеини, знатна количина липида и угљених хидрата. У синтетичком периоду врши се синтеза ДНК и удвајање броја хромозома, а у постсинтетичком (G_2) поновна синтеза РНК и протеина, нарочито оних који улазе у састав деобног вретена. У овом периоду се синтетише АТП, потребан за обезбеђивање енергије за процес митозе.

Профаза почиње образовањем структурних елемената хромозома и митотичког апарата од материјала синтетисаног у интерфази. Степен спирализације хромонема се повећава, а самим тим хромозоми добијају компактну структуру, што им омогућава кретање у следећим фазама деобе. Хромозоми се деле на хроматиде, премештају од централног дела једра ка његовој периферији, а везе између хроматида постају слабије. У овој фази почиње образовање митотичког апарата.

Прометафаза настаје после фрагментације једрове мембране. Хромозоми се крећу ка централном региону ћелије и постављају у екваторијалну раван. Образује се деобно вретено као најважнији део митотичког апарата.

У метафази центромера се налази на средини између полова, а хроматиде се постављају према одговарајућем полу. Хромозоми су дефинитивно формирани.



Слика 4. Митоза: n – једро, nl једарце, ch – хромозоми, pl – цитоплазма, s – деобно вретено, k – полови ћелије, kp – екваторијална раван, t – зачетак кћерки ћелија, z – зачетак средње ламеле, m – примарни зид, А интерфаза, В-D – профаза, Е – прелаз ка метафази, F – метафаза, G – анафаза, H – рана и I – касна телофаза

Анафаза почиње одвајањем хроматида и њиховим кретањем ка одговарајућим половима деобног вретена, а истовремено се врши и деоба центромере. У овој фази свака хроматида има сопствену центромеру која је повезана са хромозомским влакнима. По деоби центромера, хроматиде (сада хромозоми) се одбијају једна од друге и крећу ка половима.

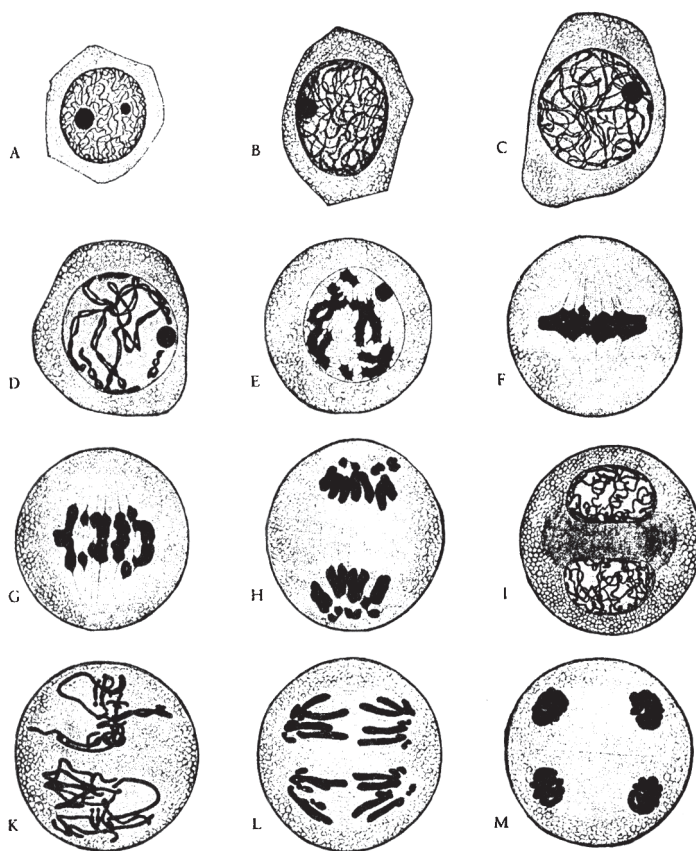
Телофаза је период реконструкције и поновног успостављања типичне организације ћелије, која се завршава деобом цитоплазме (цитокинеза). При крају телофазе изврши се и подела ћелије на две нове.

Митозом се добијају две ћерке ћелије са истоветним генетичким материјалом који је имала и мајка ћелија.

Мејоза

Мејоза је редукциона деоба. Својствена је свим организмима који се размножавају сексуалним путем и код којих се у току развића разликује хаплоидна (n број хромозома) и диплоидна фаза ($2n$ хромозома). Хаплоидној фази претходи редукциона деоба. Обавља се у полним ћелијама биљака и животиња.

Мејоза се састоји од две ћелијске деобе које се врше узастопно. Прва деоба је редукциона тј. доводи до смањења диплоидног броја хромозома на хаплоидни број, а друга је митоза.



Слика 5. Мејоза: А-Е – профаза прве мејотичке деобе, А – лептонема, В – зигонема, С – пахинема, D – диплонема, Е – дијакинеза, F – метафаза прве мејотичке деобе, G – анафаза, H – телофаза, I – интерфаза, K – метафаза друге мејотичке деобе, L – анафаза друге мејотичке деобе, M – формирање четири хаплоидна једра

Мејоза се одвија кроз профазу I, метафазу I итд. прве деобе и профазу II, метафазу II итд. друге деобе тј. митозе.

Профаза I је најсложенија и најдужа фаза редукционе деобе. Врши се кроз пет стадијума. У почетку, број хромозома је диплоидан, са тенденцијом паралелног распоређивања, зближавања и спајања по дужини (коњугација). Спојени хромозоми се називају биваленти. У следећим фазама уочљиво је да је број бивалената једнак хаплоидном броју хромозома, јер је дошло до делимичног одвајања хромозома и њиховог уздужног дељења на хроматиде. Један од најважнијих процеса мејозе је међусобна размена појединих делова хомологих хромозома. Хроматида једног хомолога укршта се на једном или више места са хроматидом другог хомолога. На местима укрштања врши се преношење сегмената од једне на другу хроматиду и обрнуто, што је означено као *crossing over*. Овим процесом мења се генетска конституција хроматида, односно врши се рекомбинација гена. Крајем профазе I хромозомски парови се раздвајају и везују за нити деобног вретена.

Метафаза I почиње формирањем митотичког апарата и деобног вретена. Биваленти се оријентишу тако да се центромера једног хромозома управља ка једном полу, а центромера другог хромозома истог бивалента ка другом полу деобног вретена.

У анафази I одвајају се хомологи хромозоми и врши се њихово кретање ка половима. Деле се и центромере тј. према сваком полу одлазе цели хромозоми са обе хроматиде.

Телофаза I траје веома кратко. Формирају се диаде односно два нова једра. У исто време врши се припрема за деобу II која почиње одмах, без или са интерфазом.

Резултат митозе је настанак 4 ћелије са хаплоидним бројем хромозома и измењеним генетичким материјалом у односу на мајку ћелију.

Деоба ћелије – цитокинеза

При крају анафазе формирају се нова влакна између конача деобног вретена, означена као фрагмопласт. Везикуле Голџијевог комплекса се транспортују путем микротубула у област екваторијалне плоче, где се спајају и граде фрагмопласт. Ширењем деобног вретена и убацивањем нових везикула наставља се процес формирања фрагмопласта. Спајањем фрагмопласта са бочним зидовима постаје средња ламела. Код центрипеталног начина, образовање ћелијске плоче почиње од унутрашње стране бочног ћелијског зида, при чему се формира прстен који постепено напредује ка средини ћелије и најзад подели ћелију на две.

Продукти протопласта

Важан продукт протопласта је ћелијски сок. Ћелијски сок се налази у вакуолама, а садржи смешу различитих органских и неорганских материја. Садржај ћелијског сока није исти у вакуолама једне исте ћелије. Поред ћелијског сока протопласт ствара разне неживе грануле, а посебно ћелијски зид.

У ћелијском соку налазе се органска једињења која не садрже азот, као што су угљени хидрати, гликозиди, штавне материје, органске киселине, соли органских киселина, терпени и др. Ћелијски сок садржи и органска једињења која садрже азот као што су беланчевине, аминокиселине, алкалоиди, гликоалкоиди и др. Фосфати и нитрати калијума као и хлориди калијума, натријума и других елемената спадају у групу органских једињења која се налазе у ћелијском соку. Као резервна хранљива материја најчешће је заступљен скроб. Ту се налазе и масне материје, етарска уља, смоле, антибиотици и фитонциди.

Разлике између биљне и животињске ћелије

За разлику од животињске ћелије, биљна ћелија образује јасно издиференциран ћелијски зид. Код ћелија животиња ћелијски зид је представљен структуром која најближе одговара плазмалемни биљне ћелије. У животињским ћелијама одсуствује вакуола, док је у биљним ћелијама она присутна. Вакуола биљних ћелија је веома крупна, често централно постављена. Битна разлика између биљних и животињских ћелија је постојање пластида у биљака, посебно хлоропласта. Једино хлоропласти, као фотосинтетички активни пластиди, могу да обаве један од најважнијих процеса у живом свету, а то је фотосинтеза. Остале ћелијске органеле имају углавном исту структуру и функцију.

Хистологија

Хистологија је наука која се бави проучавањем ткива.

Ткива су се формирала у еволуцији биљака преласком из водене средине на сувоземан начин живота. Код вишећелијских организама, овај прелаз праћен је интензивним процесом диференцијације вегетативног тела на три основна биљна органа: корен, стабло и лист.

Ћелије које граде ткива су истог порекла, приближно истог облика и грађе, сличних димензија и врше исту функцију.

Према пореклу, грађи и положају у биљном телу, сва ткива се деле на творна и трајна.

ТВОРНА ТКИВА (МЕРИСТЕМИ)

Творна ткива изграђена су од ћелија које су међусобно густо збијене, ситне, најчешће изодијаметричног облика, са целулозним зидовима. Главна функција творног ткива је умножавање ћелија. Према пореклу меристеми могу бити примарни и секундарни.

Примарна творна ткива су она чије су ћелије настале директном деобом ембрионалних ћелија и имају способност сталне деобе.

Секундарна творна ткива састављена су од ћелија које су накнадно стекле способност да се деле, настају после примарних и условљавају раст органа у дебљину.

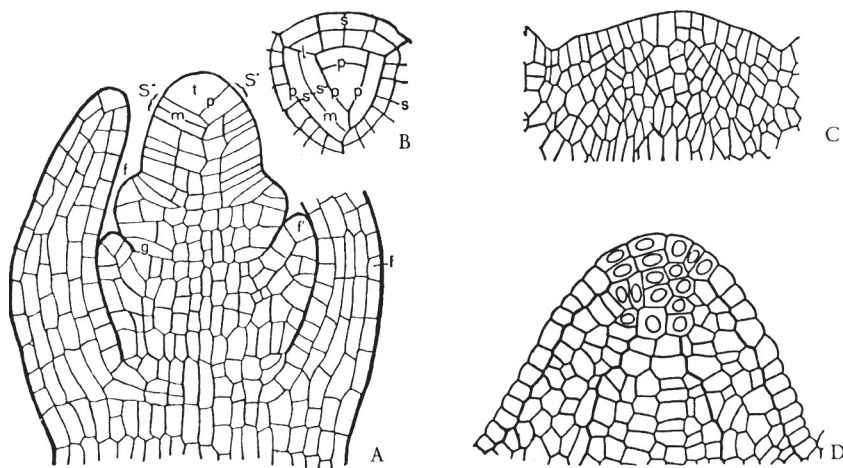
Према положају у биљци творна ткива могу бити вршна (апикални или темени меристем), интеркаларна (уметнута), латерална (бочна) и трауматична (меристеми рана).

Апикални меристеми изданка налазе се на врху стабла, на врховима грана и корена као вегетационе купе. У вегетационој купи налазе се зачеци свих будућих ткива и органа биљке. Апикални меристеми налазе се и на корену у виду вегетационе купе корена.

Интеркаларни (уметнути) меристеми јављају се углавном код представника фамилије трава (Poaceae). Радом интеркаларног меристема интернодија се

издужује и биљка расте у висину, а апикални меристеми вегетационе купе рано почињу да образују елементе цветног омотача односно цвасти.

Латерални меристеми. Најважанији латерални меристем је камбијум. Код голосеменица и дрвенастих биљака скривеносеменица, најчешће долази до формирања камбијалног прстена. Камбијални прстен се формира од прокамбијума (дела вегетационе купе), чијим радом се према унутрашњости стабла ствара секундарни ксилем (секундарно дрво) а према периферији секундарни флоем (секундарна кора). Функција камбијума у корену је слична, само он у овом делу биљке не представља у потпуности примарни меристем.



Слика 6. Вегетациона купа изданка код *Hyperzia selago*

У зељастих дикотиледоних биљака може доћи до образовања секундарног меристема (интерфасцикуларни камбијум, налази се између проводних снопића), који се спаја са примарним меристемом (фасцикуларни камбијум, налази се у проводним снопићима). Тако долази до образовања камбијалног прстена. Када се формира камбијални прстен, деобом камбијалних ћелија долази до диференцијације проводног ткива. С обзиром да елементи проводног ткива улазе у састав коре и дрвета стабла, на тај начин стабло расте у површину и у дебљину.

Поред камбијума, у латералне меристеме спада и фелоген (плутин камбијум). Он се убраја у секундарни меристем, јер је настао од трајних ћелија паренхима које су накнадно добиле способност да се деле. Производи деобе његових ћелија који се одвајају ка површини су плута, а он улази у комплексно покорично ткиво – перидермис.

Трауматични меристеми. Јављају се при механичким повредама било ког дела биљке, а означени су као калус. Формирањем калуса долази до

зарашћивања рана, спречава се сушење унутрашњих ткива и продирање патогених организама. До образовања калуса долази и приликом калемљења.

ТРАЈНА ТКИВА

Трајна ткива су изграђена од ћелија које су углавном изгубиле способност да се деле. Оне су већих димензија у односу на меристемске, са мање протоплазме, али са већим вакуолама. По пореклу трајна ткива могу бити проста и сложена. Проста настају непосредно из прамеристема, а сложена су претежно лигнификована и могу настати како од примарних тако и од секундарних меристема.

У трајна ткива спадају:

- систем паренхимских ткива
- систем покорићних ткива
- систем механичких ткива
- систем проводних ткива
- систем ткива за лучење

Систем паренхимских ткива

Паренхимска ткива су филогенетски најстарија трајна ткива. Ћелије паренхима су живе и имају способност деобе. Садрже танак ћелијски зид, имају велику вакуолу, цитоплазму која је потиснута уз ћелијски зид, садрже пластиде. Налазе се у свим биљним органима. На основу функције коју обављају разликује се: паренхим за фотосинтезу (хлоренхим), за складиштење хране, проводни паренхим, апсорпциони паренхим и аеренхим.

Паренхим за фотосинтезу налази се у листовима. Ћелије овог ткива су са танким зидовима, увек садрже хлорофилна зрна и крупне вакуоле централно постављене. Код већине дикотиледоних биљака хлоренхим је диференциран на палисадно и сунђерасто ткиво, осим код фамилије трава и код четинара. Код ове две фамилије састављен је од паренхимских ћелија са интерцелуларима. Код четинара, посебно, хлоренхим је саграђен од ћелија са веома набораним зидовима.

Паренхим за складиштење хране састоји се од крупних, обично лоптастих ћелија. Основна функција овог типа паренхима је сакупљање и чување воде, органских и неорганских материја.

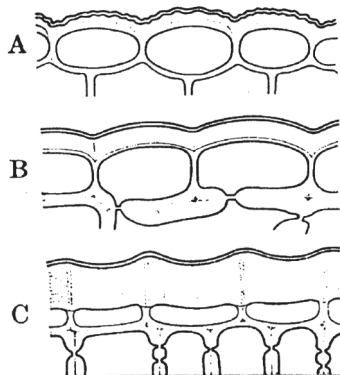
Проводни паренхим граде ћелије које су издужене у правцу провођења. Служи провођењу воде и хранљивих материја.

Апсорпциони паренхим се јавља у зони коренових длака и врши апсорпцију воде са раствореним минералним материјама. Назива се ризодермис или

еписпем. Већина ћелија ризодермиса издужена је у коренове длаке, чиме се повећава апсорпциона површина корена.

Аеренхим је паренхим са веома крупним интерцелуларима и служи за резервисање ваздуха.

Систем покоричних ткива



Слика 7. Епидермис: А – једноставно појачан спољашњи ћелијски зид са набораном кутикулом, В и С – задебљао и кутинизирани епидермис

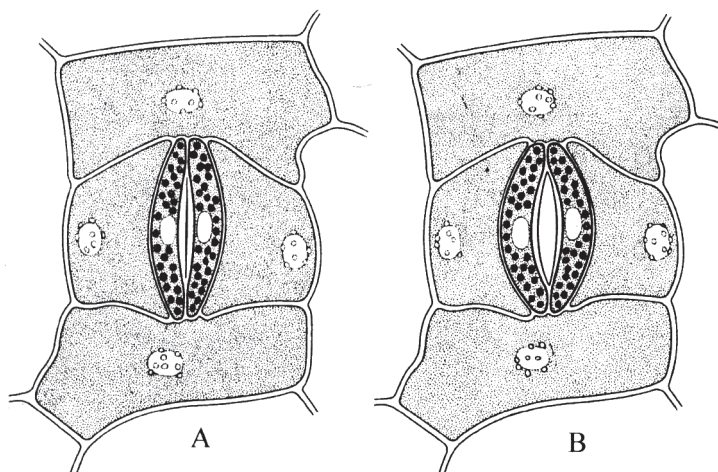
Покорична ткива налазе се на површини биљних органа и штите унутрашња ткива од штетних утицаја спољашње средине. У исто време путем покоричног ткива обезбеђује се комуникација са спољашњом средином. На основу грађе, начина и времена постанка, разликују се 3 врсте покоричног ткива: епидермис (покорица), перидермис и мртва кора.

Епидермис покрива све младе надземне органе (листовете, стабла, гране, плодове, семена и цветне делове). Састоји се од једног слоја живих ћелија са танким протопластом који је смештен уз ћелијски зид, а већи део ћелије заузима вакуола која је обично испуњена безбојним ћелијским соком. Ћелијски сок некада може бити обојен услед присуства пигмената.

Грађа спољашњег ћелијског зида епидермалних ћелија је у корелацији са функцијом епидермиса. Наиме, спољашња страна је обично јаче задебљала и пресвучена кутином, а бочни зидови су таласasti. Кутикула тешко пропушта воду и гасове. Посебно је развијена код биљака које живе на сушним стаништима. Поред кутикуле на спољашњој површини епидермиса може се наћи и восак, као и посебни израштаји у виду длака – трихоме, емергенце и сл.

На епидермису листа налазе се посебни отвори преко којих се врши транспирација, улазак CO_2 и комуникација са спољашњом средином, а називају се стоме.

Стомине ћелије се могу наћи на епидермису лица листа, епидермису налицја као и на епидермису и лица и налицја, мада знатно ређе. Најчешће се налазе на епидермису налицја листа. Стомин апарат чине две ћелије затварачице, ћелије помоћнице и суседне ћелије. Ћелије затварачице су пасуљастог облика, окренуте једна према другој и садрже хлорофил. Отвор између ћелија затварачица назива се стома. Принцип рада стома заснива се на ћелијском притиску и



Слика 8. Стоме: А – затворена стома између две хелије затварачице у којима се налазе тамно обојени хлоропласти, В – отворена стома

неравномерном задебљању зидова хелија затварачица. Када се хелијски притисак (тургор) повећа, стоме се отварају како би се извршио процес одавања сувишне воде, у виду водене паре (транспирација), а по обављеном процесу стоме се затварају.

Перидермис се налази код дрвенастих биљака чија стабла секундарно дебљају. Перидермис је секундарно покорично ткиво састављено од заштитних и меристемских делова. Функцију заштите обавља плута, која пружа моћнију заштиту од епидермиса. Плута је састављена од мртвих хелија, непропустљивих за воду и гасове. Меристемски део чине живе хелије и тај део назива се фелоген или плутин камбијум (латерални меристем). У састав перидерма улази још један слој означен као фелодерм, такође састављен од живих хелија које садрже хлорофил. Због тога многа стабла имају зелену боју иако се на њиховој површини налази плута. Органи за проветравање у перидмису су лентицеле, које настају радом фелогена лентицеле.

Мртва кора настаје изумирањем хелија плуте и разних других ткива коре. Има веће заштитно дејство од перидермиса. Одбацивање мртве коре може бити у облику љуспи, прстенова и влакана.

Систем механичких ткива

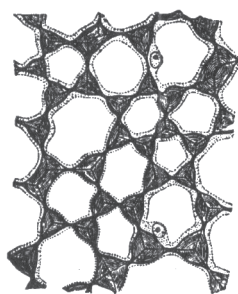
Систем механичких ткива даје биљци одређену чврстину и омогућава јој да се супростави различитим механичким утицајима. Састоји се од хелија које имају задебљале зидове, а у дефинитивном стању хелије механичког ткива

могу бити живе и мртве. У биљном телу постоје две врсте механичких ткива: коленхим и склеренхим.

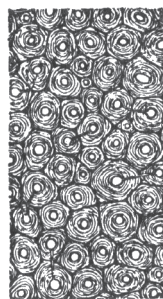
Коленхим је заступљен у младим органима који још расту. Састављен је од живих ћелија чији зидови задебљавају на различите начине, тако да постоји угласт, плочаст и растресит коленхим. Највише је заступљен угласт коленхим.



А



В



С

Слика 9. Механичко ткиво: А и В угласт коленхим, С склеренхим

Склеренхим се налази код старијих делова биљке који су завршили са растењем. Састављен је од мртвих ћелија чији су зидови јако и равномерно задебљали. Склеренхим се дели на склеренхимске ћелије (склереиде) и на склеренхимска влакна.

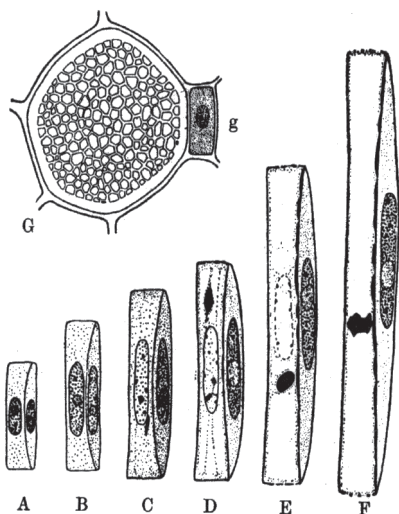
Склеренхимске ћелије су изодијаметричног облика са веома задебљалим и лигнификованим зидовима, а склеренхимска влакна чине издужене и на крајевима зашиљене ћелије. Склеренхимска влакна се деле на ликина влакна и дрвена влакна (либриформ).

Ликина влакна се налазе у кори и ситастом делу проводних снопића (флоем). Смештена су у вегетативним органима свих васкуларних биљака. Одликују се великом дужином (лан 4cm, коприва 8cm итд.). Од механичких влакана ликина влакна су најзаступљенија.

Дрвена влакна (либриформ) налазе се у дрвету и ксилемском делу проводних снопића. Ова влакна су знатно краћа и имају ћелије одрвенелих зидова, прозенхимског облика и уског лумена.

Систем проводних ткива

Систем проводних ткива код биљака служи за провођење двеју основних група материја и то: воде са минералним материјама од корена кроз стабло до листова (цворова и плодова) и воде са хранљивим материјама од листова у



Слика 10. Ситасте цеви и ћелије пратилице: A-F – развој чланка ситасте цеви са ћелијом пратилицом, G – попречан пресек ситасте цеви: g – ћелије пратилице

растварања преградних зидова и задебљавања бочних. У дефинитивном стању су мртви хистолошки елементи. Провођење се врши преко јамица и ресорпционих плочица које се налазе на њиховим крајевима.

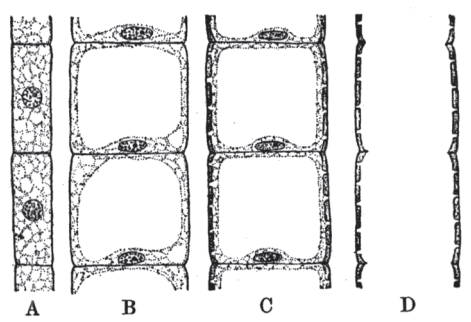
Трахеиде су појединачне ћелије са мање или више задебљалим и лигнификованим зидовима. Представљају основу анатомске грађе четиначарских врста. Провођење се обавља преко парова опшанчених јамица.

Ситасте цеви су живи елементи, изграђени од низова ћелија чији су попречни зидови ситасто перфорирани.

Ћелије пратилице имају исто порекло као и чланови ситасте цеви. Ситасте цеви су издужене, са танким, целулозним зидовима, густом плазмом и крупним једром. Не налазе се код четиначара.

Сви проводни судови заједно са паренхимским и механичким ткивом граде ксилем и флоем. У састав ксилема улазе трахеје, трахеиде, паренхим ксилема, траке лигнума (сржни зраци), дрвена влакна (либриформ) и већи број прелазних облика између трахеида и механичких елемената. У састав флоема улазе ситасте цеви, ћелије пратилице, паренхим флоема, ликина влакна и ћелије сржних зракова (траке лигнума).

Проводни снопићи се налазе и код зељастих биљака и састављени су од ксилема и флоема. Могу бити: потпуни ако садрже и ксилем и флоем, непотпуни ако недостаје ксилем или флоем, затворени ако не садрже камбијум, отворени



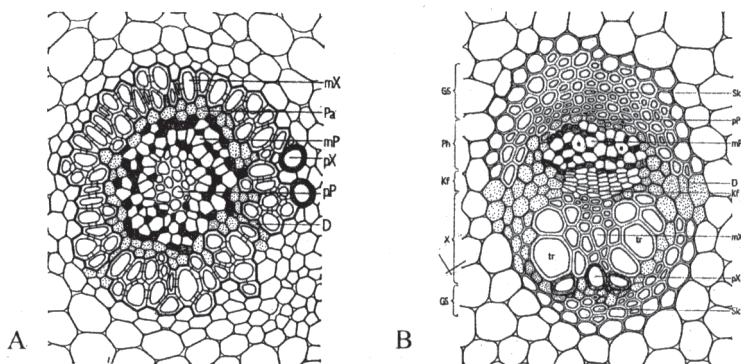
Слика 11. Трахеја: A-D – Развој многочлане трахеје од низа у почетку самосталних ћелија

друге делове биљке. Провођење првих материја врше трахеје и трахеиде, а других ситасте цеви и ћелије пратилице. Сви типови судова настају од прокамбијума, односно камбијума.

Трахеје су дугачки цевasti елементи који су настали од низа ћелија после

ако садрже камбијум. У зависности од распореда флоема и ксилема постоје 4 типа проводних снопића:

1. Концентричан. Одликује се тиме што је један од делова снопића у центру, а други га опкољава. Ако се у центру налази флоем, а ксилем га окружује, онда је то амфивазалан тип проводног снопића. Овакав тип проводног снопића налази се у ризому ђурђевка – *Convallaria majalis*, перунике – *Iris* sp. и др. Проводни снопић са ксилемским елементима у центру је амфикрибралан и налази се у ризому папрати *Pteridium aquilinum* и др.



Слика 12. А – Концентричан амфивазалан проводни снопић; Б – Отворени колатерални проводни снопић; рХ – протоксилем; мХ – метаксилем; рР – протофлоем; мР – метафлоем; Ра – паренхим проводног снопића; Ph – флоем; GS – механичка сара; Sk – склеренхимска влакна; Kf – камбијум; X – ксилем; tr – трахеје

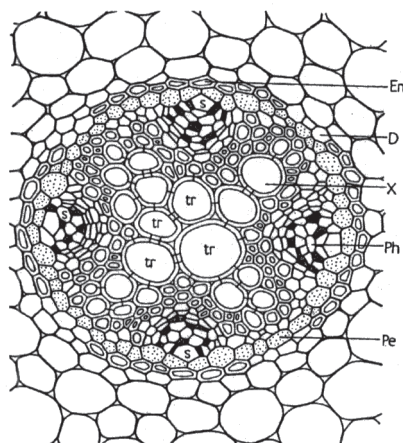
2. Колатералан. Најзаступљенији тип проводног снопића. Јавља се у стаблу и листовима многих биљака. Код овог типа снопића флоем и ксилем се налазе на истом радијусу, додирују се. Флоем је увек окренут ка периферији, а ксилем ка центру стабла (у листу је обрнут случај, тј. ксилем је окренут лицу, флоем наличју због начина формирања листа).

3. Биколатералан. Сличан је колатералном типу, с тим што се код њега јавља још један флоем са унутрашње стране ксилема (укупно два флоема). Овај тип снопића налази се код представника фамилије Cucurbitaceae.

4. Радијалан. Одликује се тиме што су елементи ксилема и флоема поређани наизменично, тј. заузимају посебне радијусе. Збир свих флоема и ксилема чини један снопић радијалног типа. Овај тип снопића се јавља у корену. Број флоемских и ксилемских трака (плоча) у једном снопићу може бити различит, али је за сваку врсту сталан. Већи број флоемских и ксилемских трака налази се у монокотиледоних биљака, а мањи у дикотиледоних биљака.

Систем ткива за лучење

Систем ткива за лучење чине секреторне ћелије и секреторна ткива и жлездане ћелије и жлездана ткива. Продукти лучења овог ткива су етарска уља, смоле, танини, гуме, кристали. Секреторне ћелије луче млечни сок, нектар и сл. Најчешће се излучује вода и то помоћу хидатода, а процес је означен као гутација.



Слика 13. Радијални проводни снопић:
En – ендодерм; D – ћелије пропуснице;
tr – трахеје; Ph – ситасти део; s – ситасте цеви
и ћелије пратилице; Pe – перикамбијум

Морфологија и анатомија вегетативних и репродуктивних органа биљака

Тело нижих биљака назива се *talus*, с обзиром да није диференцирано на корен, стабло и лист. Тело виших биљака, изузев маховина јетрењача, назива се *cormus* и поседује сва три поменута вегетативна органа. На основу постојања талуса или кормуса разликују се две велике групе биљака и то: талофите и кормофите. У прву групу се убрајају бактерије, алге и гљиве, а у другу маховине, папрати и цветнице.

КОРЕН

Корен је један од три основна вегетативна органа биљке. Расте неограничено врхом, деобом ћелија вегетационе купе корена. На корену се никада не образују листови. Основна улога корена је апсорпција и провођење воде са раствореним минералним материјама из земљишта, складиштење хранљивих материја и причвршћивање биљке за подлогу

Клијањем семена настаје коренак, који расте вертикално наниже у правцу земљине теже и развија се у главни корен. Код монокотиледоних биљака при клијању јавља се више коренака, а код дикотиледоних један.

Гранањем главног корена настају бочни, а образују се ендогено, у перициклу. Разликују се бочни коренови првог, другог, трећег итд. реда. На тај начин се формира густ сплет који чини коренов систем. Корени који су настали од стабаоца клице, стабла или листа називају се адвентивни. Коренов систем је карактеристичан за сваку биљну врсту.

Коренов систем може бити осовински, нпр. код храстова (род *Quercus*) и жиличаст нпр. код трава (фам. Poaceae).

Анатомска грађа корена

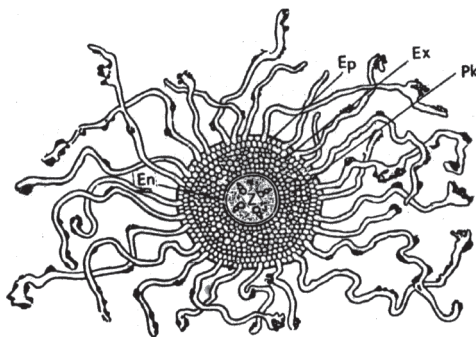
Корен се састоји од примарног покоришног ткива ризодермиса (епислем), примарне коре и централног цилиндра.

Ризодермис је састављен од танких ћелија које се често издужују у коренске длаке. Коренским длакама се знатно повећава апсорпциона површина корена.

Примарна кора је грађена од три слоја, а кроз последњи слој и то кроз ћелије пропуснице врши се транспорт воде и минералних материја.

Централни цилиндар почиње перициклом, а у његовом средишњем делу се налази радијални проводни снопић у коме се наизменично смењују ксилем и флоем. Код корена нема сржи.

Слика 14. Попречан пресек корена у зони коренских длака: Ер – епислем; Ех – егзодерм; Рк – средишњи део примарне коре; Еп – ендодерм; Z – централни цилиндра



Корен секундарно дебља радом ћелија камбијума који се секундарно формира од перицикла и флоемског паренхима. Ка периферији се ствара секундарна кора, а ка унутрашњости секундарни ксилем.

Метаморфозе корена

Осим својих основних функција корен може да магационира знатну количину хранљивих материја или да има заштитну улогу. У том случају долази до одступања од стандардног облика корена, тј. долази до метаморфозе. Најчешће метаморфозе корена су репа и кртола.

Метаморфоза корена у репу настаје када се магационирање хране врши у главном корену (шаргарепа, репа, цвекла итд.). Уколико се складиштење резервних хранљивих материја врши у бочним или адвентивним кореновима, таква метаморфоза се означава као кртола (георгина и др.)

За продукцију биомасе од посебног значаја је симбиоза између бактерија и коренова виших биљака, као и микориза – облик симбиозе између гљива и

коренова виших биљака. Преко симбиозе између бактерија и коренова виших биљака земљиште се обогаћује елементарним азотом.

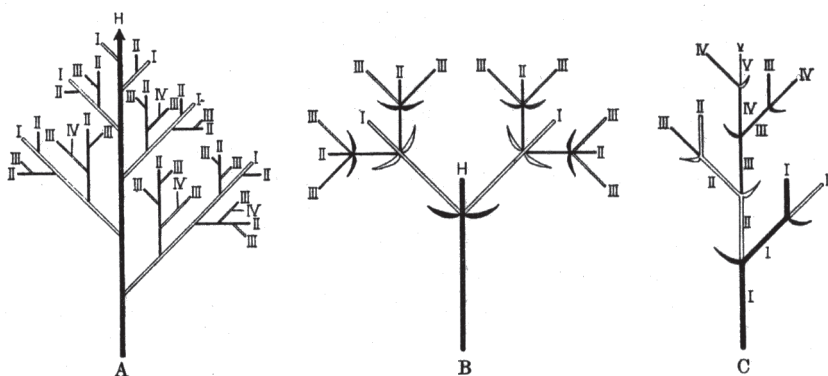
СТАБЛО

Стабло врши низ веома значајних функција за биљку, па је самим тим састављено од неколико врста ткива. У стаблу се врши провођење воде са минералним и органским материјама, стабло носи терет круне, у стаблу се магационира храна и др. Стабло расте у дужину и то путем деобе и диференцирањем меристема вегетационе купе. Стабло секундарно дебља диференцирањем секундарног меристема.

Веома важна карактеристика стабла је гранање.

Гранање

Два основна типа гранања су дихотомо и бочно. Код првог начина гранања вегетативна купа се дели на два дела од којих сваки део даје подједнако развијене гране. Бочно гранање може бити моноподијално и симподијално. Ако вегетативна купа главне осе непрекидно расте онда је у питању моноподијално гранање (алге, гљиве, лисне маховине, јела – *Abies alba*, смрча – *Picea abies*, борови – *Pinus* sp.). Уколико растење вегетативне купе престане, а правац растења главне осе преузме једна од бочних грана, у питању је симподијално гранање (липа, врба, топола, бреза, тикве–фам. Cucurbitaceae, помоћнице–фам. Solanaceae итд.).



Слика 15. Гранање: Н – главна осовина; I–IV – бочне осовине 1–4 реда; В–С – симподијално гранање; В – дихазија (I–III бочне осовине); С – монохазија

Изданак

Стабло заједно са листовима означава се као изданак. На врху сваког изданка налази се пупољак односно вегетациона купа са листовима који је заштићују. Пупољак који се налази на врху изданка назива се темени пупољак. Међутим, пупољци могу да настану и у пазуху лисних примордија и називају се бочни или пазушни пупољци. Осим ових постоје и зимски, успавани, адвентивни и цветни пупољци. Они формирају цветни изданак.

Изданак може да претрпи промене–метаморфозе у смислу настанка ризома, кртола, луковица, столона, рашљика, а могу да се образују и филокладије. Све метаморфозе, осим филокладија, користе се за вегетативно размножавање биљака.

Ризом је метаморфозирани изданак са скраћеним чланцима, неограниченог раста који се грана моноподијалним и симподијалним начином. Налази се испод површине земље. На ризому се образују кожасте листови у виду љуспи. Из пупољака се образују надземни изданци.

Кртола је волуминозни орган, ограниченог раста. Најчешће је лоптастог облика, са знатном количином резервних хранљивих материја. Налази се испод или изнад површине земље. Чланци кртоле су скраћени са развијеним паренхимом за складиштење и љуспастим, редукованим листовима.

Луковица је подземни изданак обавијен заштитним листовима. Састоји се од скраћеног стабла на коме се налазе крупни и сочни листови у којима се врши складиштење резервних хранљивих материја. Између сочних листова налази се пупољак који се развија у надземни изданак. Са доње стране скраћеног изданка развијен је сноп адвентивних коренова.

Столоне су танки, често обојени пузећи изданци. Из њихових пупољака образују се надземни изданци, а из чворова полазе адвентивни коренови.

Рашљика је танак, осетљив изданак који се обавија око чврсте, усправне подлоге. Јавља се код биљака које немају довољно развијено механичко ткиво.

Трн настаје секундарним дебљањем изданка. Развија се у пазуху листа, а може да образује пупољке и листове. Углавном има заштитну улогу.

Филокладија настаје из бочног изданка и има листолики облик, а право лишће је редуковано. Филокладије су чвршће грађе, на њима се образују листићи, а у пазуху листића цветови и плодови.

Посебни облици метаморфозе изданка јављају се код сукулентних биљака као што су кактуси и многе млечике код којих се нагомилавање резервних хранљивих материја врши у стаблу.

Анатомска грађа стабла

Анатомска грађа стабла може бити примарна и секундарна.

Примарна грађа стабла дикоџиледоних биљака

На попречном пресеку примарне грађе стабла дикотила разликују се 3 основна дела: епидермис, примарна кора и централни цилиндар.

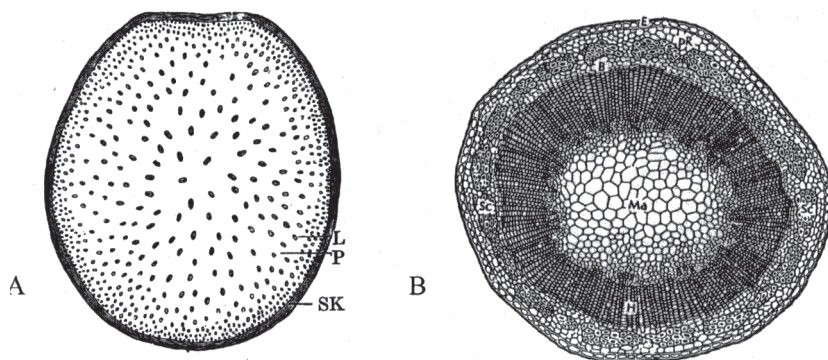
Епидермис је најчешће једнослојан, састављен од епидермалних ћелија, облаже стабло. Често се изнад овог слоја образује кутикула, као и трихоме и друге творевине које повећавају заштиту стабла.

Примарна кора се састоји од паренхимских и механичких ћелија (углавном коленихимских), а последњи слој је са ћелијама које садрже доста скроба (скробна сара).

Централни цилиндар је саграђен од паренхимских ћелија и проводног ткива. У центру се налази срж, од које полазе сржни зраци и пружају се између проводних снопића.

Примарна грађа стабла монокоџиледоних биљака

И код примарне грађе стабла монокотила такође разликујемо епидермис, примарну кору и централни цилиндар, али они нису јасно издиференцирани. Највећа разлика је видљива у зони централног цилиндра тј. у распореду проводних елемената.



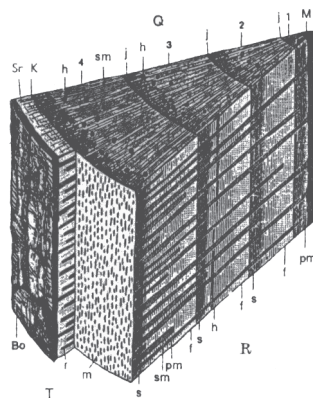
Слика 16. А – Примарна грађа стабла монокотила; Б – Секундарно деблање стабла; L – проводни снопићи растресито постављени; Р – основни паренхим; SK – хиподермални склеренхимски прстен; Е – епидермис; rR – примарна кора; sc – склеренхим; В – флоем; Н – секундарно дрво; Ма – срж

Секундарна ірађа сїабла

Секундарно дебљање стабла карактеристично је за вишегодишње дикотиле и голосеменице, а настаје радом камбијума. Камбијум је латерално меристемско ткиво. Да би дошло до секундарног дебљања стабла неопходно је да се формира камбијални прстен. Камбијум који се налази у проводном снопићу назива се фасцикуларни. Настаје од дела вегетационе купе који се назива прокамбијум тј. има примарно порекло. Интерфасцикуларни камбијум је секундарног порекла. Настаје на рачун ћелија сржних зракова које се налазе између два проводна снопића. Спајањем фасцикуларног и интерфасцикуларног камбијума настаје камбијални прстен. Деобама ћелија камбијалног прстена врши се даље дебљање стабла.

Постоји и други начин секундарног дебљања. Код већине дрвенастих биљака голосеменица и дикотила камбијални прстен се формира одмах на почетку. Камбијални прстен према унутрашњости формира елементе секундарног дрвета (секундарни ксилем), а према споља елементе секундарне коре (секундарни флоем).

Слика 17. Четворогодишње стабло бора: Q – попречни пресек; R – радијални уздужни пресек; T – тангенцијални пресек; K – камбијум; Sr – секундарна кора; r – корини зраци; Bo – кора; M – срчка; j – граница года; f – рано дрво; s – касно дрво; pm – примарни сржни зраци; sm – дрвени зраци; h – смолни канали; m – дрвени зраци



ЛИСТ

Лист је један од три основна вегетативна органа биљке. Врши низ значајних функција, у првом реду фотосинтезу и транспирацију. Настаје од лисних примордија вегетационе купе, а дефинитивно образован, састоји се од основе, лисне дршке и лиске.

Лисна основа причвршћује лист за стабло. Формирана је у облику лисног зглоба, рукавца или залиска.

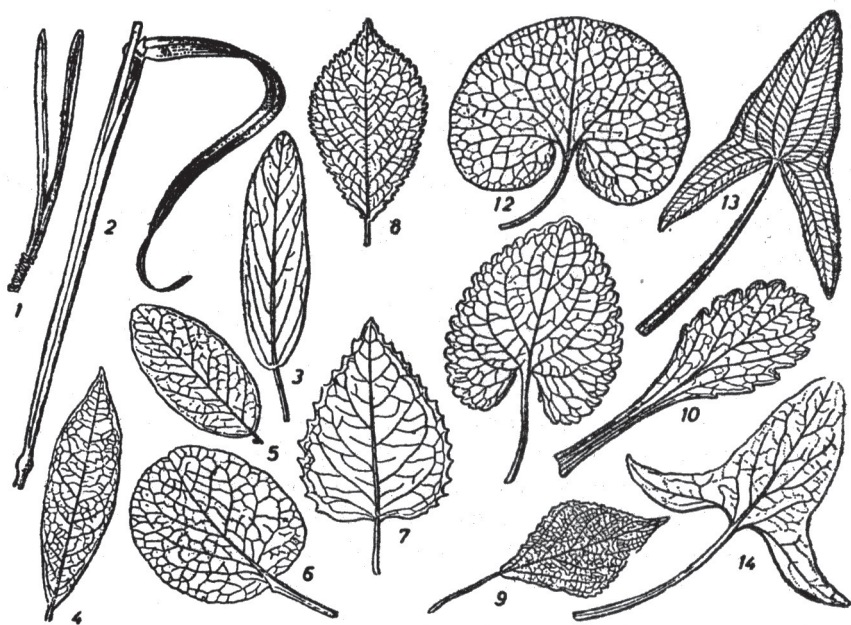
Већина биљака има лист са лисном дршком, а уколико лисна дршка недостаје, такав лист се означава као седећи. Лисна дршка поставља лист у

најповољнији положај како у односу на извор светлости тако и у односу на остале листове на стаблу.

Лиска или ламина је најважнији део листа. На лиски се разликује лице и наличје.

Лиска може бити врло различитог облика. Разликују се прости и сложени листови. Уколико се на лисној дршци развија само једна лиска, такав лист се означава као прост. Сложен лист је онај код кога се на дршци развија више лиски. Сложени листови могу бити прстасто и перасто сложени. Тако постоје игличасти, линеарни, издужени, ланцетасти, копљасти, стреласти, перасти итд. листови.

На наличју лиске посебно је изражена нерватура. Нерви представљају проводне снопиће. У већине биљака по средини лиске моћно је развијен средњи или главни нерв од кога полазе бочни нерви. Нерватура може бити паралелна (монокотиледоне биљке), мрежаста (дикотиледоне биљке), рачваста (*Ginkgo biloba*, многе папрати), лучна, прстаста и др.



Слика 18. Различити облици лиске: 1 игличаст, 2 линеаран, 3 издужен, 4 ланцетаст, 5 овалан, 6 округли, 7 јајаст, 8 објајаст, 9 ромбоидни, 10 лопатичаст, 11 срцасто јајаст, 12 бубрежаст, 13 стреласт, 14 копљаст

Разликује се више категорија листова: котиледони, доње, средње и горње лишће.

Распоред листова је у вези са еколошким условима, а посебно зависи од осветљења.

Листови могу бити распоређени на два начина: пршљенасто и спирално (наизменично).

Код пршљенастог распореда на истом чвору се налазе два или више листова. У спиралном распореду у сваком кругу се налази по један лист. Угао између свака два суседна листа назива се угао дивергенције. Ако се поређају утврђени углови дивергенције запажа се правилност: $1/2$, $1/3$, $2/5$, $3/8$.

Анатомска грађа листа

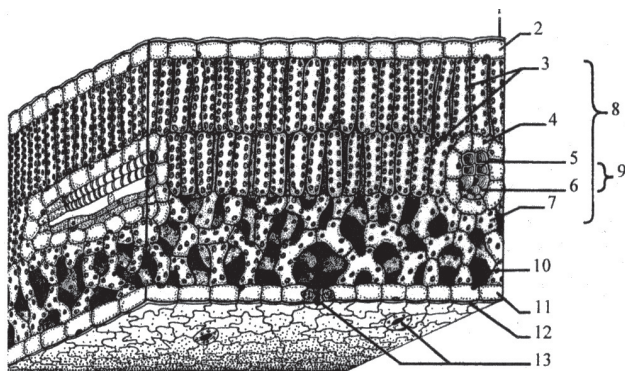
Лист је састављен од епидермиса, мезофила, проводног и механичког ткива.

Епидермис је једнослојан и налази се са обе стране листа, најчешће је покривен кутикулом, длакама и сл. Између ћелија епидермиса налазе се стоме, нарочито на наличју листа.

Мезофил је основно ткиво и састоји се од палисадног и сунђерастог ткива. Палисадно ткиво је асимилационо и окренуто је ка лицу листа. Сунђерасто ткиво је састављено од ћелија различитог облика, са великим интерцелуларима, окренуто наличју, са главном функцијом проветравања.

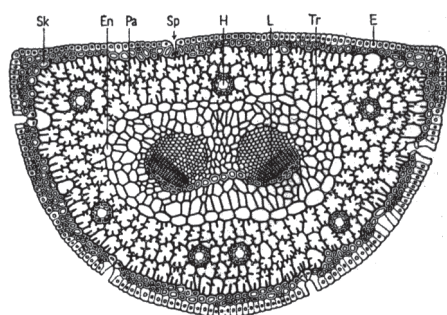
Проводно ткиво листа чине проводни снопићи колатералног, затвореног типа, са ксилемом окренутим лицу листа.

Слика 19. Анатомска грађа листа: 1 кутикула, 2 епидермис лица, 3 палисадно ткиво, 4 механичка сара, 5 ксилем проводног снопића, 6 флоемски део проводног снопића, 7 сунђерасто ткиво, 8 мезофил, 9 проводни снопић, 10 интерцелуларни простор, 11 епидермис наличја, 12 кутикула, 13 стоме



Механичко ткиво се налази у проводним снопићима и то у виду ликиних влакана и склеренхимских ћелија.

Четина је настала од листа и сличне је грађе. Стоме налазе дуж епидермиса, хлоренхим је набран, са или без смолних канала, а у централном делу се налазе један или два проводна снопића.



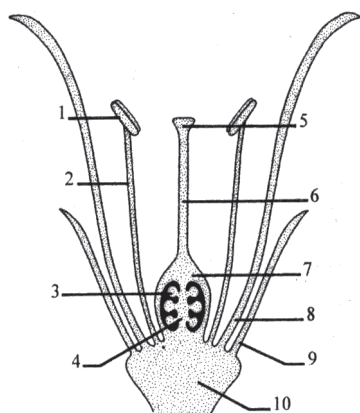
Слика 20. Попречни пресек четине црног бора: Е – епидермис; Sp – стома; Tr – трансфузионо ткиво; Pa – асимилациони паренхим; H – смолни канал; En – ендодерм; Sk – хиподермални склеренхим

Листови могу да се метаморфозирају у рашљике, делимично (грашак) или потпуно (грахорица), затим у трн делимично (зелениче)

или потпуно (шимширика) или у специјалне апарате за хватање и варење инсеката (карниворне биљке).

ЦВЕТ

Под цветом се подразумева скраћени изданак ограниченог растења чији су листови преображени због полног размножавања. Цвет настаје од цветног пупољка, а образује се у пазуху листова који се називају брактеје. Главни делови цвета су: чашица, круница, прашници и тучкови. Сви делови цвета причвршћени су на цветној ложи. Део преображеног изданка који носи цвет назива се цветна дршка, а уколико цветне дршке нема, такав цвет се назива седећи. Чашични и крунични листићи образују цветни омотач или перијант.



Слика 21. Грађа цвета: 1 прашнице, 2 прашнички конац, 3 јајна ћелија, 4 плацента, 5 жиг, 6 стубић, 7 плодник, 8 крунични листићи, 9 чашични листићи. 10 цветна ложа

Чашични листићи су обично зелено обојени са главном функцијом заштите осталих цветних делова. Код неких врста чашични листићи срстају читавом дужином, а само на врху остају слободни у виду зубаца. Поједине врсте имају чашицу која је обојена и може преузети улогу па и изглед крунице (кукурек).

Крунични листићи су живо обојени или бели и такође могу да буду срасли. Бојом, обликом, величином и другим особинама, круница служи за примамљивање инсеката, као и за заштиту унутрашњих делова цвета. Боја круничних листића углавном зависи од пигмента раствореног у ћелијском соку. Постоје и цветови без круничних листића.

Полни органи цвета представљени су прашницима, као мушким полним органима, и тучковима, као женским полним органима.

У прашницима се врши образовање поленових зрнаца, тј. мушких полних ћелија, а у тучковима се формира јајна ћелија односно женска полна ћелија.

Прашници се састоје од прашничког конца или филаментума и прашница у чијим се унутрашњим деловима, редукционим деобама образују поленова зрна. У унутрашњости поленовог зрна налази се цитоплазма са два једра, вегетативним и генеративним.

Осим ове основне структуре, прашници се у односу на функцију могу метаморфозирати у нектарије, љуспасте медне листиће и др.

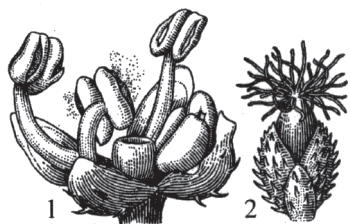
Тучак је састављен од жига, стубића и плодника. Изграђен је од једног или више оплодних листића (карпеле).

Жиг се налази на врху тучка и обично је лепљив или длакав како би могао да прихвати поленова зрна.

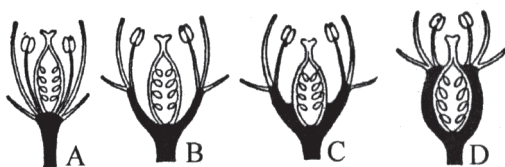
Стубић полази вертикално навише са плодника у виду дужег или краћег кончастог израштаја који се завршава жигом.

Плодник је доњи, проширени и најважнији део тучка, у коме се налазе семени зачетци из којих се развија семе.

Семени зачетак састављен је од дршке (*funiculus*), омотача (*integument*) и хранљивог ткива (*nucelus*). На врху омотача налази се отвор (*micropila*). У нуцелусу се после редукционе деобе формира ембрионова кесица. Ембрионова кесица садржи 8 хаплоидних једара, три су окренута ка микропили, три ка супротном делу ембрионове кесице, а два се спајају у њеном централном делу градећи секундарно једро. Према микропили је окренута јајна ћелија и три помоћне ћелије–синергиде. Насупрот њима налазе се антиподе.



Слика 22. Цветови код коприве:
1 мушки цвет, 2 женски цвет



Слика 23. Положај тучка у односу на остале цветне делове: А – надцветан тучак; В – средишњи тучак, С и D – подцветан тучак

Тучак може бити постављен у три различита положаја у односу на остале цветне делове и због тога се разликује надцветан, подцветан и средцветан тучак.

Цветови могу бити двополни и једнополни. У првом случају цвет садржи прашнике и тучак (хермафродитан), а у другом или само прашнике или само тучак. Ако се на једној биљци налазе цветови са прашницима и цветови са тучком, онда се таква биљка означава као једнодома (храст, буква). Уколико се

на једној биљци налазе само цветови са прашницима а на другој само цветови са тучком, онда се такве биљке називају дводоме (топола).

Важна особина цветова је њихова симетрија. Актиноморфан је онај цвет кроз који се може повући више равни симетрије. Зигоморфан цвет је онај кроз који се може повући само једна оса симетрије.

Опрашивање

Опрашивање је процес преношења поленових зрнаца на жиг тучка. Постоји више начина опрашивања, у зависности од грађе цвета. Самоопрашивање се врши у оквиру истог цвета тј. полен пада на жиг тучка једне исте индивидуе. С обзиром да се ради о истом наследном материјалу, нема могућност комбиновања наследних особина, нити настанка нових прилагођености. Због тога у цвету постоји низ механизма којима се спречава самоопрашивање. Унакрсно опрашивање подразумева преношење поленових зрнаца на жиг тучка друге индивидуе исте врсте.

Опрашивање могу да врше различите животиње или ветар, вода и сл. Најчешћи начин опрашивања је путем инсеката. Овакав начин опрашивања је са становишта адаптације и еволуције далеко прихватљивији. Многе биљке имају посебне особености у грађи цвета управо због опрашивања путем инсеката. Тако се код врста из фамилије уснатица (Lamiaceae) налази низ прилагођености као што су постојање горње и доње усне круничних листића, нектар у основи цвета, грађа и редукција броја прашника и др.

Ойлођење

Када поленово зрно падне на жиг тучка, оно клија у поленову цев. У поленовој цеви налази се вегетативно и генеративно једро. У процесу клијања поленове цеви генеративно једро се дели на два сперматична, хаплоидна једра. Једна сперматична ћелија оплођује јајну ћелију, при чему настаје клица (embryo), односно нова биљка спорофит, са диплоидним бројем хромозома. Друга сперматична ћелија оплођује секундарно једро, које је са диплоидним бројем хромозома, а сад постаје триплоидно и његовим деобама настаје хранљиво ткиво за клицу (ендосперм). Вегетативно једро се распрскава и пропада при додиру са семеним заметком. Двоструко спајање сперматичне и јајне ћелије карактеристично је за скривеносеменице и назива се двојно оплођење.

ЦВАСТИ

Цвасти су систем изданака преображених због сексуалног размножавања биљака. Могу бити рацемозне (ботричне), са моноподијалним гранањем и цимозне са симподијалним гранањем.

Код рацемозних цвасти вршни (терминални) цвет се последњи отвара. Рацемозне цвасти се деле на просте и сложене. У просте рацемозне цвасти спадају грозд и клас. Варијанте ових основних цвасти су гроња, реса, клип, штит и главица.

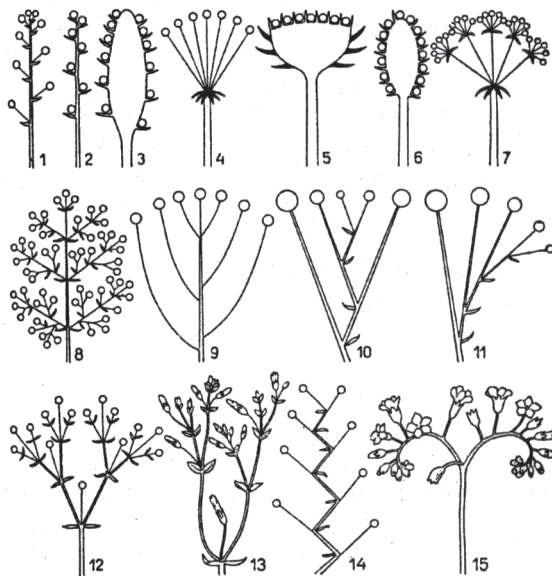
Грозд има дугачку главну осовину на којој су поређани цветови на дршкама. Овај тип цвасти карактеристичан је за фамилију крсташица (*Brassicaceae*).

Клас има седеће цветове који су поређани на главној осовини цвета. Карактеристичан је за фамилију шашева (*Surfegaceae*, мушке цвасти). Посебне форме класа су клип и реса.

Код клипа, главна оса је задебљала, док је код ресе танка и савитљива, услед чега обично виси. Клип се јавља код кукуруза (*Zea mays*), козлаца (*Arum maculatum*), а реса у врба, топола и др.

Слика 24. Типови цвасти:

1 грозд, 2 клас, 3 клип, 4 штит,
5 и 6 главица, 7 сложени
штит, 8 метлица, 9 гроња,
10 монохазија, 11 срп,
12 и 13 дихазија, 14 и 15
увојак



Штит је врста рацемозне цвасти код које је главна осовина скраћена, а са њеног врха полазе цветне дршке које се завршавају цветовима готово у истој равни. Ова цваст је карактеристична за фамилију штитара.

Главица се одликује веома скраћеном главном осом која је уз то и проширена. На њој се налазе седећи цветови. Главица је карактеристична за фамилију главочика и лептирњача (*Asteraceae* и *Fabaceae*).

Сложене рацемозне цвасти су сложени грозд (метлица), сложени клас, сложена гроња и сложени штит.

Код цимозних цвасти терминални цвет се први отвара. Главни типови цимозних цвасти су: монохазијум, дихазијум и плејохазијум.

Монохазијум карактерише осовина која се заврши цветом, испод овог цвета јавља се бочна оса која се такође завршава цветом итд. Јавља се код перунике и других врста. Увојак и кривударка су такође типови ове цвасти.

Код дихазије се испод теменог цвета главне осе јављају две наспрамне бочне осе које се завршавају цветом. Фамилија каранфила поседује овакву цваст.

Плејохазију одликује терминални цвет којим се завршава главна оса, а испод ње се развија више нових оса са цветовима. Карактеристична је за фамилију млечика.

СЕМЕ

Семе се развија из семеног зачетка након оплођења. На површини семена налази се семењача, која настаје из дела семеног зачетка који се назива интегумент. Семењача је спољашњи део семена, саграђена од ћелија механичког ткива (склеренхим) и има заштитну улогу. У унутрашњости се налази језгро које садржи клицу окружену хранљивим ткивом.

Семена могу бити различитог облика, величине, структуре и боје семењаче. Изузетно мала семена имају орхидеје, а великим семеном одликују се врсте као што су кокос палме и др.

ПЛОД

Плод је орган биљке који се после оплођења развија из плодника. Омотач плода (перикарп) издиференциран је на 3 слоја: егзокарп, мезокарп и ендокарп. Егзокарп одговара лицу, а ендокарп наличју листа. Мезокарп чини више слојева ћелија, посебно код сочних плодова.

Сви плодови се деле на просте, који су настали од једног цвета и сложене, који су настали од цвасти.

Прости плодови могу бити посебни и збирни. Посебни се деле на пуцајуће и непуцајуће, а непуцајући на сушне и сочне.

Посебни пуцајући плодови имају сув плод омотач и обично више семена која се ослобађају пуцањем плодовог омотача. Ту спадају мешак (фам.љутића), махуна (фам.лептирњача), чаура која се може отворати на различите начине (фам.макова, каранфила и др.), љуска и љушчица–посебне форме чауре (фам. купуса).

Посебни непуцајући плодови имају сув плод омотач, а семена се ослобађају труљењем плодовог омотача. У непуцајуће сушне плодове спадају орашица, ахенија, крупа, мерикарпијум и шизокарпијум (фам.уснатица и др.).

Слика 25. Плодови:

1 мешак, 2 махуна,
3 и 4 коштуница,
5 бобица, 6 орашица,
7 шизокарпијум,
8 ломљива махуна,
9 љуска, 10 крупа, 11 чаура
са пораме, 12 збирни плод
код дуда, 13 и 14 збирни
плод код ружа, 15 чаура са
капцима, 16 и 17 језгричав
плод крушка



У непуцајуће сочне плодове спадају бобица (фам.помоћница), коштуница (фам. ружа).

Збирни плодови имају заједничку цветну ложу на којој се налази већи број плодова. Тако нпр. јагода представља збирну орашицу, збирна коштуница је у малине, купине итд.

Полиантокарпни плодови су нпр. смоква, дуд и сл. У грађи ових плодова учествују осовине цвасти које опкољавају појединачни плодови типа орашице или ресе.

Систематика биљака

Систематика биљака је ботаничка дисциплина која на основу упоредних испитивања морфолошких особина биљака треба да установи њихово узајамно сродство и да их на основу тога опише и среди у систем који одражава њихову филогенију. Систематика биљака је уско повезана са другим биолошким дисциплинама као што су генетика, молекуларна биологија, физиологија биљака, екологија и географија биљака, фитоценологија и многе друге.

До данас је описано око 370 000 биљних врста на планети, али тај број није коначан. Рачуна се да ће, због великог интересовања за истраживања у области ботанике, број врста достићи цифру од око 500 000.

На Балканском полуострву расте око 6500 биљних врста, а од тог броја на флору Србије долази око 3700. Подручје Балкана је једно од флористички најбогатијих, док према северу Европе број врста нагло опада.

Систематске јединице (таксони)

Основна систематска јединица је врста (*species*). Она представља скуп покољења произашлих из општег претка, под утицајем средине и борбе за опстанак одвојених одабирањем од осталог живог света. Врсте са низом заједничких особина чине род (*genus*), а родови, према заједничким карактеристикама, фамилије (*familia*). Виша систематска јединица од фамилије је ред (*ordo*) и обухвата фамилије које су сродне по многим особинама. Више сличних редова чине класе (*classis*), а класе раздео (*divisio*). Поред ових таксономских категорија разликују се и ниже систематске јединице од врсте и то подврста (*subspecies*), варијетет (*varietas*) и форма (*forma, morpha*). Од нижих систематских јединица једино се наслеђују особине код подврсте и варијетета. Форма нема сталне наследне особине и представља несталну морфолошку реакцију на одређене услове станишта.

Ботаничка номенклајура

Неки више или мање систематизовани подаци о биљкама налазе се код грчких класика IV и III века пре наше ере, Аристотела и Теофраста. У њиховим

делима описано је преко 500 врста биљака, како оних које су се налазиле у непосредном окружењу, тако и оних са Истока због живе трговинске сарадње. Код римских научника Плинија, Лукреција и Виргилија, културним биљкама се посвећивала посебна пажња.

У средњем веку настаје стагнација у истраживањима биљног света.

У Новом веку, са значајним економским променама, мења се и однос према науци. Пред ботаничаре тога времена поставља се задатак инвентарисања биљног света. Тада се први пут појављују биљни системи, тј. груписање биљака према одређеним карактеристикама. Најзначајнији ботаничар тога времена је Карл Лине. Он је усавршио технику описа биљака, формирао биљни систем и што је најважније, увео бинарну номенклатуру у биологију. До тада биљке су се називале по својим особинама, па се назив врсте састојао и од 12 речи.

Бинарна номенклатура подразумева означавање назива рода и врсте. Тако се, на пример, кукурек на латинском језику назива *Helleborus odorus*. Први назив је назив рода (*Helleborus*), а други назив врсте (*odorus*). Назив рода се пише великим словом, а назив врсте малим. У систематици биљака постоје и карактеристични наставци за поједине систематске категорије. Тако раздео има карактеристични наставак *phyta*, класа *opsyda*, ред *ales*, фамилија *aceae*. Остале систематске категорије немају карактеристичне наставке.

На примеру систематске класификације храста цера то би изгледало овако:

- Раздео (*Phylum*) Magnoliophyta (цветнице)
- Класа (*Classis*) Magnoliopsida (дикотиле)
- Ред (*Ordo*) Fagales
- Фамилија (*Familia*) Fagaceae (букве)
- Род (*Genus*) *Quercus* (храст)
- Врста (*Species*) *Quercus cerris* L. – храст цер

Иза назива врсте пише се скраћеница имена аутора који је врсту први описао.

За систематику биљака после Линеа, па све до данашњих дана нарочито је карактеристично формирање природних и филогенетских система. Тек је Дарвинова теорија еволуције успела да објасни узајамне односе између врста и њихове сродничке везе. Док природни системи имају задатак да раздвајају биљке на основу њихове грађе, дотле филогенетски системи имају задатак да објасне њихово порекло.

Методe и принципии у дејтерминацији биљака

Да би се биљка правилно детерминисала неопходно је да се поседују сви њени делови у различитим фазама развића. Детерминација се може вршити на

свежем биљном материјалу или у научним збиркама као што су хербаријуми, културе или водене културе. Када се ради о хербарском материјалу, биљка треба да је прикупљена и хербаризована у што више примерака. На тај начин може се добити више података о самој биљци.

За одређивање биљака неопходни су одговарајући кључеви, урађени за одговарајућу флору. У већим флорама постоје кључеви за одређивање свих систематских категорија. Основни принцип при изради кључева је принцип дихотомије. Ради се о степеновању карактера, при чему се полази од најширег, општег карактера ка посебном. Сваки степен се дихотомо разилази на два дела, од којих један представља тезу, а други антитезу. Теза и антитеза се означавају истим бројем, али различитим словима а и б. Ако се одређивач определио за одређену општију тврдњу, од ње га даље одговарајући број води ка следећој тези или антитези, на нижем степену.

На примеру кључа за одређивање родова из класе четинара, може се видети степеновање карактера и принцип дихотомије.

- | | | |
|----|---|------------------|
| 1а | Дрвеће са зимзеленим лишћем. | 2 |
| 1б | Жбунови са зимзеленим лишћем | 5 |
| 2а | Лишће игличасто, дугачко 2–18 cm, по два до пет листова
на кратком изданку | <i>Pinus</i> |
| 2б | Лишће тракасто, 2–3 cm дугачко | 3 |
| 3а | Биљке са шишаркама | 4 |
| 3б | Биљке са бобичастим шишаркама | 5 |
| 4а | Лишће на попречном пресеку ромбично, шишарке висице | <i>Picea</i> |
| 4б | Лишће на попречном пресеку елиптично, шишарке усправне. | <i>Abies</i> |
| 5а | Лишће спирално распоређено, при основи спирално
упредено и доведено у два низа | <i>Taxus</i> |
| 5б | Лишће до 3 cm дужине, игличасто, по три листића у пршљену. . . | <i>Juniperus</i> |

Према Wittaker-у (1969) сви организми су сврстани у 5 царстава:

1. Monera (Procariota)
2. Protista (Eucariota)
3. Fungi (гљиве, вишећелијске Eucariota)
4. Planta (више биљке)
5. Animalia (животиње)

Царство Animalia биће обрађено у посебном поглављу Зоологија.

Царство Monera (Procariota)

У царство Monera спадају бактерије, вируси и модрозелене алге. То су најстарији организми у чијим ћелијама нема оформљеног једра, а поред наследног материјала поседују и рибозоме.

Бактерије су веома ситни једноћелијски организми, са чврстим ћелијским зидом, без пластида и митохондрија. У цитоплазми се налазе рибозоми и мезозом. Највећи број бактерија храни се хетеротрофним начином, а само мали број поседује специјални бактеријски пигмент бактериохлорофил и храни се аутотрофно. Бактерије се јављају у облику кока, бацила, вибриона и спирали. Размножавају се деобом и полним начином који се назива трансдукција.

Значај бактерија за живот човека огледа се у постојању патогених и сапрофитских облика. Сапрофитски облици учествују у процесу труљења, тј. учествују у минерализацији, самим тим у кружењу материја. Њихова улога је важна и у процесима врења у различитим врстама прехранбене индустрије. Патогени облици изазивају обољења лучењем отровних материја–токсина. Аеробне бактерије ступају у односе симбиозе са кореновим системом биљака из фамилије лептирњача (Fabaceae), везујући елементарни азот из ваздуха, па се на тај начин земљиште обогаћује органским материјама.

Вируси настањују цитоплазму ћелија биљака и животиња и то као унутарћелијски паразити. Састоје се од протеинског омотача и нуклеинских киселина. Могу бити лоптастог, штапичастог, коцкастог, полиедричног облика и могу се посматрати само електронским микроскопом. Вируси и њихови токсини су изазивачи многих обољења биљака, животиња и човека.

Модрозелене алге живе у слатким и сланим водама, влажном земљишту, стенама и зидинама, као епифите или паразитске форме. То су једноћелијски, колонијални и кончасти облици, са ћелијским зидом и хроматоплазмом. У централном делу плазме налази се ДНК, без једрове опне. Једноћелијски облици се размножавају деобом, а кончасти фрагментацијом. Воде планктонски начин живота и представљају основне чланове ланца исхране у воденим екосистемима, које обогаћују кисеоником. Такође имају способност фиксације атмосферског азота и тиме доприносе побољшавању квалитета земљишта.

Царство Protista (Eucariota)

Пре око милијарду и двестотине милиона година, прокариотска ћелија је еволуирала у еукариотску. То значи да су настали организми који су у ћелији садржали оформљено једро. Од тог момента настала је и митотичка деоба ћелија, а у полном процесу дошло је и до настанка редукционе деобе.

Од модрозелених алги су током еволуције настале сложеније грађене алге, углавном колонијални и вишећелијски облици. Поред постојећег пигмента хлорофила, који је настао још код модрозелених алги, развили су се и други хлорофили као што су а, b, c, d и e.

Алге се деле на: златасте, силикатне, мрке, црвене, жутозелене, еугленоидне, зелене и пршљенчице.

Златасте и силикатне алге су значајне као произвођачи органских материја у воденим екосистемима, као и у ланцима исхране водених животиња. Производњом кисеоника обогаћују водену средину овим неопходним гасом. Силикатне алге су веома осетљиве на промену хемизма воде, па се могу користити као индикатори степена њене чистоће. Из тела мрких алги добија се јод, а из пепела крупних облика ђубриво са великим процентом калијума. Црвене алге се користе у исхрани, а из њих се добија агар-агар који се користи за дуже одржавање влажности, као подлога за гајење микроорганизама и др.

Сматра се да копнене биљке воде порекло од зелених алги. Најпримитивнији једноћелијски облици су покретљиви, са два бича (*Chlamydomonas*), пехарастим хлоропластима, централно постављеним једром и вакуолама. Овде спадају и колонијални облици као што је *Volvox* и др. Живе у воденим екосистемима, у планктону или су причвршћене за подлогу. У процесу фотосинтезе ослабађају велику количину кисеоника, а значајни су и за производњу органске масе. Неке од њих улазе у састав тела лишајева.

Царство Fungi (Гљиве)

У царство Fungi спадају гљиве и лишајеви.

Гљиве (Fungi)

Гљиве су сапрофитски или паразитски хетеротрофни организми, без пигмената. Најједноставнији представници су амебоидног облика, док су код сложенијих облика развијени мицелијуми са хифама. Ћелије гљива су обавијене ћелијским зидом који је најчешће од хитина, а цитоплазма садржи готово све органеле. Размножавање гљива може бити бесполно и полно. Бесполно се врши спорама, фрагментацијом, пупљењем. Полно размножавање обавља се копулацијом.

До данас је познато преко 50 000 врста гљива, а сврстане су у два раздела: Мухомycota-слузаве гљиве и Eumycota-праве гљиве.

Раздео Мухомycota (слузаве гљиве)

Мухомycota (слузаве гљиве) немају јасно издиференциран ћелијски зид, а њихово тело је састављено од слузаве протоплазматичне масе. Живе на трулим пањевима и лишћу хранећи се бактеријама и органским материјама.



Слика 26. Гљиве: 1 *Morchella esculenta* јестиви смрчак, 2 *Sclerotinia* sp., 3 *Gyromitra infula* хрчак, 4 *Spathularia* sp. 5 *Leotia* sp., 6 *Macropodia macropus*, 7. *M. vesiculosa*, 8 *Dasyscyphus* sp.

Раздео Eumycota (праве гљиве)

Eumycota садрже хифе (безбојне гранате конце или цевчице) које су обавијене правим ћелијским зидом. Највећи део ћелије заузима вакуола, пластида нема, а остале органеле су заступљене исто као и код биљака. Хифе расту вршним делом, густо се гранају и преплићу градећи мицелијум.

Раздео Eumycota обухвата 5 подраздела, а најчешћа су три и то: Zygomycotina, Ascomycotyna и Basidiomycotina.

Zygomycotina живе углавном у сувоземним екосистемима, мањи број насељава водена станишта. Имају вишеједарни мицелијум који најчешће није подељен на ћелије. Развијају се на намирницама изазивајући њихово буђање (*Mucor*). Размножавају се спорама и полним путем.

Ascomycotyna су гљиве са вишећелијским мицелијумом. Овде спада око 20 000 сувоземних врста тј. око 30% свих познатих гљива. Главна карактеристика

аскомикотина је постојање аскуса (*ascus*) у коме се развијају споре после оплођења. У најпростије аскомикотина спадају квасци неопходни за процес ферментације. Посебно значајна аскомикотина је *Penicillium* који продукује антибиотик пеницилин. У аскомикотина спадају и пепелнице. То су паразитски облици који живе на биљкама. Развијају се на површини биљних органа као што су листови, цветови и плодови. Њихови апсорпциони органи-хаусторије продиру кроз ткиво епидермиса у унутрашњост органа црпећи хранљиве материје, а то доводи до исцрпљивања биљних организама и до смањења производње.

Basidiomycotina обухватају око 15 000 врста гљива. Код њих се образују споре на базидијама које су хомологе аскусима. Мицелијум се развија подземно, а надземно се образује меснато плодносно тело састављено од дршке и шешира. Доња страна шешира носи зракасто поређане листиће, грађене од хифа, на чијим се врховима развијају базидије са базидиоспорама. Споре се образују у веома великом броју и разносе ветром. Многе печурке су јестиве, а неке и веома отровне. Један број врста базидиомикотина води паразитски начин живота, претежно на биљкама и проузрокује велики број обољења.

Неке од наших гљива су: смрчак (*Morchella esculenta*), вргањ (*Boletus edulis*), рудњача (*Agaricus campestris*), сунчаница (*Lepiota procera*) и др.

Лишајеви (Lichenophyta)

Лишајеви су комплексни организми који настањују дрвеће, земљу, стене и сл. Њихово тело се састоји од гљиве и алге у симбиотичкој вези. Гљива је најчешће из подраздела аскомикотина, ређе базидиомикотина, а алге зелене или модрозелене. Алга добија од гљиве воду са раствореним минералним материјама, а гљива од алге угљене хидрате. Део који чине гљиве у саставу лишаја назива се микобионт, а део који чине лишајеви фотобионт.

Размножавање лишајева се врши вегетативним путем, одвајањем талуса или образовањем специјалних творевина соредија и изидија.

Лишајеви се најчешће деле према својој морфологији на корасте, листасте и жбунасте.

Неки од лишајева који се чешће јављају у нашем климату су: *Lobaria pulmonaria*, *Usnea barbata*, *Cladonia rangiferina* и др.

Лишајеви су пионирске врсте на пожариштима, у леденим пустињама и на другим стаништима.

Царство Planta (више биљке)

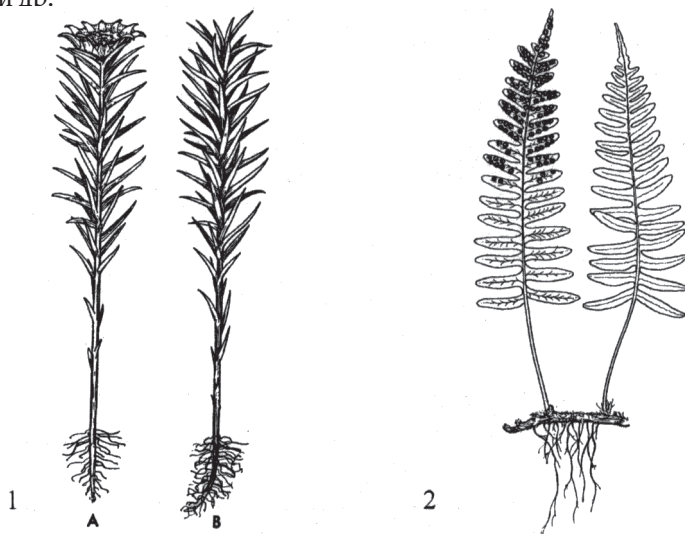
Више биљке обухватају маховине, папрати, голосеменице и скривено-семенице.

Раздео маховина (Bryophyta)

Маховине су се појавиле у палеозооку. То су вишегодишње зељасте биљке, висине до неколико центиметара. Настањују влажна станишта. Неке врсте маховина имају талус и пузеће су, а друге имају издиференцирано стабло и лист. Уместо корена јављају се ризоиди, кончасти израштаји којима се маховине причвршћују за подлогу. Женски полни органи су архегоније, а мушки антеридије. Код маховина је изражена смена генерација, а доминирајућа генерација је гаметофит. Бесполна тј. спорофит генерација је слабо развијена и увек спојена са гаметофитом.

Раздео маховина обухвата три класе: антоцеротопсиде (Anthocerotopsida), јетрењаче (Marchantiopsida) и класу правих маховина (Bryopsida).

У нашим шумама честе су: *Dicranum scoparium* и то у шумама букве са маховином, *Mnium undulatum*, *Polytrichum commune* која индицира кисело земљиште и др.



Слика 27. 1 Маховина *Polytrichum juniperinum*: А. – мушка биљка; В. – женска биљка; 2. Папрат *Polypodium virginianum*

Раздео папрати (Polypodiophyta)

Папрати имају корен, стабло и лист (изузев оних најпримитивнијих). Биљка папрат представља спорофит генерацију. Састоји се од стабла које је код већине подземно и назива се ризом и великог броја крупних листова. Од ризома се пружају прави коренови.

Код папрати, као и код маховина, јасно је изражена смена генерација. Код маховина гаметофит је у ствари цела биљка, а код папрати је сведен на телашце које се означава као проталијум. Проталијум живи највише једну недељу, а на њему се образују антеридије и архегоније. У антеридијама се образују сперматозоиди, а у архегонијама јајна ћелија. Оплођење се врши преко капљица воде. Из оплођене јајне ћелије–зигота развија се биљка папрат или спорофит са кореном, стаблом и листом. На већини листова образују се спорангије са спорама. Приликом стварања спора обавља се и редукциона деоба–мејоза. На тај начин настају хаплоидне споре које се разносе ветром. Спора на погодном тлу клија у проталијум.

Папрати се деле на неколико раздела као што су пречице, раставићи, праве папрати и др. Најчешће папрати су: слатка папрат *Polypodium vulgare*, навала *Dryopteris filix-mas*, бујад *Pteridium aquilinum*, златна папрат *Ceterach officinarum* и др.

Одељак Spermatophyta (семенице)

Семенице су најсавршеније кормофите. Обухватају два раздела: Pinophyta –голосеменице и Magnoliophyta–скривеносеменице.

За Spermatophyta је такође карактеристична смена генерација, само је овде дошло до још веће редукције гаметофита и то тако што гаметофит више није самосталан, а јавља се као део бесполне генерације–спорофита. Услед овога, смена генерација није јасно изражена. Код семеница се семе образује у плоду, а развија се из семеног заметка.

Раздео Pinophyta (голосеменице)

Раздео Pinophyta обухвата 6 класа, а најзначајнија је Pinopsida. Класа Сусансидеја је некада била веома распрострањена, а сада се, са само десетак родова, налази у тропским областима.

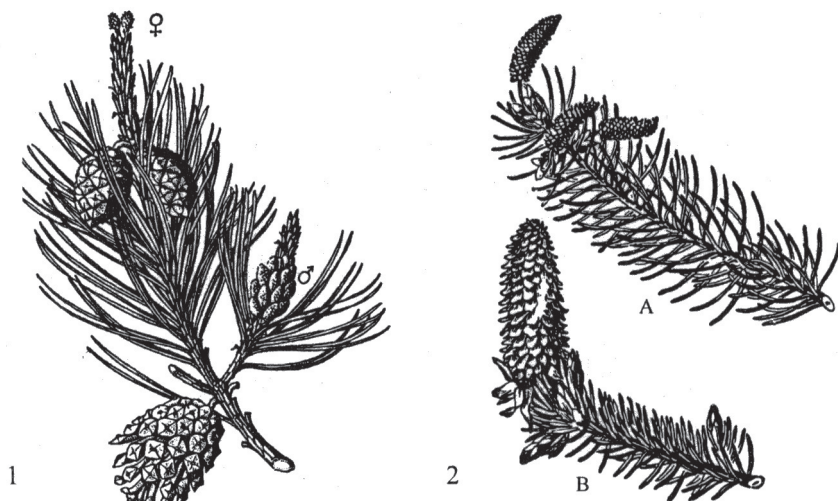
Класа Pinopsida

Класу Pinopsida чине дрвенасте биљке са моноподијалним типом гранања. Листови су игличасти или љуспасти. Имају добро развијен коренов систем и секундарно дебљање стабла и корена. У дрвеном делу ових биљака нема трахеја, а у кори постоје само ситасте ћелије. У стаблу се код неких врста налазе смони ходници. То су углавном зимзелене врсте. Цветови су једнополни, а биљке једнодоме, ређе дводоме. Семени заметак је го. Мушки цветови су појединачни или у виду мушких шишарица, док су женски обично у виду шишарица.

У ову класу спада фамилија Pinaceae са нашим најважнијим четинарским врстама: *Abies alba* – јела, *Picea omorika* – оморика, *P. abies* – смрча, *Pinus nigra* – црни бор, *P. silvestris* – бели бор, *P. heldreichii* – муника (субендемична врста), *P. mugho* – кривуљ, *P. peuce* – молика, *Larix decidua* – ариш и др.

Класа Cycadopsida

Потичу из горњег девона. Углавном су изумрле врсте, а данас живи око 200 тзв. “живих фосила” који у вегетацији немају готово никакву улогу.



Слика 28. 1 *Pinus sylvestris* бели бор: изданак у цвету са мушким ♂ и женским ♀ цветовима; 2 *Picea abies* смрча: изданци са мушким и женским цветовима и шишарицама

Раздео Magnoliophyta (скривеносеменице)

Скривеносеменице су у односу на голосеменице еволуирале како у погледу организације тако и у погледу разноврсности и бројности. Сматра се да данас постоји око 226 000 врста, 10 000 родова и више од 300 фамилија скривеносеменица. Према фосилним налазима установљено је да су скривеносеменице биле заступљене већ у доњој креди. Одликују се семеним заметком смештеним у плоднику тучка. После оплођења из семеног заметка се развија семе, а из плодника тучка плод.

Раздео Magnoliophyta дели се на 2 класе: Magnoliopsida дикотиледоне биљке и Liliopsida монокотиледоне биљке.

Класа Magnoliopsida (дикотиледоне биљке)

Представници ове класе у већини случајева имају два котиледона. Главни корен је добро развијен. Судовни снопићи су концентрични и отворени. Листови су различитог облика. У оквиру ове класе постоји 6 подкласа и већи број редова, око 325 фамилија, 10 000 родова и око 175 000 врста.



Слика 29. Изданак са цветовима *Ranunculus* sp. фамилија *Ranunculaceae*

Фамилија љутића (*Ranunculaceae*)

Фамилија обухвата биљке са листовима који су често дељени и наизменично постављени. Цветови су актиноморфне грађе, хермафродитни и живо обојени. Прашника и тучкова је велики број и спирално су распоређени. Нектарије су смештене у основи цвета. Плод је мешак и орашица, врло ретко бобица. Велики број цветних делова и њихов спирални распоред указују на еволутивну старост ове фамилије.

Представници су: кукурек, жаворњак, бреберина (анемона), једић, љутић, гороцвет, саса и др.

Фамилија букве (*Fagaceae*)

Дрвеће и жбуње са простим, назубљеним и режњевитим листовима који су спирално распоређени. Цветови су једнополни, биљке једнодоме. Мушки цветови су скупљени у цвасти ресе или лоптасте цвасти. Перијант је чашицолик са 4–8 листића и са 5–20 прашника. Женски цветови су појединачни или скупљени по 3 у заједничкој цвасти. Плод је синкарпна орашица. Од приперака се око плодова развија купула – жир.

Фамилија *Fagaceae* је заступљена код нас са 3 рода: буква, храст и питоми кестен.

Буква *Fagus silvatica* је шумско дрво висине до 50 m, са глатком кором сиве боје. Листови су елиптични, овални, јајасте, са кратком лисном дршком.

Род храста (*Quercus*) је веома богат врстама. Храстови се налазе од низије па до 1200 мнв. Лишће им је по ободу плиће или дубље режњевито, а купула обухвата само по један плод.

Питоми кестен (*Castanea sativa*) расте код нас у брдској зони, достижући висину и до 35 m. Листови су јајасто ланцетасти, ка врху сужени, на дршкама. Купула кестена садржи по два до три плода, а обично је са љуспастим приперцима, често бодљавим. Плод је јестив.

Фамилија бреза (Betulaceae)

Дрвеће и жбуње са простим, спирално распоређеним листовима. Цветови су једнополни, а биљке једнодоме. Мушки цветови су скупљени у цвасти у облику ресе. У пазуху спирално распоређених љуспи налази се по 2–12 прашника. Женски цветови су такође скупљени у нешто краћим ресама. Тучак је састављен од 2 оплодна листића. Плод је орашица са крилцима која се лако разносе ветром.



Слика 30. Лужњак
Quercus robur:

1 гранчица са мушким и женским цветовима, 2 гранчица са листовима и плодовима, 3 купуле жира

Родови из ове фамилије, који су заступљени код нас су: бреза, јова, леска и граб.

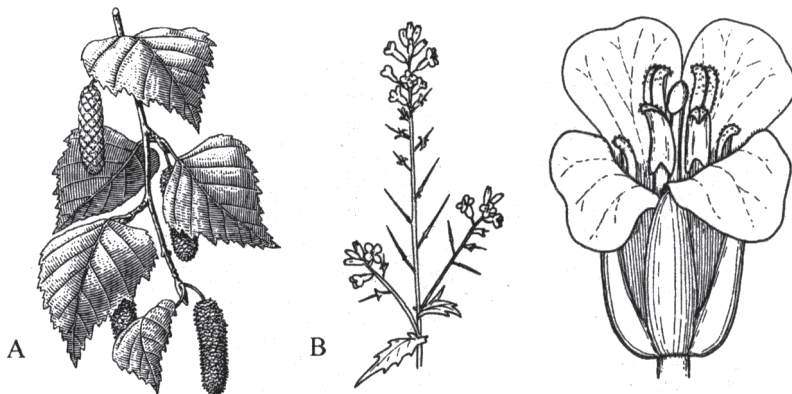
Бреза (*Betula pendula*) је дрво висине до 30m, са белом кором. Листови су троугласто јајастии или троугласто ромбични, назубљени, са лисном дршком. Расте у проређеним високопланинским шумама, али се сади и по парковима због декоративности стабла и листова.

Јова (*Alnus glutinosa*) је дрво са округластом лиском назубљеног обода. Расте крај река у низијским пределима и поред брдских потока.

Леска (*Corylus avellana*) расте као шиб у брдском појасу. Плод је орашица, а 2–3 орашице су обавијене лиснатом купулом.

Фамилија купуса (Brassicaceae)

Једногодишње, двогодишње и вишегодишње биљке са наизменично распоређеним листовима. Листови могу бити цели, назубљени или перасто дељени. Цветови су хермафродитни са 4 чашична и 4 крунична листића. Прашника је 6 од којих су 4 дужа. Плод је љуска или љушчица.



Слика 31. А – *Betula pendula* бреза: гранчица са листовима и плодним ресама; Б – Цваст и цвет *Barbarea vulgaris*, фамилија Brassicaceae

Представници су многе повртарске бољке које се користе за исхрану као што су купус, келераба, кељ, карфиол, броколи, уљана репица, слачица и др. Многе украсне биљке припадају овој фамилији: шебој, лунарија, ноћна фрајла и др.

Фамилија ружа (Rosaceae)

Једногодишње, двогодишње и вишегодишње биљке са наизменично распоређеним листовима. Цветови су двополни, дводоми. Чашница и круница се састоје од по 5 листића. Прашника је велики број, спирално распоређених, често на конусно издигнутој цветној ложи. Плодови су мешак, орашица, бобица или коштуница.

Представници ове фамилије су: дивља ружа, јагода, купина, веома распрострањена по шумама, а исто тако и многе воћкарице као што су јабуке, крушке, шљиве, брескве и др.

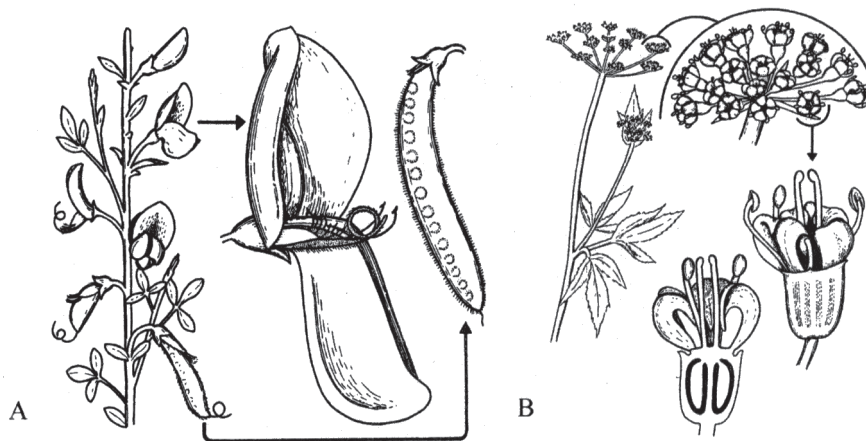
Многе дивље врсте фамилије ружа послужиле су за одгајивање културних сорти биљака, а плодови неких врста су јестиви са великим садржајем витамина Ц.

Слика 32. Део биљке са листовима и цветовима, фамилија Rosaceae



Фамилија лептирњача (Fabaceae)

Једногодишње, двогодишње и вишегодишње биљке са сложеним, перастим, прстастим или трочланим листовима. Веома ретко листови могу бити и недељени. Код великог броја представника, нарочито зељастих биљака, листови су метаморфозирани у рашљике за прихватање, јер су њихова стабла са мало механичких елемената. Цветови су сложени у гроздасте, класасте или главичасте цвасти, лептирастог облика, са 5 чашичних и 5 круничних листића. Горњи крунични листић је најкрупнији и назива се заставица, два са стране су мања и називају се крила, а два доња су једним делом срасла и називају се лађица. Прашника је најчешће 10, девет у снопићу а један слободан. Плод је махуна.



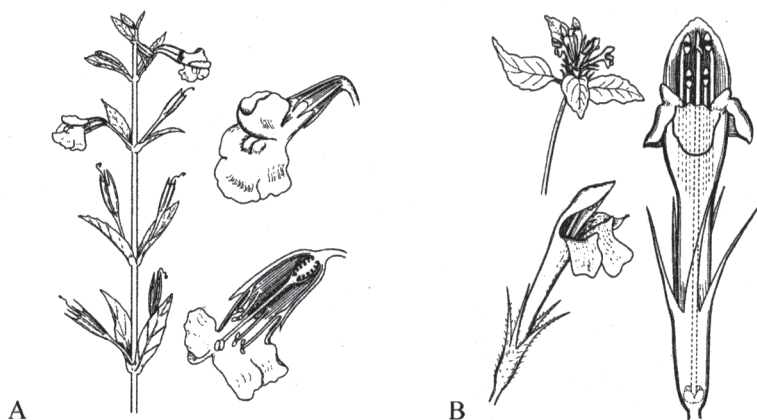
Слика 33. Део биљке са листовима, цветовима и плодовима, фамилија Fabaceae

Од дрвенастих врста у ову фамилију спада багрем (*Robinia pseudoaccacia*), жбунастих врста има већи број. Вишегодишње зељасте биљке су: граор, детелине, луцерка, као и многе врсте поврћа које се користе за исхрану: пасуљ, грашак, соја, сочиво, кикирики и сл.

Коренов систем великог броја лептирњача је у симбиози са бактеријама које могу да вежу елементарни азот из ваздуха. На тај начин земљиште се обогаћује нитратима што је веома важно у продукцији биомасе. Семена многих лептирњача се користе за исхрану људи. Такође, због нектара који се налази у њиховим цветовима, представљају изванредну пчелињу пашу.

Фамилија ланилиста (*Scrophulariaceae*)

Претежно вишегодишње биљке са простим листовима различитог облика. Цветови су пазушни, двополни, скупљени у метличасте цвасти. Чашница је најчешће састављена од 5 листића, трајућа. Круница зрачних цветова је састављена од 5 листића, а код зигоморфних је двоусната. Плод је чаура, ређе бобица.



Слика 34. А – Карактеристике цветова код фамилије *Scrophulariaceae*;
Б – Фамилија уснатица *Lamiaceae*: двоуснати цветови код врсте *Galeopsis tetrahit*

Од представника разликујемо зевалице, дивизме, ланилист, вуку и др.

Фамилија уснатица (*Lamiaceae*)

Представници ове фамилије обично садрже ароматичне супстанце. Стабљика је на попречном пресеку четвороугласта. Листови су насупрамни,

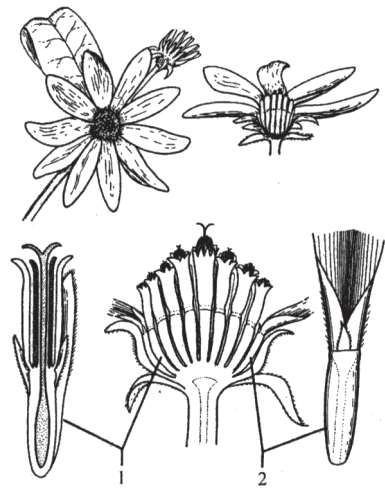
унакрсно распоређени, а цветови сложени у дихазије. Чашица је састављена од 5 (4) сраслих листића, а круница од 5 листића који су у облику усне. Плод је мерикарпијум.

Фамилија уснатица је једна од најбогатијих фамилија у нашој флори. Припадници ове фамилије су познате лековите, украсне и зачинске биљке, као што су мајкина душица, нана, жалфија, лавандула, рузмарин, ориганум, и др.

Фамилија главочика (Asteraceae)

Углавном вишегодишње зељасте биљке. Листови су без залистака, цели или различито дељени. Цветови главочика су двојаки и то цевастим са зрачном симетријом и језичастим са зигоморфном симетријом, двополни, скупљени у главичасте цвасти. Распоређени су у горњем делу цвасти, а у доњем делу се развијају зелени листићи опште чашице. Цвасти цветови имају чашицу дељену на длачице, круницу у облику цеви од 5 листића, 5 прашника и тучак од два оплодна листића. Слично је грађен и језичасти цвет. Крунични листићи су срасли у оба случаја. Плод је ахенија.

Главочике су једна од фамилија са највећим бројем представника код нас. Неке од чешћих врста су маслчак, хајдучка трава, бела рада, различак, камилица и др.

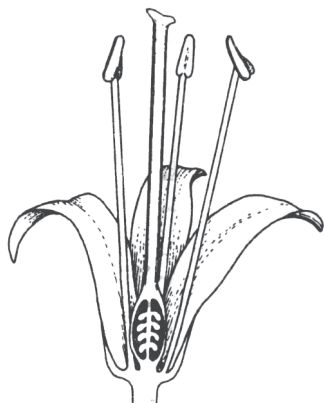


Слика 35. Главичаста цваст са цевастим и језичастим цветовима код представника фамилије Asteraceae

Класа Liliopsida (монокошилеgone биљке)

У класу монокотила спадају углавном зељасте вишегодишње биљке, што значи да су филогенетски млађе од класе дикотила. У њиховим стаблима и кореновима нема камбијума, тј. секундарно не дебљају, а хистолошки садрже само примарна ткива. По броју врста су сиромашније од класе дикотила, али су зато са великим бројем представника.

Фамилија љиљана (Liliaceae)



Слика 36. Грађа цвета фамилије Liliaceae

Биљке које имају развијене ризоми, луковиче или кртоласте луковиче. Листови су са целим ободом, а цветови хермафродитни, ређе једнополни, са паралелном нерватуром. Цветни омотач је обично короличан, већином од 6 листића. Плод је чаура, ређе бобица.

Од врста које су заступљене у нашој флори најпознатије су: лукови кринови, пресличице, ђурђевак и др.

Фамилија шашева (Cyperaceae)

Фамилију шашева чине вишегодишње, углавном бусенасте биљке, које су космополитски распрострањене. По свом хабитусу веома личе на траве. Подземно стабло је у облику гранатог ризома, а надземно тространо са узаним листовима. Лисни рукавац потпуно обухвата стабљику. Цветови су без цветног омотача, у класастим цвастима. Плод је орашица.

Представници су врсте из рода оштрица и рода шашева. Расту на влажним и мочварним стаништима.

Фамилија трава (Poaceae)

Вишегодишње биљке са жиличастим кореновим системом. Стабљика је са чворовима. Листови су наизменични и састоје се од рукавца и лисне плоче – лиске. На прелазу из рукавца у лиску налази се језичак – лигула. Цветови су обавијени плевама и плевицама и груписани у класове. Плод је крупа.

Фамилија трава је такође једна од највећих фамилија код нас. У фамилију трава спадају и житарице које су од огромног значаја за исхрану људи: пшеница, јечам, овас, раж, кукуруз, као и шећерна трска и многе друге.



Слика 37. Енглески љуљ *Lolium perenne* из фамилије Poaceae

Зоологија

Зоологија је наука о животињама. Она данас представља систем научних дисциплина које се могу сврстати у две групе.

Прву групу чине науке које проучавају поједине групе животиња. На пример, **протозоологија** проучава праживотиње, **малакологија** мекушце, **ентомологија** инсекте, **ихтиологија** рибе, **орнитологија** птице, **мамологија** сисаре, **антропологија** човека.

Друга подела биолошких дисциплина се односи на специфичне стране живота животиња. Примери су: **морфологија** (наука о грађи тела), **ембриологија** (наука о ембрионалном развићу), **хистологија** (наука која проучава ткива), **етологија** (наука о понашању), **ендокринологија** (наука о жлездама са унутрашњим лучењем), **екологија** (наука о односу живих бића и средине), **зоогеографија** (наука о распрострањењу животиња), **палеонтологија** (наука о фосилним остацима), **генетика** (наука о наслеђивању), **систематика** (наука о разноврсности организама), **таксономија** (наука о сврставању живих бића у одређене категорије), **еволуција** (наука о постанку и историјском развоју врста), **биохемија** (наука о хемијским процесима у живим бићима) и друге.

ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВОТИЊА

Сва жива бића се састоје из ћелија, које представљају основне структурне и функционалне јединице њихове организације. Животиње могу бити једноћелијске и вишећелијске. Ћелије вишећелијских организама се међусобно разликују зависно од функције коју врше. Група ћелија које су специјализоване за одређену функцију и имају исту структуру и порекло, чини **ткиво**. У састав ткива, поред ћелија, може ући и међућелијски неживи материјал, који је производ активности ћелија.

Специјализација ћелија и појава ткива су довеле до повећања ефикасности функција и појаву узајамне зависности међу ћелијама и деловима организма. Код животиња постоји више типова ткива: епителијално, везивно, мишићно и нервно.

Делови организма који се међусобно структурно и функционално разликују, а у садејству омогућавају живот организма се називају **органи**

(код вишећелијских организама), односно **органеле** (код једноћелијских организама).

ЕПИТЕЛИЈАЛНО ТКИВО

Епителијална ткива се састоје од густо збијених ћелија, које образују компактан ћелијски слој, који прекрива целокупну површину тела, површину унутрашњих органа и њихових шупљина (облажу цревни канал, уrogenиталне и дисајне путеве, зидове крвних судова, изводне канале жлезда итд.).

Могу се састојати од једног или више слојева ћелија. Најчешће се испод епитела налази слој везивног ткива, а између њих је танка базална мембрана. Код бескичмењака је површински епител означен као **покожица**. Епителијалне ћелије могу на својој површини да луче чврст слој, који се назива **кутикула**. Код кичмењака је **покожица** вишеслојна и по правилу садржи рожну материју на површини.

Пошто епителијално ткиво може заузимати различит положај у телу и вршити различите функције, може имати и различите морфолошке карактеристике. Према облику се разликују плочасти, коцкасти и цилиндрични епител.

Епителијалне ћелије могу на својој слободној површини имати трепљасте израштаје, који се ритмички крећу, и померају материјал изнад ћелија у једном правцу. Овакав **трепљасти епител** имају, на пример, дисајни путеви, канал средњег уха и генитални одводи.

Поједине ћелије епитела могу бити специјализоване за примање и преношење надражаја из спољашње средине. Такве ћелије су обично снабдеване израштајима у виду длака и означене су као **чулни епител**.

Епителијалне ћелије могу имати функцију секреције разних материја. Такав епител се назива **жлездани епител**. Жлезде које свој секрет излучују преко одводног канала на површину тела или у шупљину неког органа, називају се **егзокрине**. Жлезде које свој секрет излучују у крв, називају се **ендокрине**, а њихов секрет су хормони. Епител који покрива површину унутрашњих телесних шупљина и крвних судова, означен је као **ендотел**.

ВЕЗИВНО ТКИВО

Везивна ткива повезују друга ткива и пружају потпору организму. У њихов састав, поред ћелија, улази и међућелијска нежива супстанца, коју излучују ћелије овог ткива. У везивна ткива спадају: крв и лимфа, влакнасто везиво, хрскавичаво и коштано ткиво.

Крв и лимфа

Крв се састоји од крвних ћелија и крвне плазме. У крвне ћелије спадају црвена крвна зрнца (еритроцити), бела крвна зрнца (леукоцити) и крвне плочице (тромбоцити). **Еритроцити** кичмењака садрже пигмент хемоглобин, који лако везује и отпушта кисеоник и служи као његов преносилац од органа за дисање, до осталих делова тела. Код виших кичмењака се еритроцити образују у коштаној сржи а код риба и водоземаца у слезини. Разлажу се у јетри и слезини.

Леукоцити су код кичмењака заступљени у знатно мањем броју од еритроцита. Не садрже хемоглобин ни опну и крећу се амебоидно. Називају се и фагоцити, јер имају способност да обухватају разне стране честице и микроорганизме и зато су значајни у одбрани организма од узрочника разних болести. Према изгледу цитоплазме и једра, леукоцити се могу поделити на гранулоците и агранулоците. Леукоцити се стварају у коштаној сржи, слезини и лимфним жлездама. Крв бескичмењака садржи само бела крвна зрнца.

Тромбоцити су ситне ћелије плочастог облика. Имају улогу у згрушавању крви и спречавање отицања крви. Настају у коштаној сржи.

Крвна плазма представља течну међућелијску супстанцу, која је нарочито богата беланчевинама, а садржи и угљене хидрате, соли и друге материје. Најчешће је безбојна али може бити жућкаста или зеленкаста. Битан састојак крвне плазме је фибрин. Згрушавање крви изван крвних судова представља таложење фибрина и крвних ћелија, при чему се на површини издваја серум.

Улога крви је преношење кисеоника и хранљивих материја до свих ткива у организму, транспорт продуката метаболизма до органа за излучивање, разношење хормона и заштита организма од патогених микроорганизма и других страних тела.

Лимфа је безбојна течност, састава сличног крвној плазми, која садржи само бела крвна зрнца. Лимфа циркулише кроз посебан систем канала, лимфоток. Представља посредника између крви и ткива, јер преко ње до ћелија доспевају хранљиве материје а у њу, такође, прелази производи метаболизма, који се избацују из организма.

Влакнасто везивно ткиво

Везивна влакна овог ткива се налазе у аморфној међућелијској маси. Везивне ћелије, које луче ову међућелијску супстанцу, могу бити различитог облика: неправилног, звездастог, овалног, округлог, а поред њих се срећу и леукоцити. Постоје колагена и еластична везивна влакна. Колагена влакна су чврста, дебела, савитљива али нееластична, док су еластична влакна тања, еластична и разграната.

Према заступљености влакана и њиховом распореду, разликују се 2 типа влакнастог везивног ткива: растресито и чврсто. У телу кичмењака је најраспрострањеније **растресито везивно ткиво**. Оно има малу количину влакана, која се пружају у различитим правцима. Налази се унутар и између органа, повезујући нерве, мишиће, кости, кожу, крвне и лимфне судове. У њему често долази до нагомилавања масти. **Чврсто везивно ткиво** одликује већа количина везивних влакана, која су груписана у паралелне снопиће. Колагено чврсто везиво изграђује тетиве, које везују мишиће за кости или мишиће међусобно и лигаменте, који повезују кости. Еластично чврсто везивно ткиво учествује у саставу лигамената и разних еластичних органа (плућа, крвних судова и сл.).

Хрскавичаво ткиво

Ово ткиво је карактеристично за кичмењаке, а сачињавају га крупне ћелије - хондробласте, које су најчешће распоређене у групама по две и еластична међућелијска супстанца са везивним влакнима. У зависности од врсте међућелијске супстанце, разликују се 3 типа хрскавичавог ткива: хијалинско, еластично и влакнасто. Хијалинска хрскавица се налази код хрскавичавих риба а такође и у хрскавици зглобова, носа и душника, еластична изграђује ушну шкољку и гркљан а влакнаста хрскавица је заступљена у зглобовима и између кичмених пршљенова.

Коштано ткиво

Ово ткиво постоји само код кичмењака и сачињавају га ћелије остеобласти и веома чврста међућелијска супстанца, у чији састав улазе органске материје (осеин, колагени фибрили) и неорганске супстанце (претежно соли калцијума и магнезијума). На површини кости се налази везивна опна - покосница, испод ње је коштана маса компактна а ка унутрашњости кости, структура је сунђераста. У шупљинама дугачких костију се налази коштана срж. Коштана маса је прожета каналима (Хаверзови канали), кроз које пролазе крвни судови и нерви. Покосница даје коштане ћелије и значајна је за раст костију и њихово срастање након прелома.

Мишићно ткиво

Мишићно ткиво се састоји из ћелија, које имају способност да се контрахују јер садрже контрактилна влакна – **миофибриле**. Постоје два типа мишићног ткива, према структури и начину функционисања: глатко и попречно пругасто, а по неким ауторима, срчани мишић се издваја у трећи тип.

Глатка мускулатура (висцерална), изграђује зидове цевастих органа и органа са шупљинама (црево, крвни судови, мокраћна бешика, материца). Контракције ових мишића су споре и нису под утицајем воље. Ћелије глатких мишића су мало издужене, са само једним једром и у стању су да дуго остану у контрахованом стању.

Попречно-пругаста (скелетна) мускулатура сачињава око 40% укупне телесне тежине. Ћелије скелетних мишића су издужене, са већим бројем једара, груписане у снопове. У мишићним влакнима се налазе миофибрили, који садрже наизменично светле и тамне пруге. Ови мишићи омогућавају кретање и производњу топлоте, контрахују се под утицајем воље, али се, за разлику од глатких, замарају при раду.

Мускулатура срца је према структури слична попречно-пругастој а у функционалном погледу је ближа глаткој мускулатури. Ћелије су попречно-пругасте, контракције су брзе, ритмичке и аутоматске, одигравају се без утицаја воље, током целог живота јединке.

Нервно ткиво

Нервно ткиво се састоји из нервних ћелија - **неурона**, које имају способност да преносе нервне надражаје. У цитоплазми неурона се налазе влакна која се називају **неурофибрили** и представљају непосредне преноснике надражаја. Од тела неурона, које садржи крупно једро, пружају се дуги наставци - **неурити** и кратки наставци - дендрити. **Неурити, аксони** или нервна влакна су негранати (осим на крају) и одводе од тела нервне импулсе. Према броју неурита постоје униполарни, биполарни или мултиполарни неурони. **Дендрити** су гранати и присутни у великом броју и имају функцију довођења нервних импулса до тела неурона. Тело нервних ћелија се налазе у нервним центрима или ганглијама, док аксони изграђују нерве или живце и прекривени су неуролемом или Швановом опном а испод ње се код већине кичмењака налази миелинска опна. Нервне ћелије одраслих јединки се више не деле. Нервно ткиво поред њервних ћелија чине и потпорне ћелије.

Код животиња са дифузним нервним системом, надражаји се пружају у разним правцима, али код представника са централизованим нервним системом, пружају се само у правцу од дендрита, ка телу неурона, и одатле ка аксону. У централном нервном систему су неурони диференцирани на 3 типа:

1. **рецепторни** или **сензитивни неурони** - спроводе надражај од места примања до нервних центара;
2. **интернеурони** - спроводе надражај до других нервних ћелија;
3. **моторни неурони** - преносе надражај до органа који ће на промене реаговати.

Органи, органски системи и организам као целина

Након појаве ткива, даљи ступањ структурног усложњавања представља појава органа. **Органи** су комплексни делови вишећелијских организама, састављени од различитих ткива, међусобно повезаних у јединствене функционалне целине. Сваки орган може вршити једну или више сличних функција и поседује главно или основно ткиво (нпр. жлездани епител код жлезда) и споредна ткива (нпр. везивно или нервно ткиво код жлезда).

Органски системи представљају целину вишег реда - скуп органа који врше неку заједничку функцију. На пример, крвни систем чине срце, артерије и вене. Код сисара постоје следећи системи органа: кожни, мишићни, нервни систем, систем чулних органа, систем за варење, за дисање, крвни систем, лимфни систем, систем за излучивање (екскреторни), систем органа за размножавање (генитални) и ендокрини систем.

Највиши систем интегрисаности живих система, у структурном и функционалном погледу, остварен је на нивоу организма. Сваки поремећај у раду било ког органа или система, посредно се или непосредно одражава на рад других органа и органских система, односно на организам као целину. Сваки организам представља саставни део своје живе и неживе средине, са којом је у сталном и узајамном односу и без које не би могао самостално опстати.

Органи и органски системи животиња

Грађа вишећелијских организама у току еволуције је постала сложенија и настали су органи. Органи су виши ступањ организације. Орган може да буде састављен од једног или више различитих ткива, али увек имају јединствену и специфичну функцију. Једно ткиво је најчешће носилац основне функције органа, док остала ткива имају помоћну улогу. На пр. за срчани орган основно ткиво је мишићно а везивно ткиво има помоћну улогу.

Животиње су хетеротрофни организми и они морају да се хране, тј. да уносе у свој организам хранљиве органске материје. Они морају да их прерађују како би обезбедиле енергију и материјал за изградњу сопственог тела. За прераду хране неопходан им је кисеоник, који такође добијају из спољашње средине. У току прераде унетих органских супстанци, у процесима метаболизма, настају и неке материје које организму нису потребне или су штетне; и једне и друге морају се одстранити из тела. Сварена храна, кисеоник, непотребне или штетне материје се разносе кроз тело, од места где настају до сваке појединачне ћелије, односно од спољашње средине или ка спољашњој средини.

Храну која им је потребна животиње најчешће налазе тако што се активно крећу; кретање им омогућава и да нађу заклон од непријатеља, да избегну

неповољне услове и да нађу јединку супротног пола. Кретање не би било могуће без сталног **прилива информација** о догађањима у средини у којој животиња живи.

Обављање свих животних функција и хармонично функционисање организма као целине остварује се преко појединих органа и система органа, чија је грађа у вези са функцијом коју обављају.

Кожни сисџем

Кожа је спољашњи слој тела који штити организм од различитих утицаја из спољашње средине (механичких повреда, хемијских материја, микроорганизама, сунчевог зрачења, испаравања). Кожа има улогу и у примању спољашњих надражаја и излучивању, а код неких животиња учествује у дисању и исхрани. Код већине животиња кожа је саграђена од једнослојног епитела - **покожице**; једино је код кичмењака покожица вишеслојна. У кожи кичмењака испод покожице налази се још један слој везивног ткива - **крзно**. На површини коже налазе се заштитне творевине (кутикула, рожне крљушти код гмизаваца, перје код птица, длака код сисара). У кожи се налазе кожне жлезде и чулни органи.

Мишићни сисџем

Мишићни систем даје потпору, чврстину и облик телу, покреће или одржава у одређеном положају делове тела, као и читав организм; учествују у исхрани и варењу хране, дисању, кружењу телесних течности, у излучивању и избацивању полних продуката. Код оних животиња које имају чврст скелет мишићи су груписани у снопове који се причвршћују за површину појединих делова скелета. Уколико је скелет спољашњи, мишићи се за њега везују са унутрашње стране, а уколико је скелет унутрашњи, мишићи се за њега везују са спољашње стране. Својим грчењем и опружањем мишићи померају скелетне делове и тиме покрећу делове тела или читав организм. Код већине животиња и човека у грађи тела доминира мишићно ткиво.

Скелетни сисџем

Скелетни систем даје телу потпору помоћу које се организм супротставља деловању Земљине теже. Поред тога, скелет пружа заштиту за многе осетљиве унутрашње органе, обједињује делове тела у дефинисани облик и заједно са мишићним системом обезбеђује покретљивост појединих делова или читавог тела. Према положају скелет може бити **спољашњи** уколико препокрива тело (нпр., љуштурска пужева и шкољака, хитински оклоп ракова и инсеката) или **унутрашњи** када је смештен унутар тела (нпр. кости кичмењака).

Чулни оргѐани

Чулни органи обавештавају организме о променама у спољашњој средини, као и у сопственом телу. Чулни органи те промене примају као **дражи**, преводе их у **наддражаје** и преносе нервним ћелијама. Они су специјализовани да примају само једну врсту дражи. Према врсти дражи на коју реагују могуће је разликовати четири основне групе чулних органа:

- **чулни органи који примају механичке дражи** - ову групу чине:
 - тактилни органи који реагују на додир и притисак,
 - органи за равнотежу који обавештавају организам о положају тела у простору и
 - органи чула слуха који обавештавају организам о треперењима ваздуха или воде;
- **органи који примају светлосне дражи** - ови органи се називају **очи**;
- **органи који примају термичке дражи** - реагују на температурне промене;
- **органи који примају хемијске дражи** – у ову групу убрајамо мирисне органе и органе чула укуса.

Нервни сисѐм

Нервни систем прима информације о променама у спољашњој средини и у различитим деловима тела, све примљене информације повезује, комбинује и обезбеђује одговарајући одговор. Нервни систем регулише однос организма према спољашњој средини и целокупну функцију делова тела, односно обезбеђује функционално јединство организма као целине.

Најједноставнији нервни систем је **мрежаст** или дифузни. Изграђен је од нервних ћелија које су смештене испод телесног зида, равномерно распоређене по телу и међусобно повезане наставцима градећи мрежу.

Код већине животиња нервне ћелије су груписане у предњем делу тела, где граде **главене ганглије** (код неких бескичмењака) или **мозак** (код кичмењака), као и централно положено **нервно стабло** које се пружа дуж читавог тела (**централни нервни систем**). Наставци нервних ћелија излазе из нервног стабла, међусобно се удружују и чине нерве. Нерви, заједно са малобројним нервним ћелијама које се налазе изван нервног стабла, чине **периферни нервни систем**. Број нервних стабала, њихов изглед и положај у телу могу бити различити. Када су нервне ћелије мање-више равномерно распоређене дуж нервних стабала, нервни систем је **врпчаст**. Број нервних врпци може бити различит, а најмање их је две. Када су нервне ћелије дуж нервног стабла распоређене тако да формирају локална проширења (**ганглије**), нервни систем је **ганглионаран**. Уколико се ганглије понављају дуж тела унутар сваког сегмента, међусобно су повезане уздужним и попречним везама такав нервни систем је **лествичаст**; Ако нервно стабло има унутрашњу шупљину, нервни систем је **цеваст**.

Ендокрини систем (систем органа са унутрашњим лучењем)

Ендокрини органи, заједно са нервним системом, координирају активности организма и обезбеђују адекватан одговор организма на промене средине. У ендокриним органима се под утицајем информација из спољашње или унутрашње средине синтетишу хемијске супстанце - **хормони**, које су одговор на те информације. Хормони се ослобађају у циркулациону течност и на тај начин доспевају до циљног органа у коме производе реакциони одговор.

Систем за варење

Енергија и „сировине“ или храна су потребни живим бићима да би били у стању да обављају разнолике метаболичке процесе који су везани за живот, као и да би стварали нове ћелије у свом организму које ће заменити оне које су истрошене или оштећене, односно како би увећавали број ћелија свог организма и тиме расли и размножавали се. До енергије и сировина животиње долазе преко хране коју добијају хранећи се другим живим организмима а коју у свом телу прерађују (варе) у облик који им је потребан. У најједноставнијем облику овај систем је представљен дупљом која са спољашњом средином комуницира преко једног отвора. Преко овог отвора уноси се храна и избацују несварени производи. Овако организоване органе за варење имају дупљари и плоснати црви.

Код већине животиња дупља или **цревни канал** у којој се храна вари са спољашњом средином је повезана преко два отвора; преко једног се храна уноси у организм - **усни отвор**, а преко другог се избацују несварени производи - **анални отвор**. Храна се у цревном каналу креће увек од усног ка аналном отвору, што омогућава специјализацију појединих делова цревног канала за обављање одређених улога у варењу. У предњем делу цревног канала се одвија уношење и ситњење хране, у средишњем њено варење и упијање (апсорпција) сварених производа, а у задњем делу се сакупљају несварени производи и избацују. Храна се вари уз помоћ **цревних жлезда** које су смештене или у зиду самог црева или су са цревом у вези преко изводних канала. Прве животиње са аналним отвором били су црволики организми из групе немертина.

Систем за дисање

Обезбеђује размену гасова организма са спољашњом средином, примање кисеоника и одавање угљендиоксида као крајњег гасовитог продукта метаболизма. Количина доступног кисеоника различита је у појединим срединама. Кисеоник је претежно у ваздуху, а знатно мање се налази растворен у води. Животиње имају различите потребе у погледу потребе за кисеоником. Већина ситних водених

организама и неке копнене животиње размену гасова обављају преко површине тела. Крупније водене животиње и већина копнених дишу помоћу посебних органа (шкрга, плућа или трахеја).

Шкрге су органи за дисање водених животиња. Различитог су порекла (најчешће настају на рачун телесног зида), изгледа и положаја на телу, али су увек јако разгранате, са великом површином за размену гасова.

Плућа су органи за дисање копнених животиња и малобројних водених група. За разлику од шкрга, смештена су у унутрашњости тела, а са спољашњом средином комуницирају преко отвора који се код многих врста налази на крају дугог канала. Плућа различитих животиња смештена су на разним деловима тела и нису истог порекла.

Трахеје су органи за дисање који постоје код неких копнених животиња. Оне су у виду цевчица, које се гранају кроз читаво тело и допиру до сваке ћелије у организму.

Транспортирни (циркулациони) систем

Транспортни систем има улогу у разношењу материја унутар тела. Кисеоник се преноси од органа за дисање до сваке ћелије појединачно; молекули хране морају бити пренети од места где се одвија варење до свих ћелија; продукти метаболизма се уклањају из ћелија и избацују у спољашњу средину. Овакав транспорт код највећег броја животиња обавља се помоћу низа шупљина испуњених течностима која се непрекидно креће. Шупљине испуњене течностима које разносе материје по телу чине транспортни или циркулациони систем. Транспортни систем може бити **затворен** уколико се циркулациона течност не разлива по међућелијским просторима. Циркулациона течност у затвореном систему означава се као **крв**, и овај систем се назива **крвни систем**. Посебан вид затвореног транспортног система представља лимфни систем кичмењака; циркулациона течност која се креће овим системом означава се као **лимфа**. Ако се циркулациона течност излива у међућелијске просторе, транспортни систем је **отворен**, а циркулациона течност која се креће у овом систему назива се **хемолимфа**.

Систем за излучивање

Систем за излучивање има улогу у избацивању (екскрецији) непотребних, често и штетних материја, које настају у процесима метаболизма, као и у избацивању вишка воде и јона. Из организма се излучују само оне супстанце које настају унутар ћелије. Оне при излучивању морају проћи кроз ћелијску мембрану да би доспеле у спољашњу средину. Несварени делови хране пролазе кроз цревни канал и преко аналног отвора бивају избачени у спољашњу средину.

Органи за излучивање могу бити: **протонефридије** - цевчице са затвореним почетним делом, које се гранају по читавом телу; **метанефридије** - изувијане цевчице, чији се почетни део отвара преко левкастог отвора у телесну дупљу. Код кичмењака посебно грађене морфолошке и функционалне јединице екскреторног система граде бубреге; **Малпигијеве цевчице** - цевчице са затвореним почетним делом које се отварају у црево. Различите жлезде могу имати екскреторну улогу.

Систем за размножавање

Да би једна врста опстала, неопходно је да се њене јединке размножавају, односно да настају нове јединке које ће да замене страдале од непријатеља или паразита или оне које су угинуле од старости. Размножавање може бити: бесполно (за које је потребна само једна јединка) и полно (за које су потребне, осим у изузетним случајевима, две јединке различитих полова). Бесполно размножавање може се одвијати простом деобом тела на два дела или више делова или пупљењем. Полно размножавање подразумева формирање полних органа у којима се продукују полне ћелије - **гамети**. Спајањем гамета двеју јединки различитих полова настаје **зигот**, који после низа деоба даје нову јединку.

СИМЕТРИЈА ЖИВОТИЊА

Животиње у односу на симетрију можемо поделити на :

- а) **Асиметричне** – немају дефинисан облик тела, тј. тело им се не може ни једном равни поделити на 2 једнака дела (праживотиње, сунђери).
- б) **Сферичне** – кроз њихов центар се може провући бесконачно много равни, и све деле животињу на 2 једнака дела (праживотиње – Radiolaria).
- ц) **Радијалне** (зрачне) – имају цилиндрично тело које се може поделити сваком равни која садржи уздужну осу тела, на једне делове (много дупљари).
- д) **Билатералне** (двостране, двобочне) – имају само једну раван симетрије, која садржи дужу осу тела, и дели тело на 2 једнака дела (ларве бодљокожаца, мекушци, зглавкари и кичмењаци).

Билатерално симетричне животиње садрже 3 осе симетрије, које су међусобно управно положене:

- уздужна (лонгитудинална), која је хетерополна (није једнака на крајевима)
- леђно-трбушна (сагитална) , која је хетерополна
- попречна (трансверзална) , која је хомополна

Кроз ове осе се могу поставити 3 равни:

- сагитална раван – дели организам на 2 симетричне половине – леву и десну
- трансверзална раван – дели тело на предњи и задњи део
- хоризонтална раван – дели тело на леђни и трбушни део

СИСТЕМАТИКА ЖИВОТИЊА

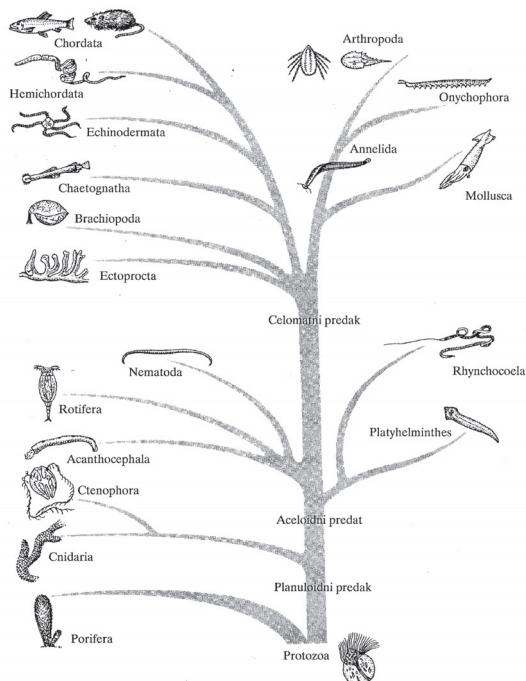
Систематика је грана биологије која се бави разноврсношћу живих бића и њиховом класификацијом у одређене природне системе на основу њихове међусобне сличности и сродности.

Први покушаји систематисања животиња забележени су у 4. веку пре нове ере (Аристотел). Природни систем живих бића представља класификовање организама на основу степена сродства, односно према пореклу. Предпоставља се да сличности морфоанатомских и физиолошких својстава, одражавају заједничко порекло и сличну еволуцију.

Основна систематска јединица је врста (Species). Чине је јединке са истим структурним и функционалним карактеристикама које могу да ступе у репродуктивне односе и дају плодно потомство.

У 18. веку шведски научник Карл Лине је увео бинарни систем номенклатуре, где свака врста има име рода (које се пише великим словом) и име врсте (које се пише малим словом).

Више основне систематске категорије од врсте су: род (**Genus**), фамилија (**Familia**), ред (**Ordo**), класа (**Classis**), тип (**Phylum**) и царство (**Regnum**). Интермедијарне категорије испред основних имају префикс под- или над- (**sub-** или **super-**). Пошто је наше познавање живог света још увек недовољно, и данас постоји велики број начина класификовања организама. Један од њих је приказан на слици 1.



Слика 1. Филогенетски односи у царству животиња (Радовић и Петров, 2005)

Утврђивање места одређене животиње у таксономском систему, врши се употребом кључева за одређивање (детерминацију). Они садрже опис битних морфолошких карактеристика, на основу којих се дата животиња може сврстати у одређену систематску категорију.

Царство Protista (Protozoa) – праживотиње

Protista су једноћелијски организми еукариотске грађе. Раније су због сличности са животињама убрајане у царство животиња као једноћелијске животиње. Данас је познато да су хетеротрофни протисти само једна од група једноћелијских еукариотских организама. Описано је око 20.000 врста, које су хетерогене по пореклу. Оне живе у морској и слаткој води, у земљи, епизоично (на другим организмима) или ендозоично (унутар других организама). У зависности од утицаја који ове праживотиње имају на организме на којима живе, могу се означити као **коменсали** (не штете им), **паразити** (наносе им штету) или **симбионти** (имају од тог односа узајамну корист).

Најчешће имају стални облик тела, али неке имају променљив, јер њихова цитоплазма не поседује мембрану (нпр. амебе). Неке врсте поседују љуштуру од органских или неорганских материја. Цитоплазма је диференцирана на спољашњи слој (ектоплазму), који је гушћи и хомогенији, и унутрашњи зрнаст слој (ендоплазму).

Исхрана протиста може бити аутотрофна и хетеротрофна (због тога ботаничари неке од њих сврставају у биљке). Већина протиста су сапробне врсте. Размена гасова обавља се дифузијом преко површине тела. Излучивање продуката метаболизма врши се помоћу контрактилних вакуола или целом површином тела.

Органеле за кретање могу бити: **псеудоподије** (код амеба), **трепље** (код парамецијума) или **бичеви** (код бичара). Многе паразитске праживотиње нису способне да се крећу. Протозоа реагују на додир, хемијске надражаје и светлост (коју бичари примају очном мрљом).

Размножавање праживотиња може бити бесполно (бинерном или мултипним деобама, плазмотомијом или пупљењем), и полно (копулацијом, коњугацијом или аутогамијом). При копулацији долази до сингамије (спајања гамета), а код копулације и аутогамије је заступљена коњугација (размена и спајање једара).

Постоје и колонијалне Protista (на пример *Volvox*), где је дошло до диференцијације ћелија на полне и телесне, али за разлику од вишећелијских животиња (Metazoa), не постоје различити типови телесних ћелија.

У оквиру типа Protista постоје 4 подтипа на основу начина кретања и размножавања: *Sarcomastigophora* (обухвата праживотиње које се крећу псеудоподијама и бичевима), *Sporozoa* (паразитски облици), *Cnidospora* (такође паразити) и *Ciliophora* (крећу се трепљама).

Значај протиста. Аутотрофне Protista су важни продуценти органске материје, и заједно са хетеротрофним представљају почетне карице у ланцима исхране, нарочито у воденим екосистемима. Љуштуре неких врста су имале значајну улогу у образовању појединих слојева Земљине коре, и користе се као поуздани индикатори за проналажење нафте. Неке Protista су паразити разних животиња (инсеката, риба, птица и сисара). Највећи значај имају врсте које код човека изазивају опасна обољења.

Хетеротрофни протисти са лажним ножицама – амебе и сродници

Amoeba hystolitica (red Amoebina, podtip Sarcomastigophora) изазива дизентерију. Цисте ове амебе непажњом (прљавим рукама или неопраним воћем) доспевају у цревни тракт човека. У нормалним условима из њих се развијају јединке које живе у дебелом цреву и хране се сапрофитним бактеријама. Међутим, под специфичним условима (услед прекомерног узимања алкохола или цревних обољења), амебе прелазе у патогену форму и пробијају зид дебелог црева. Одакле јединке могу прећи у крвне судове, крвотоком се могу пренети у јетру, мозак и друге органе где стварају ране и могу довести до смрти.

Хетеротрофни протисти са бичевима – бичари

Trypanosoma gambiense (klasa Mastigophora) живи у тропској Африци и изазива спаваћу болест код људи. Паразит у почетку живи у крви, а касније прелази у течност кичмене мождине. Природни резервоар узрочника ове болести су домаће животиње (коњи и говеда) за које трипанозома није патоген. Преносилац ове праживотиње на човека је тзв. це-це мува (*Glossina* spp.). Ако се не приступи лечењу, болест се завршава смрћу.

Trichomonas vaginalis – изазива сексуално преносиву болест трихомонијазу. Трихомонас паразитира у полним органима човека.

Leishmania је паразит који изазива ране на кожи и унутрашња крварења. Болести преносиве само инсеката (зооноза), али се могу ширити са човека на човека. Инфекције људи могу изазвати врсте које инфицирају сисаре.

Хетеротрофни протисти који образују споре

Plasmodium (podtip Sporozoa) изазива код човека маларију или мочварну грозницу у тропским областима и Средоземљу. Комарци из рода *Anopheles* преносе

узрочника ове болести. Они заједно са плувачком при исхрани убацују и спорозоите ове праживотиње. Паразит живи у крви човека у црвеним крвним зрнцима. Бесполоно размножавање се врши у човеку, а полно у комарцу. Симптоми болести код човека са манифестују у виду грознице и високе температуре. *Plasmodium* се преноси преко крвотока у јетру где се умножава и из ткива јетре јединке прелазе у еритроците из којих се у правилним временским интервалима ослобађају и нападају нова црвена крвна зрнца. Све ово представља бесполни део циклуса развића. Полни део за домаћина није опасан али такав човек представља извор даље заразе. У комарцу долази до формирања зигота који ствара цисту у његовом цреву, и одакле се ослобађају спорозоити. Од маларије могу да оболе и неке животиње, међу којима су птице (врапци, црвендаћи и др.). Маларија је распрострањена у подручјима где има много бара и мочвара у којима живи маларични комарац. Била је честа и у нашим крајевима.

Неке врсте рода *Coccidia* изазивају тешка обољења код риба, птица и сисара. *Eimeria stidae* узрокује смртоносно обољење јетре код зечева. Могу бити опасне у рибањацима и на фармама живине и кунића као паразити гајених животиња.

Filum Microsporidia (carstvo Fungi)

Према валидној класификацији, микроспоридије се убрајају у царство гљива. Раније су биле сврстане у царство Protista. Описано је 1500, али се сматра да их има више од милион врста. Њихови домаћини су животиње, а највише инфицирају инсекте, ракове и рибе. Представници микроспоридија изазивају болести инсеката. *Nosema bombycis* је узрочник болести гусеница свилене бубе, а *Nosema apis* обољења пчела. Неке врсте овог рода изазивају велику смртност разних штетних инсеката (губара, мразоваца, савијача), па су потенцијални агенси за њихову биолошку контролу.

Хетеротрофни протисти са трепљама

Обухватају најкрупније протисте најсложеније грађе. Крећу се помоћу трепљи, које код већине постоје целог живота - класа Ciliata: парамецијум (*Paramecium*, *Vorticella* и *Stentor*), док се код неких протиста из ове групе јављају само у одређеним етапама животног циклуса. Тело је покривено чврстом опном и има увек сталан облик. У спољашњем делу цитоплазме многих врста постоје органиеле за одбрану и напад. Размножавају се бесполоно – обично попречном деобом на двоје а постоји и коњугација. Неке врсте су покретне (*Paramecium*), неке сесилне (*Vorticella* и *Stentor*), а има и врста које један период живота проведу активно пливајући, док у су у другом причвршћене за подлогу.

Царство Animalia (Metazoa)

Постоје 2 теорије о пореклу:

1. Хекелова теорија

Према овој теорији, вишећелијске животиње су постале од предака данашњих колонијалних бичара сличних волвоксу. На то је указивала сличност појединих развојних ступњева метазоа са праживотињама (**gameti**), затим њиховом лоптастом колонијом (**blastula**) и дупларима (**gastrula**). Научници који прихватају ову теорију сматрају да је еволуција метазоа ишла сличним током. Хекелов принцип гласи: „Онтогенија јединке је рекапитулација филогеније врсте“.

Мечњиков је покушао да исправи недостатке Хекелове теорије, истичући да је предак метазоа био колонијална протозоа без шупљине, чиме се може лакше објаснити гаструлација дупљара која се обавља ингресијом.

2. Хаџијева теорија

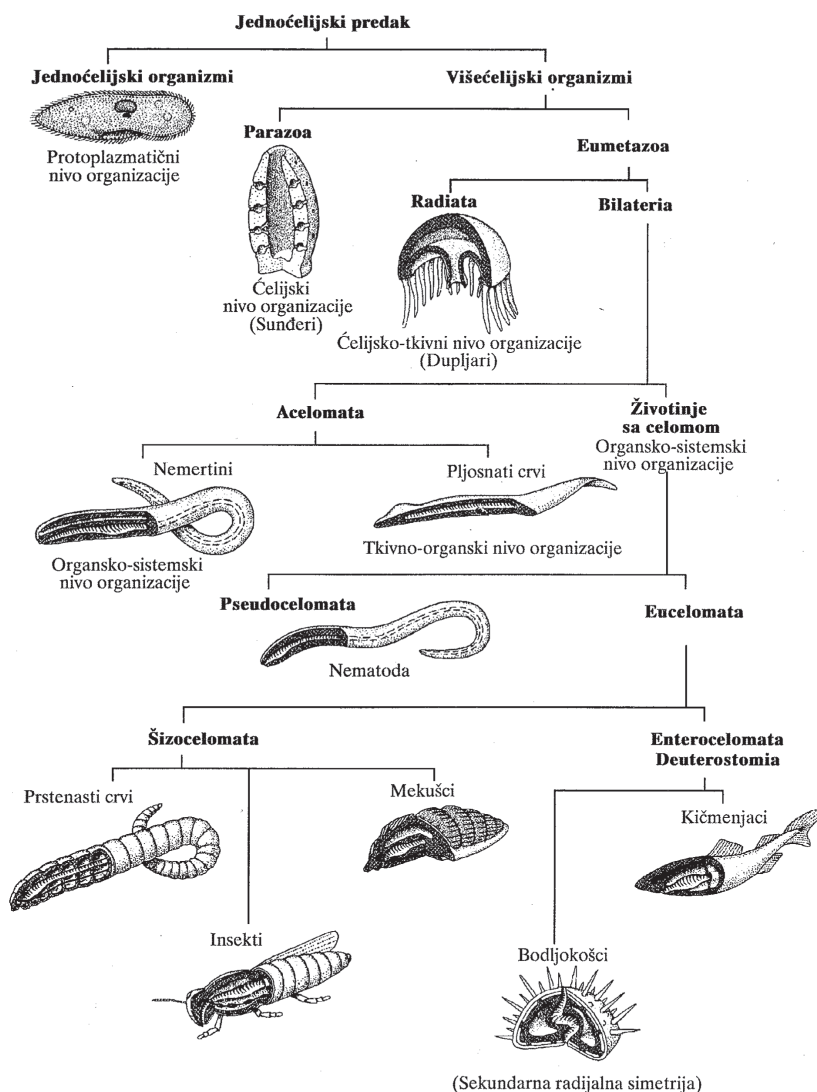
Према Хаџијевој теорији, преци метазоа су вишеједарне праживотиње са трепљама, сличне парамецијуму, код којих се цитоплазма поделила на већи број ћелија. На тај начин су постале, по њему, најпримитивније вишећелијске животиње - пљоснати црви из класе Turbellaria. Ове ситне животиње на површини тела имају трепљаст епител, немају цревну дупљу, већ се хране фагоцитозом. У средишту тела се налазе вишеједарни делови цитоплазме и изгледа као да образовање ћелија није ишло до краја. Могу се размножавати бесполно, бинарном деобом. Према овој теорији, од ових билатерално симетричних организама су се развиле остале животиње, а на другој страни, регресивном еволуцијом су постали дупљари.

Metazoa се деле на Parazoa (без ткива, органа и органских система) и Eumetazoa. Parazoa обухватају Placozoa и сунђере. Placozoa су најједноставније вишећелијске животиње. Живе у мору на алгама у крећу се амебоидно. Описана је само једна врста ове групе

Тип Porifera – сунђери

До сада је познато око 5 000 врста сунђера, од којих најваћи број живи у мору, а мањи број у слаткој води. Сунђери су причвршћени за дно и имају пехараст облик ако су појединачни или су у виду жбунова ако живе у колонији. Због тога су све до 1825. године сматрани биљкама.

Сунђери немају органских система ни правих ткива. На њиховој површини се налази велики број малих отвора (**pore**) и по један велики отвор (**oskulum**). Кроз отворе протиче вода терана бичевима ћелија **hoanocita** које облажу унутрашње зидове шупљина. Вода доноси косеоник и честице хране. Ако тело сунђера пропустимо кроз густо сито и на тај начин му раставимо ћелије, оне ће се



Слика 2. Еволутивно усложњавање грађе животиња (Радовић и Петров, 2005)

после извесног времена поново организовати у јединку - сунђер. Ово показује да су појединачне ћелије сунђера на ниском нивоу међусобне интеграције и задржавају многе карактеристике праживотиња.

Телесни зид сунђера се састоји из 2 слоја ћелија: спољашњег - **epidermis**, средишњег, који се састоји од мезоглеје и разбацаних амебоидних ћелија различитих функција и унутрашњег слоја - **hoanocit**. Већина сунђера поседује скелет од органских материја (изграђен од рожне материје) или минералан (од калцијум карбоната или силицијум диоксида).

Размножавање може бити бесполно (пупљење и случајна фрагментација) и полно. Сунђери су хермафродитне животиње. У развићу постоји ларвени стадијум. Тип Porifera садржи три класе: Calcarea, Hexactinellida и Demospongia. За човека сунђери немају посебан значај.

Тип Cnidaria – дупљари, жарњаци

Жарњаци су најпростије Eumetazoa. До данас је описано око 9.000 врста овог типа. Живе у води где су причвршћени за подлогу или слободно пливају. **Ектодермис** окружује гастро-васкуларну дупљу која служи за варење хране и транспорт материја. **Усни отвор** служи за узимања хране и избацавања несварених делова. У телу а нарочито у израштајима који окружују усни отвор се налазе жарне ћелије.

Теласни зид садржи 2 слоја ћелија - **епидермис** и **ендодермис**, а између њих се налази **мезоглеја**, са ћелијама или без њих. У епидермису су диференциране **епитело-мишићне** ћелије, чије су основе издужене у уздужном правцу, као и нервне ћелије звездастог облика, које образују **дифузни нервни систем**. Ове животиње могу бити хермафродити или одвојених полова. Размножавају се бесполно (пупљењем) и полно. Код многих врста долази до смењивања бесполне и полне генерације, које се назива метабенеза. Бесполну генерацију представља **полип**, а полни облик **медуза** која садржи полне ћелије (**гамете**). Од зигота се образује трепљаста ларва (**planula**) која плива а затим пада на дно и развија се у полип. Код многих жарњака нема смене генерација, па се неке целог живота развијају као полипи, а друге као медузе.

Тип Cnidaria се дели на три класе: Hydrozoa (хидре), Scyphozoa (медузе) и Anthozoa (корали). Медузе и корали живе искључиво у мору, и код њих нема смене генерација.

Тип Platyhelminthes – пљоснати трепљастии црви

Пљоснати трепљастии црви су најниже билатерално симетричне животиње, којих је до сада описано око 13 000 врста. У овај тип спадају слободноживеће и паразитске врсте.

Између епидермиса и ендодермиса се налази паренхим у коме су смештени органски системи: мишићи, нервни систем, екскреторни и полни органи. Цревни канал се слепо завршава у паренхиму, тако да усни отвор представља истовремено и анални. Код паразитских врста црево може и да одсуствује. Ове животиње су углавном хермафродити.

Тип Platyhelminthes се дели на три класе: Turbellaria, Trematodes и Cestodes.

Класа Turbellaria – трепљасте црви, планарије

Представници ове класе живе у морима, слаткој води и у влажној земљи у шуми. Најчешће су малих димензија и листоликог облика. Трепљасте црви су грабљивци, а неке врсте су паразити.

Предњи (главени) део тела поседује чулне органе (примитивне очи и чулне длачице). На површини тела је трепљасте епител који има локомоторну функцију (по њему су добили име). Мишићи са површинским слојем епидермиса образују тзв. кожно-мишићни слој. Немају респираторни систем, а екскреција се обавља протонефридијама. Нервни систем је врпчаст.

Размножавају се полно и бесполно (попречним дељењем тела). Поседују велику способност регенерације: ако јединку исечемо на комадиће, из сваког ће се развити нова индивидуа.

Класа Trematodes – метиљи

Метиљи су екто- или ендопаразити различитих животиња и човека. Тело им је листоликог облика (дужине неколико милиметара до 8 cm), али за разлику од Turbellaria немају трепљасте епител. На површини тела имају слој цитоплазме који се назива тегумент.

Ове животиње поседују посебне органе за причвршћавање за тело домаћина - мускулозне **пијавке**. На усну пијавку се наставља ждрело па црево. Неке врсте апсорбују храну читавом површином тела. Метиљи немају посебно диференциран систем за дисање ни крвни систем. Екскрецију врше протонефридијама. Нервни систем је врпчаст (слично као и код трепљастих црва), изграђен од парних ганглија. Метиљи су хермафродити.

Fasciola hepatica - велики или овчији метиљ живи у жучном каналу оваца, коза, говеда и других домаћих животиња. Ређе се може наћи и у јетри човека. Храни се крвљу домаћина и ћелијама јетре. Доводи до смањења количине хемоглобина у крви и броја леукоцита. Домаћин изметом избације јаја метиља која се у води развијају у ларву. Кад ларва доспе у тело барског пужа, у њему се развија кроз још неколико ларвених ступњева, а затим напушта пужа, причвршћује се за неку барску биљку и ту учаури. Ако домаћа животиња поједе такву биљку, из њеног цревног канала метиљ доспева у жучни канал и наставља развиће.

Dicrocoelium lanceolatum - мали метиљ такође живи у нашим крајевима и паразитира на истим животињама, али га преносе копнени пужеви.

Класа Cestodes – пантљичаре

Пантљичаре су ендопаразити који живе у цревном каналу разних животиња и човека. Тело им је дорзовентрално спљоштено (дужине од 1 mm до 10 m) и подсећа на пантљику, па су по томе и добиле име.

Делови тела су мали главени регион са органима за прихватање. Иза главе се налаћи врат – кратко сужење на које се наставља ланац који чини различити број међусобно повезаних чланака (од 3-4.500 чланака). На ланцу се налазе прстолике пијавке (најчешће 4), којима се причвршћују за зид танког црева домаћина, а на њима могу бити кутикуларне кукице, које омогућавају боље упијање хране из тела домаћина.

Пантљичаре немају усни отвор ни цревни канал, већ храну узимају осмотским путем целом површином тела. Такође није развијен ни крвни ни респираторни систем. Екскреторни систем је протонефридијалног типа, слично као и код метиља. Нервни систем је врпчаст.

Ови организми су хермафродити. Полни органи су смештени у сваком проглотису. Оплођење је унутрашње, а развиће се врши помоћу прелазног домаћина и кроз више ларвених ступњева. Пантљичаре имају велики значај за човека, јер су многе врсте његови паразити.

Diphilobotrium latum - рибља пантљичара као одрасла живи у цреву разних сисара и човека. Јаја ове пантљичаре у слаткој води поједе рачић *Cuclops* и она се у њему развијају у други ступањ. Ако нека риба поједе рачића (кечига, пастрмка, гргеч), ларва доспева у њено црево и одатле у јетру. Ако човек једе недовољно печену или кувану рибу, ларве пантљичаре могу прећи у његов цревни канал.

Taenia solium - свињска пантљичара може доспети у човека који поједе недовољно термички обрађено свињско месо, у коме се налази њен ларвени стадијум назван бобица. У цреву човека се развија одрасла пантљичара која ту достиже полну зрелост. Њена јаја фекалијама доспевају у спољашњу средину. Циклус развића се наставља у телу свиње која уноси јаја пантљичаре путем хране јер је омнивора.

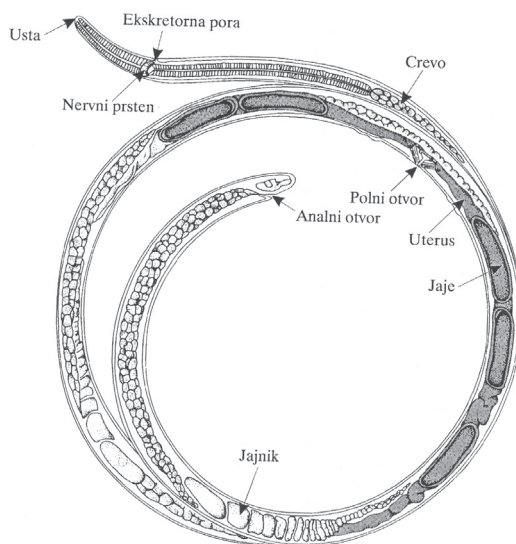
Echinococcus granulosum - псећа пантљичара изазива веома опасно обољење код човека. Одрасла јединка живи у цреву пса, вука и лисице, а прелазни домаћин у њеном развићу је човек и неке домаће животиње – овца, говече, коњ и свиња. Јаја се могу непажњом (неопраним рукама) унети у цревни тракт човека. Ларве пробијају зид црева и доспевају у крвне судове, одакле крвотоком могу доспети у разне органе, срце, плућа, мозак или јетру. Ту се ларве развијају у крупне мехуре који се називају ценуси и који некада могу достићи величину дечје главе. Ценуси се могу одстранити само хируршки, па и то није увек ефикасно. Због тога су превентивне мере строге хигијене једини начин да се човек не зарази овом пантљичаром.

Класа Nematoda – обли, ваљкасти црви

После инсеката, ваљкасти црви су најбројнија група животиња на земљи. До данас је описано око 10 000 врста али се претпоставља да их има и до 800 000. Поред слободноживећих *Nematoda* које насељавају мора, слатке воде и влажну

земљу, постоје и паразитске врсте које живе у телу биљака животиња и човека. Тело им је издужено, танко и обло, величине од неколико мм до 2 м. На површини тела се налази склеропротеинска кутикула, која некада има израштаје у облику трнова и зубића. Епидермис може бити целуларан или синцицијелан (без јасних граница између ћелија). Слојеви мишића су слабије развијени него код пљоснатих црва. Црево се завршава аналним отвором на задњем крају тела. Немају развијен крвни ни респираторни систем. У телу се налази псеудоцеломска течност која има функцију тзв. хидрауличног скелета. Нервни систем је врпчаст.

Ваљкасти црви су најчешће раздвојених полова. Развиће је без метаморфозе (ларва се не разликује од адулта сем што је мањих димензија и није полно зрела).



Слика 3. Грађа нематода (Радовић и Петров, 2005)

Нематода су за човека врло значајне из више разлога: као његови паразити, паразити домаћих животиња, гајених биљака, али и штетних организама. Због тога се ове животиње интензивно проучавају, а наука о њима се зове **нематологија**.

Ascaris lumbricoides - човечија глиста паразитира у цреву човека. Обољење се назива аскариоза и манифестује се боловима у глави и стомаку, раздражљивошћу и малаксалошћу. Човек се може заразити ако прљавим рукама узима храну, једе неопрано поврће или пије воду загађену фекалијама. Глиста се најчешће развија у танком цреву, али некад крвотоком може доспети у мозак, очи и друге органе, па чак изазвати смрт оболелог.

Enterobius vermicularis - дечја глиста, пудравац најчешће паразитира у танком или дебелом цреву деце. Деца се могу заразити на исти начин као и код претходне врсте.

Trihinella spiralis - трихина изазива болест трихинозу. Живи у пацовима, свињама и човеку. Свиња се зарази када поједе зараженог пацова. У телу свиње трихина живи у цревном каналу. Женке се повремено заривају у зид црева где рађају младе. Ларве се крвљу разносе по телу и најчешће у мишићима инцистирају и ту остају до краја живота домаћина. Ако човек поједе термички недовољно обрађено месо са цистама трихинеле (бобичаво месо), долази до инфекције. У цреву човека овај црв живи на сличан начин као и код свиње, а инфекција се некада може завршити и смрћу.

Од врста Nematoda које наносе штету гајеним биљкама су значајне *Anguina tritici* која живи у класу пшенице, *Heterodera schachtii* у корену шећерне репе, *Dorylaimus alli* у стаблу лука и друге.

Тип Mollusca – мекушци

Ова бројна и разноврсна група животиња данас има око 100.000 описаних врста величине од неколико милиметара до 15 метара (неки главоношци - најкрупнији бескичмењаци уопште).

Мекушци су билатерално симетричне животиње. Тело се састоји од **главе, утробне кесе, плашта, стопала и љуштуре**. Сви ови делови могу да буду модификовани на различите начине, а неки делови, код појединих група, су нестали током еволуције. На глави се налазе чулни органи - тентакуле са очима и усни отвор са **радулом** која је назубљена и има функцију у исхрани.

Плашт (модификовани дорзални део интегумента) обавија утробну кесу, и као велики кожни набор затвара плаштану дупљу. У плаштаној дупљи се налазе шкрге, анални отвор и отвори екскреторних и полних органа. Набор плашта лучи рожну љуштuru око тела. На вентралној страни тела се налази мишићаво **стопало** које има локомоторну улогу (служи за кретање). Тело и стопало многих мекушаца може да се увуче у љуштuru.

У утробној маси се налазе црево и полни органи. Црево је диференцирано на усни отвор, усну дупљу (са радулом), ждрело (у које се улива пар пљувачних жлезди), једњак, средње црево (у које се уливају канали пара крупних жлезда - јетре), задње црево и анални отвор. Целом мекушаца је у виду парног простора на дорзалној страни тела. Из целома метанефридије одводе продукте метаболизма до бубрежних отвора у плаштаној дупљи.

Крвоток је отвореног типа. Срце је смештено у целому, у тзв. перикардијалној дупљи. Кроз њега протиче само оксидована крв која доспева из шкрга. Из срца крв прелази у аорту из које се излива у телесну дупљу и запљускује све органе.

Нервни систем се састоји од 4 пара ганглија: у глави, стопалу, бочно од црева и у утроби. Ганглије су међусобно повезане и од њих полазе нерви у све делове тела.

Ларвени ступањ неких морских мекушаца је трохофора или велигер ларва.

Тип Mollusca садржи више класа од којих су најпознатије: Gastropoda (пужеви), Bivalvia (шкољке) и Cephalopoda (главоношци).

Класа Gastropoda – пужеви и голаћи

Пужеви живе у мору, у слаткој води и на копну. Њихова љуштура је спирално увијена око централне осе и цело тело се може увући у њу. Код неких врста љуштура може бити редукована. Најчешћа врста копнених пужева је виноградарски пуж (*Helix pomatia*), који се користи за јело. Голаћи (*Limax* spp. и *Arion* spp.) могу да буду штетни у биљној производњи јер се хране младим биљкама (слика 4).



Слика 4. *Arion rufus* (горе), *A. hortensis* (у средини лево), *A. subfuscus* (у средини десно) и *A. lusitanicus* (доле)

Класа Bivalvia – шкољке

Шкољке насељавају мора, а мањи број врста живи у слаткој води. Неке врсте шкољки су деликатесна храна: острига (*Ostrea*), дагња (*Mytilus*), прстац (*Lithophaga*).

Имају бочно спљоштено тело, потпуно обухваћено плаштом који се састоји од два дела. Сваки од ових делова лучи по један капак љуштуре. Пужеви живе у мору, слаткој води и на копну. Њихова љуштура је спирално увијена око централне осе и цело тело се може увући у њу. Код неких врста љуштурса може бити редукована.

Класа Cephalopoda – главоношци

Главоношци искључиво живе у мору. Тело се састоји од главе и трупа, док је стопало трансформисано у мускулозан левак и пипке (8, 10 или више), који су врло покретљиви и снабдевени пијавкама са доње стране, и који опкољавају усни отвор. Љуштурса је обично закржљала. Један од ретких главоножаца са љуштурсом је *Nautilus* који има 90 пипака, за разлику од осталих који имају 8 или 10 пипака и зато се називају *Cephalopoda* и *Decapoda*. Познат је *Octopus* (октопод или хоботница). Од *Decapoda* у Јадранском мору живе сипа (*Sepia*) и лигња (*Loligo*). Наведене врсте су јестиве.

Тип Annelida – чланковити или прстенасти црви

До сада је познато око 9.000 врста овог типа. Одликују се цилиндричним, издуженим обликом тела, које је на попречном пресеку округло, ређе дорзовентрално мало спљоштено.

Чланковити црви су **хомономно сегментисани** - поседују 12-800 чланака који су, сем првог (**prostomium**-а), другог (**peristomium**-а) и последњег (**pididium**-а), међусобно врло слични. Сегментација захвата и унутрашње органе: крвне судове, нервни систем и екскреторне органе. Сваки сегмент не садржи све органе. На површини тела епидермис лучи кутикулу, а испод епидермиса се налазе слојеви мишића. На глави се налазе тентакуле (**antene**), палпи и очи. Иза **prostomium**-а је **parastomium** са усним отвором. На свим осталим сегментима с налазе параподије. Крвни систем је затвореног типа. Главни крвни судови се пружају целом дужином тела, изнад и испод црева. Сваки сегмент садржи по пар метанефридија, које се изливају из самог сегмента. **Нервни систем** је лествичаст. Органи за излучивање су **метанефридије**.

Annelida су углавном хермафродити, а некад су полови раздвојени. Ларвени стадијум се назива **trochofora**.

Чланковити црви се деле на 4 класе: Polychaeta, Archiannelida, Oligochaeta и Hirudinea.

Класа Polychaeta – многочекињасти црви

Представници ове класе живе у мору, а само мали број у слаткој води и влажној земљи. Одликују се многобројним хетама које су смештене на парним бочним кожно-мишићним израштајима сваког сегмента. Има описаних око 5000 врста. Њихова величина варира од једног милиметра до три метра, а најчешће су величине 5-10 cm.

Класа Oligochaeta – малочекињасти црви

Врсте ове класе живе у земљи и у слаткој води, а ређе у мору. Најпознатији представник је кишна глиста (*Lumbricus terrestris*). Скоро све терестричне Oligochaeta се хране отпацима биљног или животињског порекла. Углавном живе у плићим слојевима земље, где имају врло корисну улогу јер кретањем кроз земљу и храњењем врше аерацију земљишта и учествују у стварању хумуса (разлагањем шушња - опалих асимилационих органа биљака).

Класа Hirudinea – пијавице

Пијавице живе у слаткој води и у влажним (тропским) шумама, а мањи број врста настањује мора. На предњем делу тела, око усног отвора, имају пијавку, а неколико телесних сегмената на задњем делу тела су спојени, и такође граде снажну пијавку. Анални отвор се налази изнад ње, на леђној страни. Тело им је грађено од 33 сегмента. Хране се крвљу животиња или ситним животињама које целе прождиру (пуноглавцима, пужевима и сл.).

Тип Arthropoda – зглавкари

Зглавкари су најбројнија група животиња на земљи. До сада је описано преко 1.000.000 врста. Насељавају све животне средине на земљи: мора и слатке воде, копно, од тропских до поларних предела, пустиње и високе планине.

Заједничка карактеристика са чланковитим црвима је билатерална симетрија и чланковитост тела. Зато се претпоставља да ове две групе животиња

имају заједничког претка. Међутим, међу њима постоје и значајне разлике: Annelida имају хомономну сегментацију, а зглавкари хетерономну. Такође постоји и разлика у грађи екстремитета зглавкара у односу на параподије чланковитих црва: они су зглобљени са телом и састављени од већег броја чланака. Код неких зглавкара су екстремитети редуковани на неким сегментима или целим регионима тела.

Код Arthropoda је изражено груписање сегмената у телесне регионе, уз специјализацију екстремитета за посебне функције у тим регионима. Основни телесни региони су глава (**cephalon**), груди (**thorax**) и трбух (**abdomen**). Код неких група су поједини региони срасли и чине целине.

Сваки сегмент тела зглавкара има четири плоче: леђну (**tergum**), две бочне (**pleurae**) и доњу (**sternum**).

На површини тела се налази хитинска вишеслојна кутикула, која чини спољашњи скелет или **егзоскелет**. Кутикулу лучи слој ћелија коже (хиподермис). Обзиром да кожа зглавкара представља чврст оклоп (скелет), растење им је омогућено повременим **пресвлачењем** (збацивањем старе коже и истовременим добијањем нове, веће). Дужина времена између пресвлачења и број пресвлачења је карактеристика врсте. Период између два пресвлачења се назива ступањ развића.

Мишићи зглавкара су попречно-пругасте грађе и њихова одлика су брзе контракције. Крвни систем је отвореног типа. Сегментисано срце је смештено дорзално, а кратка аорта се завршава у пределу главе.

Нервни систем је ганглијског типа. Код примитивних врста он је лествичаст (по пар ганглија у сваком сегменту), а код савршенијих ланчаст (по једна ганглија у сегменту). У глави се изнад ждрела налази мозак састављен од три ганглије.

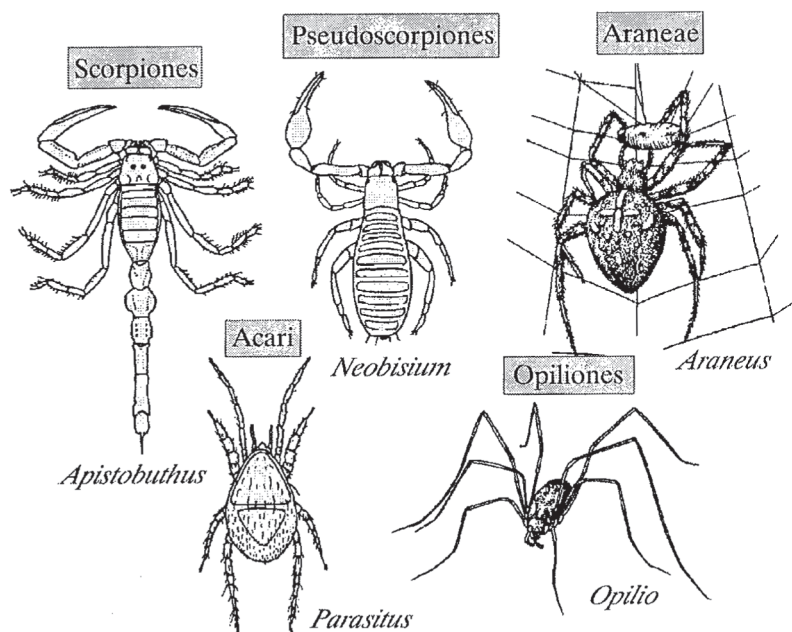
Тип Arthropoda се дели на три подтипа: Trilobitomorpha, Chelicerata и Mandibulata.

Подтип Chelicerata – пауколики зглавкари

Тело ових зглавкара је подељено на два региона: главеногрудни (**prosoma**) и трбушни (**opistosoma**).

На прозоми немају пипака. Укупно имају 6 пари екстремитета. Први пар екстремитета су **heliceræ** (по њима су и добили име), састављене су од 2-3 чланака и налазе се испред усног отвора. Други пар екстремитета чине **pedipalpi**, који обично служе као пипци код других група зглавкара. Остала 4 пара екстремитета представљају **ноге**, састоје се од 6-7 чланака и завршавају се канцама. Код већине су екстремитети на трбуху редуковани или измењени у шкрге или паучинасте брадавице.

Подтип **Chelicerata** се дели на три класе: Merostolata, Pycnogonida и Arachnida.



Слика 5. Различите групе класе Arachnida (Радовић и Петров, 2005)

Класа Arachnida – пауци

Пауци су углавном грабљиве животиње и обично се хране инсектима и другим зглавкарима. Мањи број су биљоједи или живе паразитски на вишим животињама и човеку. Кад ухвате плен, у њега убацују секрете пљувачних жлезда који растварају ткива жртве, и такву полутечну храну усисавају специјално грађеним делом предњег црева (тзв. желудац за сисање). Овакав тип варења се назива **екстраинтестинерно варење**. Храна затим доспева у средње црево, па у задње које се завршава аналним отвором. На месту спајања средњег и задњег црева, уливају се Малпигијеви судови (екскреторни органи).

Респираторни органи паука су плућа или трахеје. Плућа представљају мешколике органе смештене са вентралне стране опистозоме. Са спољашњом средином су повезана преко отвора названих стигме. Унутрашњи зид плућа има велики број кожних набора - тзв. листолика плућа. Многи пауци имају и трахеје. На првом и другом сегменту опистозоме се налази по пар стигми од којих у унутрашњост тела полазе цевчице које се гранају до се тањих цевчица, које допиру до ћелија у ткивима, и ту се слепо завршавају. Трахеални систем је настао увратом коже (ектодермалног је порекла).

Крвни систем је отвореног типа. Леђни суд се састоји од већег броја комора са паром бочних отвора (остиум), и означен је као срце. Од њега полазе предња аорта, која се излива у прозому и задња аорта која се излива изнад аналног отвора.

Нервни систем је представљен трбушном нервном верижицом. Број ганглија у низу и степен њихове централизације зависи од групе Arachnida.

Чулни органи Arachnida су очи и чулне длачице. Очи су просте, налазе се у предњем делу прозома и има их неколико парова. Чулне длачице су распоређене по целом телу, а нарочито су осетљиве оне на педипалпима.

Полови су одвојени, са доста израженим полним диморфизмом. Оплођење је унутрашње, а развиће је по правилу без метаморфозе.

Класа Arachnida садржи већи број редова, као на пример: Scorpiones (скорпије), Pseudoscorpiones (лажне скорпије), Opiliones (косци), Aranea (прави пауци), Acari (гриње и крпељи).

За човека је нарочито значајан ред Acari. Овде спадају крпељи који живе слободно или као паразити, а има и представника овог реда који су фитофагни и наносе штете гајеним биљкама. Могу бити преносиоци болести човека и домаћих животиња као што су пегави и повратни тифус, куга, лајмска грозница, запаљење мозга, туларемија – болест глодара и човека.

Ixodes ricinus је врста крпеља који сиса крв животиња и човека, и том приликом може да повећа диманзије свог тела и до 200 пута. Ако се узнемири приликом сисања крви, у рану убацује цревни садржај (повраћа) и том приликом може да пренесе и узрочнике опасних оболења (крпељски тифус, вирусно запаљење мозга, лајмску болест и друге). Мужјак се не храни и његова је функција да оплоди женку. Кад се женка довољно нахрани, спушта се на земљу где полаже велики број јаја. Из њих се легу млади крпељи који у почетку паразитирају на кожи гмизаваца, ситних сисара и птица, а касније на човеку и крупним животињама.

Sarcoptes scabiei (шугарац) прави у кожи човека дуге ходнике и то нарочито на местима где ја кожа нежна (између прстију, под пазухом, на препонама). На крају ходника женка полаже јаја из којих се након 6 недеља пиле млади. Шуга коју изазива овај крпељ је праћена несносним сврабом.

Гриње могу бити и опасне штеточине пољопривредних, шумских и украсних биљака.

Подтип Mandibulata

Овај подтип обухвата класе Crustacea, Myriapoda и Insecta. Њихови представници имају на глави пар усних екстремитета који се називају горње вилице или мандибулае, по којима су и добили име.

Класа Crustacea -ракови

Описано је око 30.000 врста љускара који живе у мору, слаткој води, а само мали број врста и на копну, у влажним срединама. Ракови се хране воденим животињама које активно пливају, а неки једу и делове угинулих животиња и биљака. Постоје и паразитске врсте.

Код већине ракова постоје следећи телесни региони: глава, грудни и трбух. Код већине ракова глава се спаја са једним или више грудних сегмената у главеногрудни део.

На глави имају 2 пара пипака - краће (**antennulae**) и дуже (**antennae**). Поред пипака, ти се још налазе очи, усни отвор и 5 пари усних екстремитета.

Грудни екстремитети су различито развијени и имају различиту функцију. Често један до три пара грудних екстремитета имају улогу придржавања и померања хране ка усном отвору и називају се **maksilopede** или **вличне ноге**. Остали грудни екстремитети имају улогу кретања (пливања или ходања). Некада први пар ови екстремитета може бити веома снажан, у виду клешта, и служи за дробљење хране. Екстремитети ракова припадају рачвастом типу.

Абдоминални екстремитети су развијени код виших ракова и имају улогу при пливању.

По грађи тела и унутрашњих органа су љускари слични инсектима. Респираторни органи су искључиво шкрге. Карактеристика ракова је и да имају на неким сегментима дорзовентралне чврсте плоче - **epimere**, које могу да образују леђни штити или **karapaks**. Карапакс има заштитну улогу

Класа Crustacea се дели на 8 подкласа. Подкласа Malacostraca су виши ракови где спадају крупнији облици, као на пример речни рак (*Astacus*), јастог (*Homarus*) и морска краба (*Cancer*).

Љускари за човека имају велики значај. Планктонски рачићи представљају храну многим врстама риба и китовима. Многе врсте крупних ракова човек користи у својој исхрани. Сувоземни ракови из реда Isopoda (мокрице), живе на влажним местима и хране се остацима биљака и животиња. Некад у стакленицима могу причинити штете хранећи се тек изниклим биљкама (клијавцима).

Класа Myriapoda – стоноге

Стоноге су сувоземне животиње са прилично хомономном сегментацијом. До сада је описано око 8.500 врста.

Тело им се састоји од главе коју чини 6 сегмената, и трупа који има увек више од 11 сегмената. На сваком сегменту трупа се налази 1 или 2 пара ногу. На глави се разликује **procephalon**, који носи 1 пар пипака, и **gnathocephalon**, на

коме се налазе усни екстремитети (пар мандибула и 2 пара максила). Грађа коже и свих унутрашњих органа је веома слична грађи инсеката.

Класа *Myriapoda* се дели на 4 подкласе: *Diplopoda*, *Chilopoda*, *Pauropoda* и *Symphyla*.

Diplopoda - гујини чешљеви се одликују удвојеним сегментима тупа. Тако на сваком сегменту имају по 2 пара екстремитета, који су кратки и слабо развијени, па се ове животиње споро крећу. Углавном су фитофагни, али има и сапрофагних и предаторских облика. Врсте рода *Julus* могу некада бити штетне у стакларама, јер оштећују младе биљке.

Chilopoda имају на сваком сегменту тупа по пар ногу, које су добро развијене, па су ове животиње веома активне и брзо се крећу. Све врсте су грабљиве и активне су углавном ноћу. Ујед неких тропских *Chilopoda* може бити смртоносан за човека. Посебно су отровне врсте из рода *Scolopendra*.

Pauropoda су ситне стоноге, меког и беличастог тела, које живе у земљи и хране се гљивама, хумусом и ситним утинулим животињама.

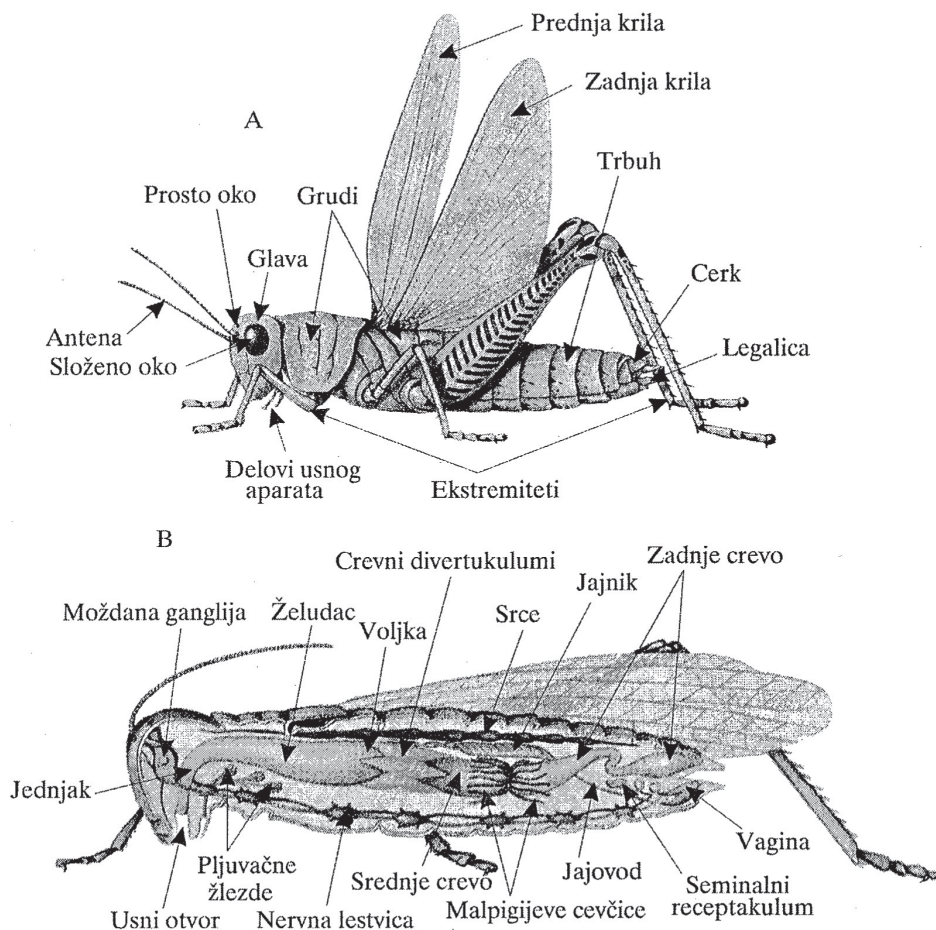
Symphyla - стакларске стоноге живе у стељи и шушњу, хранећи се мртвом органском материјом. Честе су у стакларама где могу бити штетне јер оштећују младе биљке после ницања.

Класа *Insecta* – инсекти

Инсекти су најбројнија група животиња. Описано их је око 900.000 врста, али се процењује да их има много више. Имају велики значај у природи, а такође и за човека. Наука која проучава инсекте се зове **ентомологија**, и у односу на област проучавања постоји шумарска, пољопривредна, медицинска и ветеринарска ентомологија. Инсекти су се јавили у Силуру (пре 300 милиона година) и током своје дуге историје прилагодили различитим типовима станишта. Највише их има на копну, затим у слаткој води, док само мали број врста живи у мору.

Кожни омотач ових животиња чине слој **хиподермис** са базиларном мембраном и кутикулом. Глава инсеката (**cephalon**) је изграђена од 6 сегмената, груди (**thorax**) од 3 а трбух (**abdomen**) од 12 сегмената (слика 6).

Сегменти који чине главу су међусобно срасли, и на њима се налазе екстремитети и додаци. Од екстремитета постоје један пар пипака и 3 пара усних екстремитета: **mandibulae** или горње вилице, **maxillae** или доње вилице и **labium** или доња усна. Додаци главе су очи, и то сложене (**facetiae**) на боковима главе, и просте (**ocellae**) на темену главе. Код ларава постоје и ларвене очи (**stigmata**), које су најпростије грађе. Пипци инсеката (**antennae**) представљају орган чула мириса, јер се на чланцима пипака налазе бројне сензиле које припадају овом чулу. **Усни апарат** може бити различитог типа: за грицкање, за лизање и срцање, за бодене и сисање и за сисање.



Слика 6. – Спољашна и унутрашња грађа инсеката (Радовић и Петров, 2005)

Сегменти грудног региона су обично јасно видљиви и носе по пар чланковитих ногу, а други и трећи сегмент и по пар крила. Од свих бескичмењака једино инсекти имају крила (*alae*). Постоје, међутим, и бескрилни инсекти, а бескрилност може бити примарна (код инсеката који никад током еволуције нису имали крила) и секундарна (код инсеката који су их изгубили током еволуције услед специфичног начина живота). Ноге су грађене од више чланака. У зависности од функције коју врше, разликујемо ноге за ходање, за трчање, за скакање, за пливање, за грабљење, за сакупљање полена и за чишћење пипака.

Трбух је изграђен од 12 сегмената (11 правих и једног лажног, који се јавља само током ембрионалног развића). Плоче трбушних сегмената су, за

разлику од грудних, међусобно повезане растегљивим интерсегменталним мембранама, што омогућава промене димензија трбуха при дисању. Трбух нема екстремитета, али може да поседује различите додатке (трбушне ноге ларви неких врста, легалицу женки и слично).

Унутрашњост инсеката је двома дијафрагмама подељена на 3 синуса. У горњем се налази леђни крвни суд састављен од срца и аорте. У средњем синусу су цревни канал, Малпигијеви судови и полни органи. У доњем синусу је смештен продужетак централног нервног система (слика 7).

Цревни канал почиње усним отвором, а завршава се аналним отвором. Састављен је од предњег црева (**stomodeum**), средњег (**mezenteron**) и задњег црева (**proctodeum**). Предње и задње црево су ектодермалног порекла (постали су увратом коже), док је средње црево настало од ендодермиса. Право варење хране се врши у средњем цреву. На месту спајања средњег и задњег црева, увиру Малпигијеви судови (органи за излучивање).

Органи за дисање су трахеалне цеви, које се у телу гранају до најтањих цевчица - трахеола, које допиру до сваке ћелије, и омогућују размену гасова. Веза трахеалног система са спољашњом средином је успостављена преко **стигми** - отвора на боковима тела (на грудима и трбуху).

Крвни систем инсеката је отвореног типа. Састоји се од срца и аорте који се једним именом називају леђни суд. Аорта се завршава у пределу главе, и из ње се излива крвна течност заплјускујући све органе, доносећи храну и односећи продукте метаболизма до Малпигијевих судова. Крвни систем и респираторни систем су потпуно одвојени код инсеката, за разлику од виших животиња, где су они директно повезани.

Нервни систем је ганглијског типа. Централни нервни систем се састоји од 3 пара можданих ганглија које су срасле, 3 пара подждрелних ганглија које су такође међусобно срасле и по једним паром ганглија у сваком грудном и трбушном сегменту, који такође могу међусобно да срасту. У тесној вези са нервним системом је и ендокрини систем. Инсекти имају ендокрине жлезде које луче хормоне. Они се путем крви разносе по организму.

Мишићи су попречно-пругасте грађе и одликују се врло брзим контракцијама. Налазе се у тзв. антагонистичким паровима (покрећу исти део тела тако што се један опушта, а други контрахује).

Полни органи се састоје од пара семеника (код мужјака) или пара јајника (код женки). Размножавње инсеката је полно, и може бити гамогенетско и партеногенетско. После копулације, код гамогенетског размножавања, женка полаже јаја (**овипаритет**), рађа живе младе (**вивипаритет**), или се из положених јаја одмах пиле ларве (**ововивипаритет**). Партеногенетско размножавање представља развиће из неоплођених јаја. Код неких врста мужјаци чак нису ни познати.

У јајима тече процес ембрионалног развића. Кад се формира ларва, она напушта јајну опну и тим чином почиње постембрионално развиће. Оно се

завршава појавом одрасле индивидуе - имага. Приликом развића, инсекти пролазе кроз мање или више изражену метаморфозу или преображај. Метаморфоза може бити непотпуна (**хемиметаболија**), када инсекти у развићу пролазе кроз стадијуме јаје-ларва-имаго, или потпуна (**холометаболија**), када постоје стадијуми развића јаје-ларва-лутка-имаго. Први облик је заступљен код примитивнијих инсеката, а други код савршенијих.

Класа *Insecta* се дели на 2 подкласе: *Apterygota*, који су примарно бескрилни, и *Pterygota*, који су крилати или секундарно бескрилни. Прва подкласа се дели на 4 а друга на 29 редова.

Инсекти имају велики значај у природи. Они представљају значајне разлагаче органске материје биљног и животињског порекла. Учествоју у одржавању биоценотичке равнотеже као предатори или паразитоиди других инсеката и зглавкара. Опрашују биљке које су за тај чин специјално прилагођене. Служе као храна другим животињама (многе птице, рибе, гмизавци и сисари се чак искључиво хране инсектима). Учествоју у обради и генези земљишта и стварању хумуса.

Међутим, многе врсте инсеката су директни или индиректни непријатељи човека, домаћих и дивљих животиња. Директни непријатељи човека су: комарци, буве, ваши, обади, стенице. Ови организми се хране крвљу човека и често преносе узрочнике опасних обољења (пегави тифус преносе ваши, кугу преносе буве, маларију комарци итд). Индиректно штетни инсекти угрожавају човекова добра (гајене биљке, шуме, украсне биљке, животне намирнице). За борбу против ових штеточина људи троше огромна новчана средства, али и поред тога, сваке године ови инсекти наносе велике штете. Посебно су штетне врсте које имају способност да се масовно размножавају (ступају у градације). Познате су најезде скакаваца, масовне појаве губара, поткорњака, борових оса и других инсеката.

Познати инсекатски редови који обухватају значајне штеточине у шумарству су: *Coleoptera* (тврдокрилци), *Lepidoptera* (лептири) и *Hymenoptera* (опнокрилци). Такође су значајни редови који садрже грабљиве инсекте: *Odonata* (вилински коњици), *Mantodea* (богомолке), *Neuroptera* (мрежокрилци), *Coleoptera* итд. Битни су и паразитски инсекти који припадају редовима *Hymenoptera* и *Diptera* (двокрилци). Око 80 % биљака је прилагођено на опрашивање инсектима. Најпознатији опрашивач биљака (полинатор) је медоносна пчела (*Apis mellifera*).

Тип *Echinodermata* – бодљокошци

Бодљокошци су искључиво становници мора. Описано је око 6.000 врста. Углавном живе на морском дну, где се крећу пузањем, некада су заривени у подлогу, а има и сесилних облика.

Одликују се радијалном (петозрачном) симетријом тела. То је једина група животиња које имају секундарну телесну дупљу, а у одраслом облику поседују радијалну симетрију тела. Ларвени ступњеви бодљокожаца су билатерално симетрични.

Скелет бодљокожаца је мезодермалног порекла, док је код свих осталих бескичмењака скелет ектодермалног порекла.

Посебна карактеристика бодљокожаца је да имају амбулакарни или водено-васкуларни систем канала који су пореклом од целомске дупље. Ови канали су испуњени течностју под притиском. Од канала овог система, кроз нарочите поре на површини тела, излазе цевасте израштаји или амбулакарне ножице, помоћу којих се ове животиње крећу.

На површини тела имају трепљасте епидермис, у коме се налазе жлезде и чулне ћелије. Испод епидермиса, у мезодермису, налази се скелет у облику чврстих, вишеугаоних плочица. Скелетне плочице могу да буду срасле и да образују чврст оклоп (на пример код морских јежева). На површини скелетних плочица бодљокожаца често се налазе разни израштаји у виду бодљи.

У унутрашњости тела бодљокошци имају пространу целомску дупљу, која се састоји од неколико одвојених делова. Крвни систем је целомског порекла. Цревни канал је различите грађе (кесаст код морских звезда, изувијан код морских јежева). Дисање се обавља преко жбунастих шкрга. Немају екскреторних органа, а екскреција се обавља преко зида цревног канала или зидова шкрга.

Нервни систем се састоји од 3 прстена од којих полазе нерви. Такав нервни систем се назива дифузни. Чулни органи су слабо развијени.

Бодљокошци су животиње са раздвојеним половима. Оплођење је спољашње, а развијају се са сложеном метаморфозом, преко билатерално симетричне ларве. Ларва у почетку води планктонски живот, а затим пада на дно, причврсти се за подлогу и метаморфозира у одрасли организам.

Тип Echinodermata се дели на 5 класа: Asteroidea (морске звезде), Ophiuroidea (морске змијуљице или змијаче), Echinoidea (морски јежеви), Holothurioidea (морски краставци) и Crinoidea (морски кринови).

Тип Chordata – хордата

Овај тип обухвата најсложеније животињске организме где спада и човек. Основна карактеристика је присуство хорде, специјалног органа који има потпорну функцију у организму. **Хорда** се пружа целом дужином тела у виду компактне врпце, а изграђена је од ћелија у којима се налазе крупне вакуоле испуњене течностју, што им даје тургор и чини хорду чврстом и еластичном. Једино код најпримитивнијих хордата (амфиоксуса) хорда функционише као потпорни орган у току целог живота. Код колоуста и риба је такође добро

развијена, док је код виших кичмењака замењена кичменицом, која је далеко чвршћа. Скоро потпуно је редукована код сисара. Ипак, код свих кичмењака се хорда јавља у току ембрионалног развића.

Хордата имају цеваст **нервни систем** (изграђен је у виду шупље цеви са централним каналом). Он лежи са леђне стране тела, изнад хорде, и ектодермалног је порекла.

Респираторни органи шкрге се јављају у виду парних испупчења предњег црева, на којима се налазе парни, бочни отвори - шкржни прорези. Код нижих облика ови органи егзистирају целог живота, а код виших се јављају само у фазама ембрионалног развића. Специфично за хордата је да је ждрело у вези са респираторним системом.

Одлика хордата је **затворени крвни систем**, са контрактилним деловима на трбушној страни, који потискују крв у правцу предњег дела тела.

Поред ових карактеристика, хордата имају и сличности са бескичмењацима. То су такође **билатерално симетрични организми** који имају секундарну телесну дупљу (целом), и код којих се у току ембрионалног развића јављају 3 клицина листа (ектодерм, мезодерм и ендодерм).

Тип Chordata се дели се на 4 подтипа: Hemichordata, Tunicata, Cephalochordata и Vertebrata.

Подтип Cephalochordata – копљаши

Типичан представник ове групе животиња је Amphioxus, који живи у плиткој води мора, поред обале, где или слободно плива, или се зарива у песак. Тело му је издужено, сегментисано, на оба краја зашиљено и бочно спљоштено, дуго око 8 cm. Хорда се простира целом дужином тела, и функционише током целог живота јединке. Amphioxus се храни пасивно, задржавајући честице хране које водом доспевају у предње црево. Он није директан предак кичмењака, али је врло сличан њиховим прецима.

Подтип Tunicata – плашташи

То су морски организми који живе причвршћени за морско дно или стење. Због сесилног начина живота су изгубили многе особине хордата. Типични представници су асцидије. Њихово тело има изглед мешка, који на горњем крају има 2 отвора: један за улаз, а други за излаз воде. Хорда се јавља само код ларви, које слободно пливају и имају све одлике хордата. Предпоставља се да туниката представљају пример регресивне еволуције

Подтип *Vertebrata* – кичмењаци

Кичмењаци су се развили од примитивних морских хордата. Многи зоолози сматрају да су се кичмењаци развили као неотенични туникати, док је друга претпоставка да је заједнички предак кичмењака и туниката био слободно пливајући облик, сличан ларви туниката.

Ова група животиња обухвата само око 3% врста целокупног животињског света, али због изузетне разноврсности и бројности популација имају велики еколошки значај.

Еволуција кичмењака је ишла у правцу све активнијег кретања и исхране. Кичмењаци поседују билатералну симетрију са израженом главном осом тела. Тело је сегментисано, а сегментација се огледа у грађи мишићног, скелетног, нервног и екскреторног система. Телесни региони су главени, грудни и репни. Поседују парне и непарне екстремитете.

Значајна одлика кичмењака је замена хорде хрскавичавим или коштаном скелетом. Из предњег дела нервне цеви развио се мозак, који је омогућио и сложеније понашање ових животиња. Виши ниво метаболичке активности обезбеђен је комплекснијом грађом крвног, екскреторног и респираторног система.

Класификација кичмењака (*Vertebrata*)

Данашњи кичмењаци се деле на 6 класа: безвиличне рибе (*Agnatha*), рибе (*Pisces*), водоземце (*Amphibia*), гмизавце (*Reptilia*), птице (*Aves*) и сисаце (*Mammalia*) (слика 7).

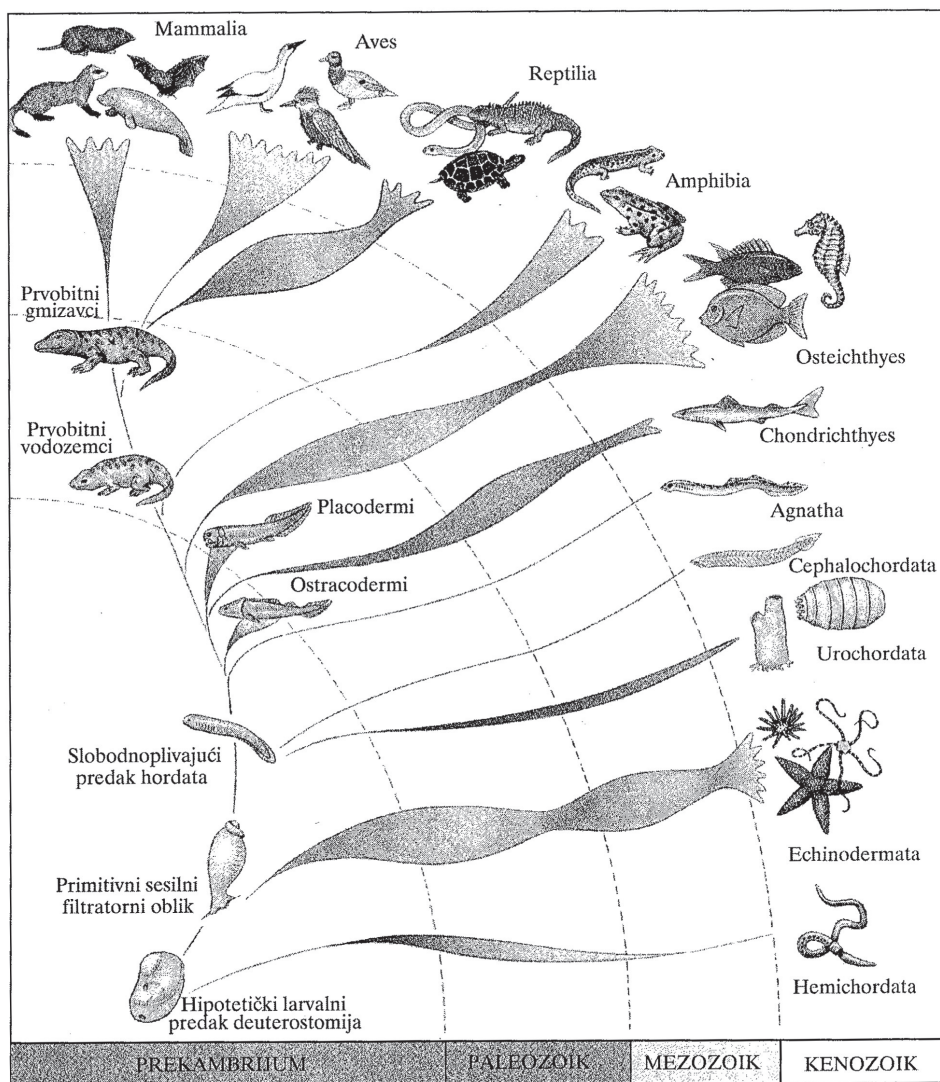
Класа *Agnatha* - безвиличне рибе

Ова класа представља најпримитивнију групу данашњих кичмењака. Најстарији фосилни *Agnatha* су штитоноше (*Ostracodermi*).

Данашње агнате (колоусте) имају искључиво хрскавичав скелет. Живе у слаткој и сланој води и обликом тела подсећају на јегуље. Немају вилица, већ им је усни отвор округао и стално отворен. Немају парних пераја. Адулти воде паразитски начин живота, сишући крв рибама. Код нас су познате речна и морска змијуљица.

Класа *Pisces* - рибе

Рибе насељавају слатке воде и мора, од плићака, до највећих дубина, од обалске зоне до пучине. Свака врста је прилагођена условима средине у којој



Слика 7. – Филогенетско стабло кичмењака

живи: салинитету воде, одсуству светлости (у великим дубинама), кретању кроз брзе токове и слично и у складу са тим поседују специфичне морфолошке и физиолошке адаптације. Исхрана риба је разноврсна: многе врсте се хране планктонским организмима, ситнијим животињама (рачићима, црвима, инсектима), алгама и другим воденим растињем, или другим рибама. Рибе за човека имају велики значај јер се многе врсте користе за исхрану људи, а такође представљају значајну сировину у индустрији. Рибарство је значајна привредна грана, а све је значајније и гајење риба у рибњацима.

Данашње рибе су сврстане у 2 подкласе : рушљорибе и кошљорибе.

Подкласа Chondrichthyes - рушљорибе или рибе са хрскавичавим скелетом

Грабљиве морске рибе са хрскавичавим скелетом и плакоидном (зуболиком) крљушти. Уста су им попречно положена на доњој страни главе. Из реда ајкула је најопаснија велика бела ајкула (*Charcharodon carcharias*), а у Јадранском мору су присутне плава ајкула или модруљ и морска мачка. У ову подкласу спадају и раже, које живе на дну и имају дорзовентрално јако спљоштено тело. Познате врсте су ража каменица и електрична ража. Представник реда химера је морски пацов.

Подкласа Osteichthyes - кошљорибе или рибе са коштаним скелетом

Код ових риба поред зуба и крљушти јављају и друге коштане творевине: у лобањи, раменом појасу и шкржни поклопци. Уста су углавном на предњем врху главе. Постоје 2 надреда: Actinopterygii (зракоперке) и Sarcopterygii (шакоперке).

Надред Actinopterygii – зракоперке

У штитионоше спадају кечига, јесетра и моруна. Економски су значајне пастрмке, лосос и младица, које су међусобно сродне. Беле или шараноидне рибе су најбогатија група слатководних риба, и садрже шарана, караша, деверику, црвенперку и друге познате врсте. У слаткој води живе и сомови и штуке, као и неки представници јегуља. Од морских врста су економски значајне и следеће врсте: сардела, харинга и бакалар. Највећу групу зракоперки представљају тврдоперке, у које спадају слатководне врсте, греч и смућ, и морске врсте: зубатац, шарпина, гирица, туњ и друге.

Класа Amphibia – водоземци

Водоземци су први кичмењаци који су освојили копнену средину. Развили су се од примитивних представника шакоперки. Рибљи мехур се трансформисао у орган плућног дисања, а неке врсте су стекле способност кретања на сувом и постале амфибијске. Ови организми су били везани за слатководне басене.

Први водоземци су се одвојили у девону и спадају у групу *Stegoccephalia*. Имали су коштани оклоп на глави и коштане крљушти и представљају исходне облике свих осталих виших кичмењака.

Код водоземаца је дошло до модификације респираторног и крвног система. Међутим, ови организми се још нису потпуно прилагодили за живот на копну, јер им је размножавање везано за водену средину.

Водоземци су битни учесници ланца исхране и могу значајно редуковати бројност неких штетних инсеката. Жабе се користе за исхрану људи и као објект научних истраживања у медицини и биологији. Неки водоземци имају жлезде у кожи, које луче отрован секрет.

Данас постоје 3 реда водоземаца: безноги, репати и безрепи водоземци (жабе).

Ред *Apoda* - безноги водоземци

Ову групу чине црволике животиње, са потпуно редукованим екстремитетима и закрљжалим очима. Живе у земљи у тропским крајевима.

Ред *Urodela* - репати водоземци

Urodela имају издужено тело са дугим телом и кратким екстремитетима. У ову групу животиња спада шарени даждевњак (*Salamandra maculosa*), који живи на влажним местима у шуми. На леђима има жлезде које луче отровни секрет, који код човека изазива запаљење слузокоже. Човечија рибица живи у подземним водама Динарског краса. Читавог живота се задржава на стадијуму ларве, живи у води и дише на спољашње шкрге. Ове ларве су способне да се размножавају, и та појава се назива неотенија. У овај ред спадају и тритони или мрмољци.

Ред *Anura* – жабе

Жабе после метаморфозе губе реп и крећу се само удовима. Јаче су им развијени задњи удови, који су прилагођени за скакање. Међу прстима имају пловне кожице, које им помажу при пливању. Ларве се називају пуноглавци и живе у води, а ређе на влажним местима на копну. Жабе се хране ситним жи-вотињама, најчешће инсектима. У нашим крајевима су познате врсте рода *Rana* sp., *Hyla arborea* (гаталинка), која живи по дрвећу, жабе крастаче (*Bufo* sp.) и друге.

Класа Reptilia – њизавци

Ове животиње су потпуно прилагођене на живот на копну јер приликом размножавања нису везане за водену средину. Њихова кожа је сува, сиромашна жлездама и покривена рожним крљуштима или рожним штитовима. Кључне адаптације су везане за начин размножавања и дисања.

Ембриони се развијају у јајету, окружени ембрионовим опнама и опном јајета. Амнион и алантоис постоје само код копнених кичмењака, гмизаваца, птица и сисара, који се зато заједнички означавају као Amniota.

Гмизавце одликује искључиво плућни начин дисања. Постоје 2 плућна мехура, који су у вези са крвним системом. Срце се састоји из 2 предкоморе и 2 коморе, али подела комора није потпуна, тако да долази до мешања артеријске и венске крви.

Екскреторни систем гради трајни бубрег (metanefros). Грађа мозга је знатно сложенија него код водоземаца.

Ова група животиња се развила у позном карбону од примитивних водоземаца стегоцефала. Од најпримитивније групе гмизаваца (Cotylosauria), одвојили су се преци сисара и птица. Гмизавци су су били посебно бројни у мезозооу, када су живели представници огромних димензија (нпр. из групе Diposauria), а постојале су и врсте са способношћу летења (Pterosauria) и друге, које су живе у води (нпр. Ichthyosauria). Међутим, са глобалном променом еколошких услова на земљи, ове врсте су изумрле.

Многе врсте гуштера и змија могу у великој мери да утичу на бројност неких привредно значајних инсеката и ситних глодара. Неке врсте крокодила и змија могу бити опасне, па и смртоносне за човека. Отров одговарајућих врста се користи у фармацији за израду серума против змијког уједа. Неке врсте гмизаваца се користе и у исхрани човека.

Данас су у фауни заступљена 4 реда гмизаваца: корњаче, крокодили, гуштери и змије и туатере.

Ред Chelonia - корњаче

Корњаче имају снажан кожни скелет, изграђен од коштаних плоча, које су повезане у прави оклоп. Немају зубе, већ су им вилице снабдеване рожним навлакама. Живе на копну и у сланој и слаткој води. У нашим крајевима су познате барска корњача (*Emys orbicularis*), која се храни воденим животињама, и 2 копнене врсте, *Testudo hermanni* и *T. graeca*.

Ред Rhynchocephalia - туатере

Једини рецентни представник је туатера или хатерија (*Sphenodon punctatus*), који живи на Новом Зеланду, личи на гуштера и има рудиментисано треће око.

Ред Squamata - љускаши

Подред Lacertilia – гуштери

Гуштери су данас најбројнија група гмизаваца (садрже око 2.000 врста). Прилагођени су на различите начине живота, на земљи, по дрвећу, у рупама у земљи и слично. Најчешће се хране инсектима и другим ситним животињама. Код неких врста су удови исчезли, а очи закржљале услед живота под земљом (нпр. слепић и блавор). Код нас живи зелембаћ (*Lacerta viridis*), зидни гуштер (*L. muralis*) и многе друге врсте овог рода. У овај подред спадају и игуане, варани, камелеони и друге врсте којих код нас нема.

Подред Ophidia - змије

Змије су се развиле од гуштера који су водили ријући начин живота, и данас има око 2.000 врста. Крећу се вијугавим покретима тела, јер немају удова.

Имају добро развијено чуло мириса и додира. Вилични апарат им је покретљив, тако да могу са лакоћом да гутају крупан плен без жвакања. Све змије су грабљивице, а плен су им разне ситније животиње. У нашим крајевима су честе следеће врсте змија: белоушка или барска змија (*Natrix natrix*), која није отровна и храни се рибама и жабама; смук (*Elaphe longissima*), који може бити дуг и 2 m није отрован и чест је у светлим шумама; поскок (*Vipera ammodytes*), који је отрован, на врху њушке има мали рог, а насељава камењаре по ивицама светлих шума и шарка (*Vipera berus*), која је такође веома отровна, а честа је у шумама где има доста пањева.

Најкрупније змије су удави, који живе у тропским пределима, а најпознатији су змијски цар и анаконда. Од змија отровница су најопасније Elapidae, у које спадају кобре и мамбе, а опасне су и звечарке.

Ред Crocodilia – крокодили

Тело крокодила је прекривено широким коштаним плочама, превученим рожном навлаком. По изгледу подсећају на гуштере, али су знатно већи. Имају велику главу, снажне вилице и бројне зубе. Овде спадају нилски крокодил, гавијал из Индије и алигатор и кајман из Америке.

Класа Aves – њишце

Наука која проучава птице се назива орнитологија. Данас је познато око 8.600 врста птица.

Птице су настале од рептила. Најстарија позната врста птица је Archaeopteryx, и њени фосили потичу из горње јуре. У то време су постојали и птицама несродни летећи гмизавци, Pterosauria, који су изумрли у конкуренцији са птицама.

Тело им је прекривено перјем, које води порекло од крљушти. Перје је значајно за летење и за терморегулацију. Заједно са сисарима, птице су стекле велику предност у односу на остале животиње - сталну телесну температуру, која им омогућава врло активан начин живота и широку распрострањеност.

Предњи удови су прилагођени за летење, док задњи удови служе за ходање, али често и за грабљење плена код грабљивица. Неке птице, и поред развијених крила, немају способност летења.

Из потреба летења, нарочито се развило чуло вида, а добро је развијено и чуло слуха, док су остала чула слабије развијена. Прилагођеност на летење представљају и ваздушне кесе на плућима, које смањују специфичну тежину тела и олакшавају дисање при летењу.

Уместо зуба имају коштане кљунове превучене рожним навлакама, али код предака птица су зуби били присутни.

Исто као и гмизавци, птице полажу јаја, која су заштићена опнама.

Срце поседује 2 предкоморе и 2 коморе. До мешања крви не долази.

Мозак је много развијенији него код водоземаца и гмизаваца. Нарочито су добро развијене хемисфере великог мозга и мали мозак (као центар за равнотежу и покрете).

Птице су се прилагодиле разноврсним условима живота, па им телесна грађа може бити врло различита. Поред стереотипности основне грађе птица, постоји богата разноврсност адаптивних облика кљунова и задњих екстремитета. Такође су разноврсне боје и шаре које имају различите улоге : заштитну, застрашујућу, социјалну, репродуктивну.

Птице имају велики значај за човека. Многе врсте човек користи у исхрани, гајећи их као домаћу живину или за потребе ловства. Неке врсте птица се искључиво хране инсектима, глодарима или гмизавцима, па имају значајно место у одржавању нормалне бројности њихових популација.

Aves су се делиле на 2 подкласе : тркачице (*Ratitae*) и летачице (*Carinatae*). У новије време, птице се деле на подкласе праптица (*Palaeornithes* или *Archaeornithes*) и савремених птица (*Neornithes*).

Тркачице нису заступљене у нашој фауни, а ту спадају редови нојева, нандуа (америчких нојева), казуара, кивија и тинамуа.

Од птица које су прилагођене воденим условима, значајни су редови гњураца, морских гњураца и пингвина. Ове птице се хране рибом, добри су пливачи и гњурци, имају пловне коже између прстију ногу, ноге су им потиснуте уназад, а пингвини су чак изгубили способност летења и крила им имају облик пераја. За живот на мору су прилагођени и албатроси (најкрупније морске птице), пеликани и корморани.

У нашим крајевима су честе следећи редови птица:

Ред Ciconiiformes - роде и чапље

Представници овог реда живе по мочварама и барама, а од њих су најпознатији сива чапља (*Ardea cinerea*) и бела рода (*Ciconia ciconia*). Одликују се дугим кљуном и ногама.

Ред Anseriformes – пловуше

Прилагођене су за живот на води, и најчешће се хране рибама. Тело им је обрасло непромочивим перјем и имају широк кљун. Ноге су им кратке, са широким опнама између прстију. Ту спада дивља патка (*Anas platyrhynchos*), од које води порекло домаћа патка (*A. domestica*), а заступљене су и дивља гуска (*Anser anser*) и лабудови (*Cygnus* spp.).

Ред Falconiformes – грабљивице

Ово су снажне птице, са оштрим и повијеним кљуном и канцама, које имају добро развијено чуло вида и слуха. Познате врсте су сиви соко (*Falco peregrinus*), јастреб кокошар (*Accipiter gentilis*), кобац (*Accipiter nisus*), сури орао (*Aquila chrysaetos*) и заштићена врста, белоглави суп (*Gyps fulvus*).

Ред Galliformes – кокоши

Ове птице слабо лете, али су добри тркачи и имају снажне ноге. Ту спадају домаћа кокош (*Gallus domesticus*), ћурка (*Meleagris gallopavo*), фазани, јаребице, препелице и тетреби, које су цењена ловна дивљач, као и унета врста - паун.

Ред Columbiformes – голубови

Голубови се хране зрнастом биљном храном. Ту спадају голубови, грлице и гугутке, а позната врста је дивљи голуб (*Columba livia*), од кога су добијене све расе домаћег голуба.

Ред Cuculiformes – кукавице

Код нас су заступљене само једном врстом - кукавицом (*Cuculus canorus*). Њена храна су инсекти, а нарочито длакаве гусенице које друге птице избегавају. Кукавица полаже јаја у туђа гнезда, тако да јој се о потомству брину друге врсте птица.

Ред Strigiformes - сове

Сове су ноћне грабљивице, које нечујно лете јер поседују растресито перје, али су слаби летачи. Одлично им је развијено чуло вида и слуха. Основна храна су им ситни глодари. Најчешће врсте су велика ушара (*Bubo bubo*) и ћук (*Athene noctua*).

Ред Piciformes – детлићи

Чести су становници шума, где се хране инсектима који живе у дрвету. Снажним кљуном могу да допру до њихових ларви у дубљим слојевима дрвета. Зато су веома значајни. Познати су мали, средњи и велики детлић и 3 врсте жуна.

Ред Passeriformes – певачице

Ово је најбројнија група птица. Хране се углавном инсектима. Познате врсте су: домаћи врабац (*Paser domesticus*), сеница (*Parus major*), кос (*Turdus merula*), славуј (*Luscinia megarhynchos*), сеоска ластва (*Hirundo rustica*), зеба (*Fringula coelebs*), сврака, гачац, чавка, гавран, штиглић, и друге. Овде спадају и рајске птице са Нове Гвинеје.

Класа Mammalia – сисари

Сисари воде порекло од примитивних гмизаваца из позног Тријаса или почетка Јуре. У еоцену је адаптивна радијација сисара достигла свој максимум. У време доминације гмизаваца били су малобројнији и углавном су били активни ноћу. Међутим, данас су заузели животни простор некадашњих гмизаваца и практично немају јачих конкурената, захваљујући нарочитим адаптацијама.

Једино је њима својствено присуство длакавог телесног покривача, који им, слично перју птица, омогућава сталност телесне температуре (хомеотермију). Само сисарима су својствени рожни деривати коже: нокти, канџе, папци, копита и навлаке рогова. Кожа им је веома богата знојним и лојним жлездама.

Карактеристичне за њих су и млечне жлезде, чијим се секретом исхрањују младунци кад дођу на свет.

Зуби су им диференцирани према положају у вилици и специјализовани према начину исхране.

Екстремитети су специјализовани за различите начине кретања (ходање, пузање, трчање, скакање, пливање, копање, летење).

Једино се код сисара среће дијафрагма код система за дисање.

Срце има 2 предкоморе и 2 коморе (као и код птица), али код њих се задржава леви аортин лук, док десни ишчежава. Крвоток се састоји из великог и малог крвотока, а венска (редукована) и артеријска (оксидована) крв се не мешају.

Од свих животиња, сисари имају најразвијенији нервни систем. Снажно су развијене хемисфере великог мозга, а код примата је нарочито диференцирана кора великог мозга. Код њих је посебно развијена брига о потомству. Репродукциона моћ је већа него код осталих животињских група. Оплођење и ембрионално развиће су унутрашњи.

Велики број врста сисара (нарочито ситнијих), представљају важан извор хране за многе предаторе. Такође су многи сисари значајни предатори, и представљају регулаторе бројности популација неких економски значајних врста. Велики број сисара човек користи у својој исхрани, ловeћи их као дивљач, или их гајећи као домаће животиње. Многи животињски производи представљају значајну сировину у индустрији. Неке врсте сисара се повремено масовно размножавају и наносе велике штете у пољопривреди и шумарству. Постоје и врсте које могу бити вектори опасних паразита и заразних оболења. Албино пацови и мишеви се користе у фармацији и медицини за тестирање нових производа.

Класа сисара се дели на 3 подкласе: Prototheria, Metatheria и Eutheria.

Подкласа Prototheria – сисари са клоаком

Ова група сисара показује извесне особине гмизаваца. Имају клоаку, полажу јаја, а млечне жлезде су слабо развијене и без брадавица. Насељавају само подручје Аустралије. Овде спада кљунар (*Ornithorhynchus anatinus*) који има кљун.

Подкласа Metatheria – торбарски сисари

Ови сисари насељавају Аустралију и Јужну Америку. Одликују се присуством марсупијалних костију и специјалне кесе на трбуху (марсупиум), у којој су смештене млечне жлезде. Женке рађају неразвијене младунце, и стављају их у торбе, у којима се завршава њихово ембрионално развиће. Неки торбари се хране биљном, а други животињском храном. Поседују остатак клоаке. Најпознатије врсте су кенгур (*Macropus rufus*) и коала, а постоје и торбарска веверица, куна, вук, скочимиш, кртица и друге животиње сличне плаценталним сисарима а сасвим другачијег порекла.

Подкласа Eutheria – сисари са плацентом („прави сисари“)

Код ових сисара се образује постељица или плацента на којој се развија ембрион и по којој су и добили име. Младунци се рађају готово потпуно развијени.

Подкласа Placentalia (Eutheria) се дели на 17 редова са преко 3750 врста.

Ред Insectivora – бубоједи

Ово су најпримитивнији сисари са плацентом. Најчешћа храна су им инсекти, по чему су и добили име. Значајни су јер смањују бријност популација неких штетних инсеката у пољопривреди и шумарству. Овде спада кртица (*Talpa europaea*), која живи под земљом и храни се ларвама разних инсеката, затим јеж (*Erinaceus europaeus*), чија су храна инсекти, али и ситни глодари и гмизавци. Ровчице (*Sorex spp.*) се искључиво хране инсектима.

Ред Chiroptera – слепи мишеви

Ове животиње су прилагођене за летење, које им омогућује танак кожни набор разапет између предњих и задњих удова и репа. То су ноћне животиње, и очи су им закржљале. Одликују се посебним органима за оријентацију, који функционишу као радар. Хране се искључиво инсектима, које лови у лету, и за човека су корисни јер редукују бројност многих штетних шумских врста. Најпознатији је обични слепи миш (*Vespertilio murinus*).

Ред Primata – мајмуни

У ред мајмуна спадају полумајмуни (тупаје и лемури), мајмуни и човек. На највишем нивоу стоји фамилија човеколиких мајмуна (Hominidae), у коју спада и човек. Познате врсте човеколиких мајмуна су горила (*Gorilla gorilla*) и шимпанзе (*Antropopithecus troglodytes*), који живе у тропској Африци, и орангутан (*Simia saturus*), који живи на Борнеу и Суматри.

Ред Lagomorpha – зечеви, кунићи

У ред Lagomorpha спадају зечеви, кунићи и охотоне. Ове животиње имају секутиће сличне глодарима, који стално расту и троше се при исхрани биљном храном. Позната врсте је зец (*Lepus europaeus*), који је чест становник шума и степа.

Ред Rodentia – глодари

Глодари су најбројнија група сисара. Хране се биљкама, нарочито плодовима и семеном, због чега наносе велике штете у пољопривреди. Секутићи су им веома развијени и расту целог живота јер се при исхрани троше. Живе на земљи, под земљом, по дрвећу, а неке врсте и у слаткој води. Имају велики потенцијал размножавања и често ступају у пренамножења. Познате врсте су: веверица (*Sciurus vulgaris*), која живи у шумама. Текуница (*Citellus citellus*) насељава степе. Пух (*Glis glis*) живи у шумама и може да буде врло штетан јер се често храни кором дрвета. Слепо куче (*Spalax leucodon*) живи под земљом и храни се корењем. Волухарица (*Microtus arvalis*) изгриза кору младих стабала. Шумски миш (*Apodemus sylvaticus*), храни се плодовима и семеном. Домаћи миш (*Mus musculus*) једе животне намирнице човека. Пацови (*Ratus ratus* и *R. norvegicus*) се хране као и домаћи миш.

Ред Carnivora – копнени месождери, зверови

Ови месождери воде грабљив начин живота. Имају посебно развијене очњаке којима усмрћују жртву, снажне канце и добро развијена чула. У нашим крајевима су познати представници: дивља мачка (*Felis silvestris*), рис (*Lynx lynx*), вук (*Canis lupus*), лисица (*Vulpes vulpes*), мрки медвед (*Ursus arctos*), јазавац (*Melops meles*), куне (*Martes spp.*), ласица (*Mustela nivalis*) и твор (*Mustela putorius*). Домаћа мачка је *Felis domestica*, а домаћи пас *Canis familiaris*.

Посебан подред у оквиру месождера обухвата **морске месождере**: морске лавове, фоке и моржеве.

Ред Perissodactyla – копитари

Број прстију ових животиња је редукован, а завршавају се рожним копитом. У копитаре спадају тапир, носорози и коњи (зебре, магарци и коњи).

Ред Artiodactyla – папкари

Карактеришу се смањењем броја прстију на удовима, који се завршавају рожним папцима. Овде спадају дивља свиња (*Sus scrofa*), која је омнивора, живи у шуми и цењена је ловна дивљач, затим срна (*Capreolus capreolus*) и јелен (*Cervus elaphus*), који такође најчешће насељавају шуме. Дивокоза (*Rupicapra rupicapra*) је становник високих планина. Папкари који не насељавају наше крајеве су дивља коза, муфлон, нилски коњ, камила, лама, бизон, жирафа, окапи и велики број антилопа.

Ред Cetacea

У оквиру подкласе *Eutheria* посебан ред представљају **китови и делфини и њихови сродници**. Потпуно су прилагођени животу у воденој средини. Неки имају тело гигантских величина, као плави кит, који достиже телесну масу од 160 тона и представља највећег кичмењака.

Физиологија биљака

Физиологија биљака је наука која проучава животне процесе биљака. Њен задатак је да објасни основне законитости и механизме промета, синтезе и нагомилавања материја, процеса растења и развића као и узајамне односе функција биљака и чиниоца биотичке и абиотичке природе.

Да би биљке које се производе и гаје за различите потребе људског друштва, испуниле своје основне функције – оптималну продукцију биомасе, декоративна својства и очување и заштиту животне средине, потребно је да буду виталне, здраве и отпорне на услове стреса (суша, екстремне температуре, аерозагађење, и сл.). Ово је могуће постићи добрим познавањем физиолошких процеса у ћелијама, ткивима, органима и целој биљци да би се омогућила контрола и утицај на те процесе.

У том смислу физиологија биљака представља теоријску основу успешне производње и неге биљака.

Основне области физиологије биљака су: физиологија ћелије, водни режим, фотосинтеза, дисање, минерална исхрана, растење и развиће, физиологија семена, покрети, физиологија отпорности.

ВОДНИ РЕЖИМ

Водни режим (водни биланс, промет воде) подразумева процес усвајања, кретања кроз биљку и одавања воде у спољашњу средину.

Вода је највише заступљено једињење у биљном ткиву и то од око 10% у семену до 80–90 % у сувој маси младих органа који расту и плодовима. Вода учествује у свим физиолошким процесима и то као извор водоника и кисеоника, као растварач и средина у којој се дешавају сви физиолошко–биохемијски процеси ... Количина воде коју биљка усвоји и ода зависи од особина саме биљке (корена, проводних и покровних ткива и др.) као и од спољашњих услова средине. Да би синтетисала 1 грам суве материје биљка у просеку мора да потроши око 500 грама воде. Највећи део усвојене воде само прође кроз биљку и ода се (“транзитна вода”). Она обезбеђује стални ток воде кроз биљку, кретање минералних и органских материја и хлађење надземних делова биљке

(терморегулација). Мањи део воде се задржава у биљци, везује се за биљно ткиво (хидратација) и служи као средина у којој се одвијају биохемијски процеси. Хемијски везана вода служи за синтезу бројних органских једињења.

Вода је веома важан еколошки фактор који уз температуру и друге чиниоце битно утиче на морфолошке особине, функције и распрострањеност биљака. Тип вегетације која ће се развити на неком подручју (шума, ливада, степа, савана, тундра, прерија, пустиња ...) највише зависи од количине приступачне воде.

Усвајање воде

Биљка воду из спољашње средине може усвојити апсорпцијом, процесима бубрења, осмозе и дифузије.

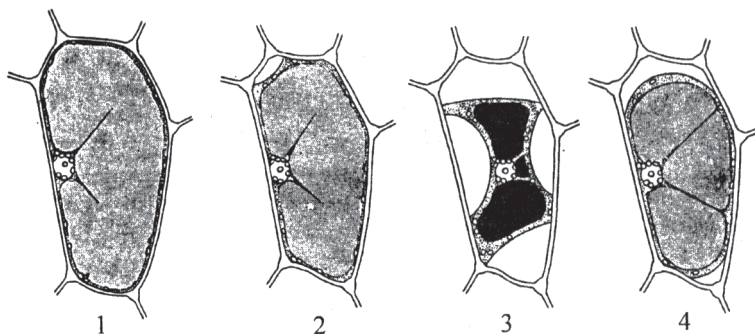
Бубрење је физичко-хемијски процес повећања запремине услед примања воде. Молекули воде се умећу између честица материје која бубри (суво семе, протоплазма) размичући их. Одавањем воде из набубреле материје запремина се опет смањује.

Осмоза представља кретање молекула течности или гасова кроз мембрану која може бити пропустљива или полупропустљива (цитоплазматична мембрана, тонопласт ...). Дифузија се дешава без присуства мембране, као што је кретање кисеоника, угљендиоксида и водене паре кроз стомине отворе.

Приликом уласка воде у ћелију ствара се притисак, ћелијски зид се истеже и врши контрапритисак, тако да се у ћелији ствара напон који се назива тургор. Када је он максималан, за ћелију се каже да је тургесцентна и она тада више не може да усваја воду. Уколико једну тургесцентну ћелију ставимо у раствор који је концентрованији од ћелијског сока (хипертоничан), молекули воде ће излазити из ћелије у спољашњи раствор, протоплазма ће се одвајати од ћелијске мембране и скупљати у средини ћелије. Ова појава се назива плазмолиза. Уколико се ћелија стави у раствор који има мању концентрацију од ћелијског сока (хипотоничан), вода ће улазити у ћелију и настаће супротан процес – деплазмолиза. Снага усисавања ћелије (осмотска моћ) зависи од концентрације ћелијског сока и од тургора. Осмотска вредност ћелијског сока варира код сувоzemних биљака најчешће од 5–10 бара, код водених је много мања, док код биљака које живе на заслањеним земљиштима-слатинама (халофите) та вредност може бити и до 100 бара јер је у њиховом соку велика концентрација соли. Биљке су способне да регулишу концентрацију ћелијског сока (најчешће трансформацијом шећера у скроб и обрнуто). Ово је нарочито важно при регулацији транспирације у стоминим ћелијама.

Усвајање воде врши се кореном и листовима. Корен је основни орган за усвајање воде код сувоzemних биљака. Вода се усваја зоном коренових длака и зоном издуживања корена. Биљке лако могу да усвоје воду која се у

налази у већим или мањим шупљинама земљишта, везана слабијим силама, као што је гравитациона (оцедљива) вода или капиларна вода која испуњава уске просторе између честица земљишта. Вода која је јачим силама везана за земљишне честица (хигроскопна, опнена или хемијски везана) има мањи значај за биљке јер је готово неприступачна. За биљке је најдрагоценија вода која се налази у капиларима земљишта јер се најдуже задржава, за разлику од оцедљиве воде која се брзо пропушта у ниже зоне, нарочито код земљишта лакшег механичког састава као што су песковита земљишта. Коренове длаке примају воду осмозом. На место упијене воде доспева нова количина тако да биљка може да користи воду из врло удаљених делова земљишта на коме расте. Ако нека зона земљишта остане без воде, коренске длаке ту постепено одумиру а интензивније се развијају на местима где има воде. На усвајање воде кореном утичу унутрашњи и спољашњи чиниоци. Од унутрашњих су најважнији, морфолошко-анатомске карактеристике и величина корена, присуство микоризе, особине листова и др. Спољашњи чиниоци су: количина приступачне воде у земљишту, концентрација и врста минералних материја земљишног раствора, температура земљишта и аерација. Биљке боље усвајају воду када је већа температура земљишта, количина воде и кисеоника а мања концентрација минералних материја.



Слика 46. Плазмолиза код биљне ћелије: 1 ћелија у води, 2 ћелија у концентрованом раствору–почетак плазмолизе, 3 потпуна плазмолиза, 4 ћелија у води–деплазмолиза.

Усвајање воде преко листа може да се врши преко кутикуле и стоминих отвора. Молекули воде у биљку улазе из ваздуха или са површине листа. Количина овако усвојене воде је до 25% од укупне воде која доспе на лист, а може се спровести све до корена. Способност биљака да усвајају воду преко листа значајна је код тзв. фолијарног прихрањивања јер на овај начин биљке могу врло брзо да усвоје растворене минералне материје што је важно код појаве дефицита појединих макро и микроелемената.

Провођење воде

Кретање воде кроз биљку врши се на два начина: ван судова, од ћелије до ћелије (осмозом) и кроз проводне судове (васкуларно). Првим начином вода се проводи у корену, у зони коренских длака, кроз кору корена све до централног цилиндра где се налазе судови, као и у листу од завршетка лисних нерава кроз лисни паренхим. Веома мали део воде пролази из ћелије у ћелију кроз протоплазму већ се провођење врши кроз међућелијске просторе (апопласт) и ћелијски зид, што је много бржи пут. Провођење воде кроз проводне судове (трахеје и трахеиде) врши се од ксилема корена, кроз стабло до врха биљке. Тај пут може бити веома дуг, код неких врста дрвећа и преко 100 метара. Главна покретачка сила кретања воде кроз биљку је транспирација. При испаравању воде из листа ствара се дефицит воде који се преноси кроз ксилем све до корена услед чега он усваја нове количине воде из земљишта. Молекули воде у проводним судовима чврсто су повезани кохезионим силама међусобно као и за зидове судова силом адхезије, тако да су водене нити у њима чврсте и тешко се могу раскинути. Оне су најчвршће средином дана када је транспирација обично најјача. Код провођења воде важну улогу има и коренов притисак.

Одавање воде

Обавља се у виду водене паре тј. транспирацијом или у виду течности –гутацијом и сузењем.

Транспирација је најзначајнији вид одавања воде код биљака у нашим климатским условима а може се обављати кроз стомине отворе, што је најчешће, али и кроз лентицеле, перидерм или преко кутикуле. Транспиришу још и плодови, семе тј. сви делови биљке.

Количина воде која испари кроз стоме веома је велика у односу на површину стоминих отвора која износи свега око 1–3% од укупне површине листа. Ово стога што је брзина испаравања вишеструко већа кроз мале отворе као што су стоме. Значајно је да биљке могу да регулишу отварање и затварање стома променом тургора у ћелијама затварачицама које окружују стомин отвор. Засићеност водом и повећање тургора условљава отварање, док дефицит воде уз смањење тургора доводи до затварања стома. Тургор се најчешће повећава претварањем скроба (осмотски неактивне материје) у шећер (осмотски активну), променом концентрације соли и др. У механизам отварања и затварања стома, који је врло сложен, укључени су још и бројни чиниоци као што су светлост, температура, повећање количине хормона абсцисинске киселине (АБА) и др.

Поред тога што обезбеђује кретање воде и минералних материја кроз биљку, транспирација је значајна јер штити биљку од прекомерног загревања.

Најважнији показатељи транспирације су: интензитет транспирације (количина одате воде у јединици времена са јединице површине листа) и коефицијенат транспирације (количина одате воде при синтези 1 грама суве материје у биљци).

Спољашњи чиниоци који утичу на транспирацију су: светлост, атмосферски притисак, концентрација угљендиоксида, температура, концентрација земљишног раствора, влажност ваздуха, влажност земљишта, минерална исхрана, струјање ваздуха.

Светлост има највећи утицај на транспирацију јер су стоме осетљиве на светлост која такође даје и енергију за испаравање. Стоме се отварају ујутро а преко ноћи су затворене, при чему велики број чинилаца утиче на њихово покретање.

При смањењу атмосферског притиска повећава се интензитет транспирације јер је дифузија водене паре са површине листа тада већа.

Концентрација CO_2 делује на покрете стоминих ћелија тако што повећање концентрације овог гаса затвара а смањење концентрације отвара стоме.

Температура утиче пре свега на брзину отварања стома и то тако што повећање убрзава отварање стома да би се спречило претерано загревање биљке. Ниске температуре могу да доведу и до сталног затварања стома а веома високе до потпуног отварања, тако да је биљка потпуно незаштићена од прекомерног губитка воде.

Повећање концентрације земљишног раствора утиче на смањење транспирације јер се смањује и усвајање воде кореном.

Влажност ваздуха битан је чинилац. Ако је влажност велика, транспирација је мала али постоји чак и у атмосфери zasiћеној воденом паром јер је притисак воде у листу увек већи.

На транспирацију још утиче и минерална исхрана тако што добра обезбеђеност биљака неопходним елементима доводи до бољег економисања водом у биљци тј. њеног мањег губљења.

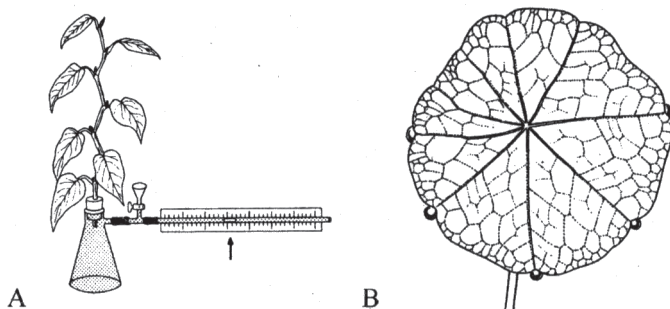
Један од најзначајнијих чинилаца је струјање ваздуха или ветар који односећи молекуле воде са површине листа повећава транспирацију. Највећи учинак у том смислу има сув и топао ветар. Међутим, ако је брзина ветра изузетно велика, стоме се могу затворити услед смањене количине воде, механичког дејства ветра и повећане синтезе абсцисинске киселине.

Постоје метерије које се користе за смањење транспирације и називају се антитранспиранти. То могу бити материје које утичу на затварање стома метаболичким путем (хормони, већа концентрација CO_2 пестициди ...) или оне које стварају заштитни слој на листу (виши алкохоли, смоле, воскови ...). Употребљавају се при пресађивању биљака, нарочито четинара, да се избегне исушивање после вађења биљке из расадника до садње на стално место, као

и у периоду после пресадње када се листови брже регенеришу од корена, при чувању и складиштењу плодова, семена, луковица, кртола, ризома и сл.

Одавање воде се може вршити још и гутацијом и сузењем. Ови видови одавања воде у нашим условима дешавају се ређе и то када је велика влага и температура земљишта и ваздуха, најчешће у пролеће.

Слика 47. А. Мерење транспирације потометром. Количина одате воде мери се померањем мехурића у градуисаној капилари; В. Гутација – одавање воде у виду капљица на ободу листа



Гутација подразумева одавање воде у виду капљица из специјализованих стома (хидатоде) које се налазе најчешће по ободу листа. Дешава се када је велика влажност и топлота земљишта па биљка усваја пуно воде а ваздух је пун влаге тако да је транспирација онемогућена. У тропским условима ово је главни вид одавања воде. У гутационом соку растворене су минералне материје, органске киселине, шећери и др.

Сузење (плач биљака) представља излучивање воде у виду течности из повређеног дела биљке. Значајну улогу при овоме има коренов притисак. Овај вид одавања воде може се уочити на одрезаним гранама или механичкој повреди на стаблу, рано у пролеће када је земљиште влажно и топло. Сок сузења је по саставу сличан али гушћи од сока гутације. Количина овако излучене воде може бити веома велика и по неколико литара за 1 час (бреза, шећерни јавор и др.).

Садржај воде у биљкама мења се у зависности од врсте, органа, ткива, старости, доба дана и године и низа еколошких чинилаца.

Младо ткиво и меристеми имају већи садржај воде од диференцираних ткива. Најмањи садржај воде је средином дана а највећи одмах после поноћи. Код вишегодишњих дрвенастих биљака садржај воде највећи је у пролеће, пре појаве листа, у току лета се смањује а најмањи је у јесен. Са старашћу мења се не само укупни садржај воде у биљци већ и тип воде. Наиме, смањује се удео слободне воде (у вакуоли) а повећава удео везане воде (у цитоплазми).

Добра обезбеђеност биљака водом у великој мери омогућује оптимални интензитет фотосинтезе јер дифузија CO_2 кроз стоме зависи од тургора ћелија затварачица. Фотосинтеза се најинтензивније обавља у преподневним часовима када су стоме највише отворене а истовремено хлоропласти ослобођени асимилата који су одведени током ноћи.

У односу на захтеве тј. потребе за водом биљке су класификоване у више група.

Хидрофите су биљке које живе у води. Имају активно усвајање воде свим органима, слабо развијен корен и специфичне физиолошке процесе.

Хигрофите се налазе у условима обилне влаге и честог плављења. Прилагођене су оваквим условима тако што користе растворен кисеоник у води, неке могу да врше анаеробно дисање у корену, образују ткиво за акумулацију ваздуха или формирају тзв. „ваздушно корење“ којим усвајају ваздух изнад површине. У ову групу спадају врбе, тополе, јова, таксодијум и друге.

Мезофите су биљке којима не одговара ни превише влажно ни суво земљиште, не могу да поднесу ни плављење ни сушу. Такве су буква, јавори, смрча, јела и сл.

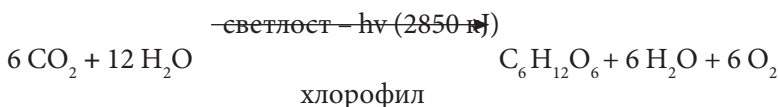
Ксерофите су биљке које могу да успевају на веома сушним стаништима. Могу бити склерофите и сукуленте. Склерофите имају кожасте листове, јак епидермис и кутикулу, длаке на површини листа и слично. Стоме су им ситније и бројније а лисни нерви гушћи. Сукуленте имају веома задебљало, меснато стабло (кактуси) или листове (агаве, млечике) у којима акумулирају воду. Код кактуса су листови преображени у бодље а стабло врши фотосинтезу. Сукуленте имају разгранат површински корен. Њихов механизам дисања и фотосинтезе је специфичан. Неке ксерофите формирају веома дубок корен којим могу да дођу до воде у дубоким слојевима, друге прелазе у стање потпуног мировања као лишејеви, маховине, неке зељасте биљке (род *Rhamonda*), а поједине биљке имају способност да смање површину својих листова тако што их спирално увијају и сл.

ФОТОСИНТЕЗА

Фотосинтеза је сложен фото–биохемијски процес у коме зелене биљке из неорганских компоненти – воде и угљендиоксида, уз помоћ енергије светлости, стварају органске материје – шећере. Ове биљке су због тога аутотрофни организми јер саме обезбеђују своју храну.

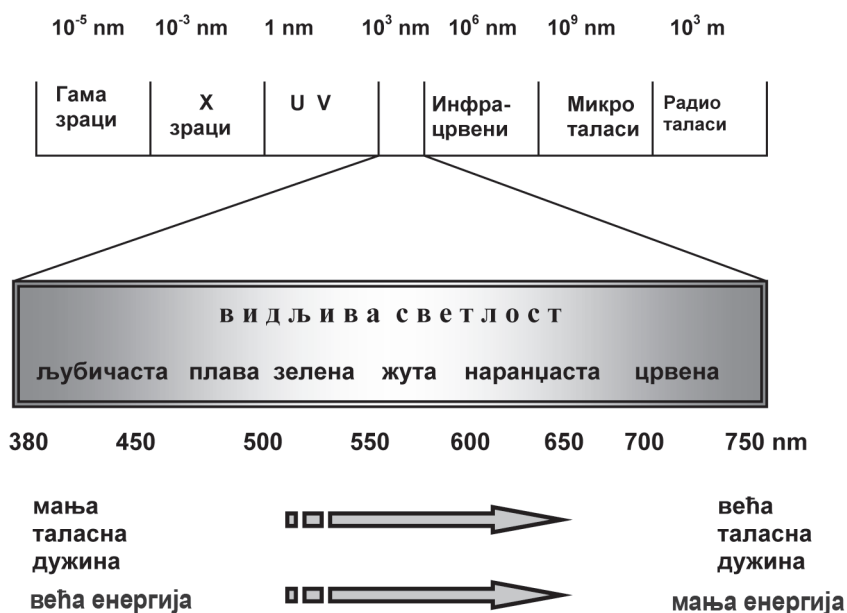
Зелене биљке захваљујући фотосинтези продукују велике количине органске материје и кисеоника па на тај начин обезбеђују опстанак свим осталим живим организмима који на тај начин имају хетеротрофни начин исхране.

Општа једначина гласи :



Светлост и фотосинтеза

У процесу фотосинтезе се енергија светлости преводи у енергију хемијских веза. Светлост је сложена из таласа различитих таласних дужина. Највећи део сунчеве радијације припада инфрацрвеном (топлотном), затим видљивом и најмање ултраљубичастом (хемијском) делу спектра. Биљке за фотосинтезу користе видљиви део светлосног спектра, од 390 до 750 нанометара. Светлост је састављена од специфичних честица – фотона који носе одређену количину енергије – квант а чија величина зависи од таласне дужине светлости. Ова енергија, када је апсорбују пигменти, изазива фотохемијске реакције које су најјаче при зрацима кратких таласа који носе највећу енергију кванта. Енергија за фотосинтезу може се добити и из вештачких извора као што су фитолампе. Скоро половина сунчевог зрачења не доспева на земљу јер се одбије од облаке или бива дифузно распршена на молекулима ваздуха, капљицама воде, честицама прашине... Интензитет сунчеве радијације зависи од низа чинилаца, надморске висине (на високим планинама је већа), облачности, положаја, оријентације у односу на страну света (јужне експозиције више су осветљене од северних) и сл.



Слика 48. Спектрални састав видљивесунчеве светлости

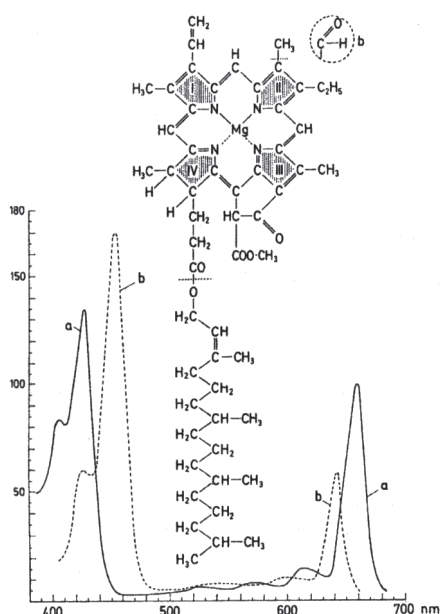
ФОТОСИНТЕТИЧКИ ПИГМЕНТИ

Ове пигменте чине најчешће хлорофили, каротени и ксантофили. Стварају се у оргanelама – пластидима којих највише има у листу и то у палисадном и сунђерастом ткиву која чине фотосинтетичко ткиво.

Хлорофили – зелени пигменти су највише заступљени, има их око 10 различитих врста. Код виших биљака присутни су хлорофили **a** и **b**, док код нижих постоји још неколико врста. Хлорофили су естри дикарбонске киселине хлорофилина. Њихова биосинтеза је сложена. Ови пигменти су увек везани за протеински носач а смештени су на мембранама хлоропласта. Количински однос хлорофила а и б је најчешће 3:1 а највише зависи од количине

приступачне светлости и особина биљке. Хлорофили апсорбују црвену и плаву светлост које су активне у фотосинтези док се остали део спектра пропушта или одбија.

Каротеноиди представљају заједнички назив за каротене, наранџасто-црвене и ксантофиле, жуте пигменте који су помоћни пигменти. Ови пигменти су у листу обично маскирани хлорофилима којих најчешће има највише, а постају видљиви у јесен када се зелени пигменти код листопадних врста први разарају у листу па он добија жуту, црвенкасту или смеђу боју. Њихова функција у процесу фотосинтезе састоји се у прикупљању енергије и преноса до молекула хлорофила који представља центар фотосинтетичке реакције. Они могу да апсорбују и



Слика 49. Структура и апсорпциони спектри молекула хлорофила а и б

светлост из љубичастиог дела спектра.

Механизам и хемизам фотосинтезе

Процес фотосинтезе састоји се из две основне фазе – светле и тамне. У светлој фази се апсорбована светлосна енергија претвара у енергију хемијских веза аденозинтрифосфата (АТФ) и ослобађа се кисеоник. У тамној фази се

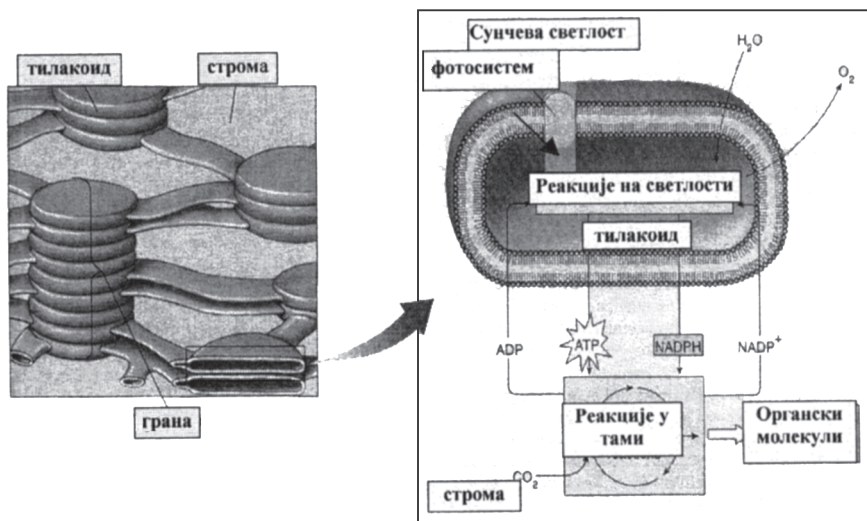
угљеник из CO_2 уграђује у шећер. Након тога се на рачун простих шећера из фотосинтезе синтетишу многе сложеније материје.

Светла фаза фотосинтезе

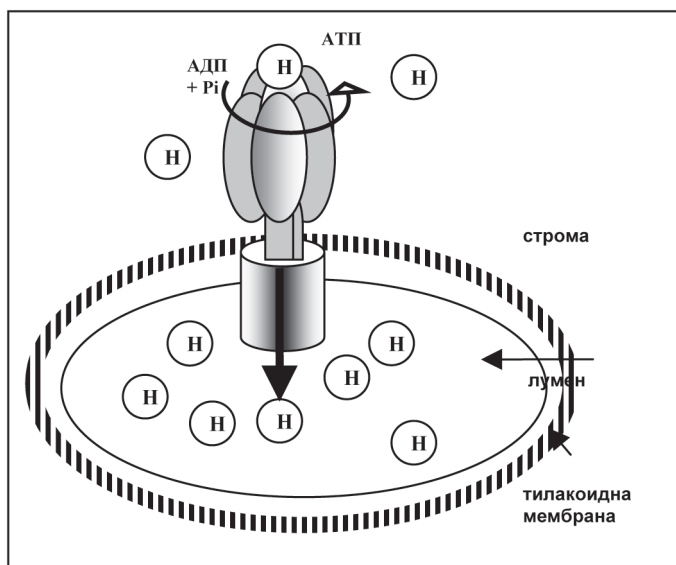
Дешава се само у присуству светлости, одвија се на мембранама хлоропласта где се налазе пигменти који апсорбују светлост. Траје веома кратко, 10^{-9} до 10^{-14} секунди а састоји се из неколико етапа.

- Апсорпција светлости. Светлост која падне на лист се делом одбија, делом апсорбује а делом пропушта у ниже слојеве. Да би се апсорбовао 1 квант светлосне енергије потребно је да у њеном прикупљању учествује око 300 молекула хлорофила (фотосинтетичка јединица) а за издвајање једног молекула кисеоника потребно је 8 кванта или ангажовање око 2 500 молекула хлорофила, што чини хлорофилну јединицу.
- Узбуђивање (ексцитација) молекула хлорофила. Прикупљена енергија се преноси до једног молекула хлорофила који представља тзв. реакциони центар а чини га дуготаласна (700 nm) или краткоталасна (680 nm) форма молекула хлорофила а. Дакле, постоје две форме реакционог центра (фотосистеми I и II). Молекул хлорофила због примљене енергије прелази у побуђено (ексцитирано) стање.
- Транспортни пут електрона. Примљена енергија ексцитираног молекула хлорофила из реакционог центра предаје се једном или два електрона који прелазе са основног на виши енергетски ниво и потом напуштају молекул и долазе до примарног акцептора електрона тј. једињења које може да прими електрон. При овоме хлорофил се оксидује и постаје позитивно наелектрисан а акцептор електрона се редукује и постаје негативно наелектрисан. Ово је један оксидоредукциони процес у фотосинтези. Крећући се по тзв. електротранспортном ланцу у мембранама хлоропласта они предају своју енергију низу једињења који се називају преносиоци електрона. Ови електрони се након тога могу вратити у молекул хлорофила из кога су пошли, тај пут се назива циклични транспорт електрона, или се они ангажују у хемијским реакцијама, предају коензиму NADP (никотинамид-аденин-динуклеотид фосфат), а у молекул се враћају електрони из ОН групе из воде, па се овај пут назива нециклични транспорт електрона.
- Фотосинтетичка фосфорилација је процес у коме се енергија коју су предали електрони преобраћа у енергију хемијских веза молекула АТФ који се касније користе у тамној фази за редукционе процесе. Фотосинтетичка фосфорилација представља везивање неорганског фосфора за ADP (аденозин дифосфат) уз помоћ фермента атепазе и синтеза АТФ. Везана је за фотосистеме тј. електрон-транспортни ланац па стога може бити циклична и нециклична.

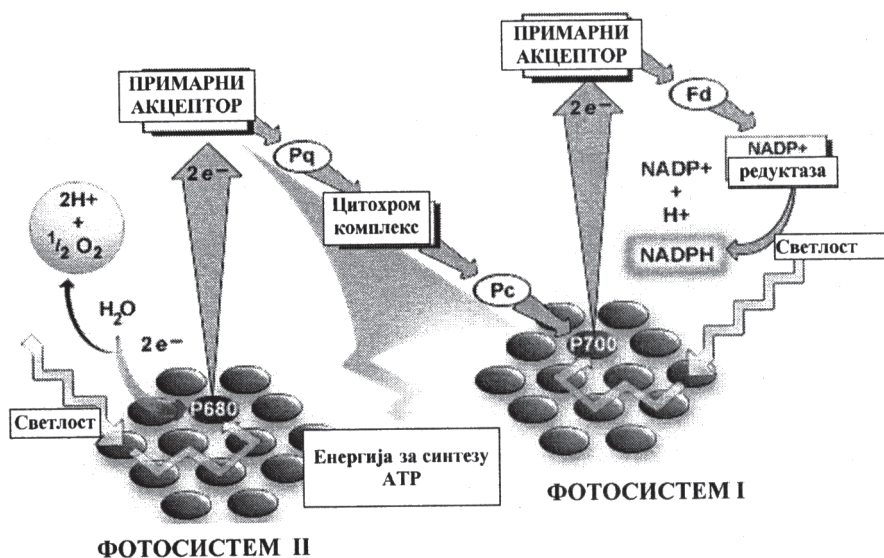
- Фотооксидација воде је процес разлагања воде уз помоћ енергије светлости при чему се издваја кисеоник који се ослобађа у атмосферу. Овај процес везан је за нециклични електротранспортни ланац. Дешава се на рачун енергије која се ствара због разлике у наелектрисању између мембране и строме хлоропласта а која се ствара због преношења и нагомилавања водоникових јона, (H^+ , протон).



Слика 50. Фотосинтетске реакције у хлоропласту



Слика 51. Синтеза АТП



Слика 52. Светла фаза фотосинтезе

Тамна фаза фотосинтезе

Ова фаза се дешава у строми хлоропласта, траје много дуже од светле и за њу није потребна светлост. Обухвата метаболизам угљеника и то кроз низ биохемијских реакција у којима се угљеник уграђује у шећер а касније се од њих образује скроб и друга сложена једињења.

- Апсорпција CO_2 и дифузија у хлоропласт. Угљендиоксид из атмосфере дифундује кроз стоме где се на влажним зидовима ћелија стомине дупље раствара и доспева у хлоропласт.
- Карбоксилација је везивање CO_2 за акцептор рибулозабифосфат (RuBP). Настаје једињење са шест угљеникових атома које је нестабилно и распада се на два молекула ФГК (фосфоглицеринска киселина).
- Редукцијом ФГК уз помоћ енергије из светле фазе добијају се два молекула ФГА (фосфоглицериналдехид).
- Регенерација рибулозабифосфата. Од синтетисаног ФГА се стварају шећери хексозе и акцептор угљендиоксида RuBP.

Да би се синтетисао један молекул хексозе фруктозе потребно је да се циклус понови 6 пута да би се везало 6 угљеникових атома јер се у сваком циклусу веже по један молекул.

Добијени шећери се користе за даљу синтезу сложенијих једињења, угљених хидрата, скроба, целулозе, масти, уља, пигмената, и др. Ова органска једињења

биљке користе за растење и образовање резервних материја као и за добијање енергије у процесу дисања.

Транспорт продуката фотосинтезе

Материје синтетисане у процесу фотосинтезе у листу преносе се у остале делове биљке и то кроз флоем. Продукти фотосинтезе, угљени хидрати се транспортују највише у облику сахарозе. Растворена сахароза се активним транспортом убацује у ситасте цеви из мезофила листа. Повећана концентрација у ситастим цевима доводи до улажења воде и појаве хидростатичког притиска који обезбеђује кретање растворених органских материја. Највећи део се преноси наниже у стабло, корен и друге делове (кртоле, луковице, ризоме) а мањи део навише у апикални део, пупољке. Ове материје се троше на различите метаболитичке процесе а на њихово место доспевају нове из листова, тако да се стално врши транспорт.

- **Показатељи фотосинтезе** су: интензитет фотосинтезе који се дефинише као количина усвојеног CO_2 на јединици површине листа у јединици времена, и продуктивност фотосинтезе који означава количину синтетисане органске материје по јединици лисне површине за одређено време.
- **Чиниоци који утичу на фотосинтезу** су: концентрација угљендиоксида, светлост, температура, садржај воде у листу, минерална исхрана, садржај хлорофила, положај листова, особине врсте или таксона итд.

Светлост утиче на фотосинтезу својим интензитетом и квалитетом. Спектрални састав сунчеве светлости мења се у току дана у природи у зависности од угла под којим зраци падају на површину Земље. Због тога је важна оријентација редова биљака према странама света, посебно на падинама и засадима вишегодишњих биљка, тј. најбољи је правац редова нпр. код плантажа, север – југ јер ће у том случају стабла бити најбоље изложена светлости.

Интензитет фотосинтезе највећи је у области црвеног и плавог дела спектра. Спектрални састав светлости утиче и на метаболизам. Утврђено је да се при црвеном делу спектра образују више шећерни естри и скроб а у плавом слободне аминокиселине и протеини

Интензитет фотосинтезе зависи и од јачине светлости, при чему хелиофите боље искоришћавају светлост при њеном јачем интензитету а скиофите при слабијем. У густом шумском склопу приземне биљке могу опстати и при веома малом интензитету светлости.

Количина светлости при којој је количина усвојеног CO_2 у процесу фотосинтезе једнака количини издвојеног CO_2 у процесу дисања представља тзв. компензациону тачку светлости. Она је код скиофита нижа, тј. оне су

способне да при малом интензитету светлости имају добру фотосинтетску продукцију, док хелиофите боље користе светлост јачег интензитета.

Вегетација такође утиче на светлосни режим станишта, при чему највећи утицај има шума где се често светлост своди само на дифузну. Утицај вегетације на светлост највећи је у шумским заједницама које смањују како директну тако и дифузну радијацију. Количина светлости зависи и од доба године код листопадног дрвећа, нарочито код тамних шума (букових и сл.). Разлике постоје и у квалитету светлости. Директна светлост садржи највише инфрацрвеног зрачења које загрева биљку, док дифузна светлост има више ултраљубичастог зрачења које биљке апсорбују. Интензитет инфрацрвеног зрачења умногоме зависи од степена облачности, количине водене паре и капљица у ваздуху и др. Ултаљубичасто зрачење има већи биолошки значај иако чини само 1% од укупне сунчеве радијације. Највише га има у високопланинским областима.

Станишта на којима расту биљке веома се разликују у погледу интензитета светлости па су биљке различито прилагођене. Тако хелиофитне биљке могу да се развијају само при пуној дневној светлости, скиофите у сенци тј. у условима слабе осветљености док полускиофите успевају најбоље при већој осветљености али добро подносе и делимичну засену. Сматра се да скиофитим биљкама уствари не смета велика количина светлости већ углавном мања количина влаге и јача транспирација на местима веће инсолације. Минимална или максимална вредност интензитета светлости при којој биљка може опстати зависи умногоме од других еколошких фактора. Тако у повољним еколошким условима, нпр. богатијем земљишту, при оптималној температури и влази, минимум је мањи.

При повећању температуре интензивира се процес фотосинтезе али само до одређене границе а затим опада при чему се дисање тј. разлагање органске материје, повећава. При томе се штетне материје нагомилавају, као што је амонијак при разградњи беланчевина. Високе температуре доводе до деструкције ензима.

ДИСАЊЕ

То је процес у коме се сложене органске материје (угљени хидрати, липиди, протеини...) разлажу на неорганске компоненте (угљендиоксид и воду) уз трансформацију енергије. Дисање се може представити општом једначином:



Овај процес је ступњевит и обухвата неколико фаза.

- Прва фаза је разлагање сложених једињења на простије компоненте уз учешће специфичних ензима и то сложених угљених хидрата на моносахариде, липида на масне киселине и глицерин а протеина на аминокиселине.

- Гликолиза – друга фаза. Пут даљег разлагања угљених хидрата тј. моносахарида је гликолитичким путем до пирогрођане киселине преко низа реакција уз учешће великог броја ензима. Гликолиза се одвија у цитоплазми уз учешће кисеоника или без њега (врење). Овде се синтетише укупно 4 молекула АТФ при чему се 2 утроше на фосфорилацију глукозе.
- Кребсов циклус је наредна, трећа фаза, која се одвија у митохондријама и назива се још и циклус лимунске киселине јер је ова киселина први продукт. Пирогрођана киселина се оксидује у потпуности до CO_2 и H_2O , преко трансформација низа киселина, при чему се издваја 36 молекула АТФ.
- Оксидативна фосфорилација је основни пут преношења и накопљања енергије дисања. То је синтеза једињења богатих енергијом који лако везују али и распадањем отпуштају енергију потребну за велики број физиолошких и биохемијских процеса. Енергија која се ослободи оксидацијом органских једињења у процу дисања чува се у облику АТФ-а и $\text{NADH}+\text{H}$. Мембране митохондрија садрже преносиоце електрона који се крећу по електронтранспортном ланцу. Електрон се преноси до кисеоника који се редукује при чему се ствара вода.

Низ органских киселина које настају у Кребсовом циклусу служе за синтезу аминокиселина и протеина.

Показатељи дисања су:

- а) коефицијент дисања је однос између издвојеног CO_2 и усвојеног O_2 , који за глукозу износи 1, за масти 0,7 итд.
- б) интензитет дисања је количина усвојеног кисеоника или издвојеног угљендиоксида у јединици времена за одређену масу биљног материјала. Различит је за различите биљне врсте, органе или ткива. Највећи је интензитет дисања код најмлађих биљних органа или ткива (клица и семе које клија).

На дисање утиче низ чинилаца као: температура, светлост, угљендиоксид, кисеоник, минерални елементи и др.

Од укупне количине органске материје која се створи у процесу фотосинтезе у дисању се разгради у просеку мање од 10%.

Неким неповољним чиниоцима (екстремне температуре, аерозагађење, суша, болести и сл.) дисање се може интензивирати при чему биљка губи виталност, слабије расте а може и да угине.

МИНЕРАЛНА ИСХРАНА

Ова област физиологије биљака бави се проучавањем улоге и функција појединих минералних елемената у животним процесима биљака у току развића.

Коришћење ђубрива у производњи биљака омогућава добијање квалитетнијих и виталнијих јединки за краћи временски период. Неопходно је непрекидно пратити раст и развој биљака да би се благовремено уочили евентуални симптоми недостатка појединих елемената који се најчешће јављају на листовима или четинама, обично у виду недостатка хлорофила (хлороза) али и у виду деформација и оштећења на цветовима, плодовима...

Основне функције минералних елемената

Минерални елементи имају више значајних и различитих функција: у изградњи важних градивних материја, као катализатори различитих реакција у оквиру ензима, осмотски су регулатори и регулатори мембранске пропусљивости, чиниоци пуферних система и др.

Садржај елемената у биљкама

Сува биљна материја садржи у просеку око 45% угљеника, 42% кисеоника, 6,5% водоника, 1,5% азота, и 1–5% минералних материја. Заступљеност појединих минералних елемената у биљним ткивима и органима зависи од низа унутрашњих (генотип, фаза развића, и др.) и спољашњих (концентрација земљишног раствора, реакција, и др.) чиниоца.

Минерални елементи могу бити неопходни, корисни и остали.

Неопходни или основни су они без којих биљка не може нормално да расте, да се развија и да заврши свој животни циклус. То су најчешће C, H, O, N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo и Co.

Корисни (стимулативни) елементи су они без којих биљка може нормално да заврши свој животни циклус али њихово присуство позитивно утиче на раст и развиће. То су најчешће Na, Si, Al, Cl и др.

Остали елементи у нормалним концентрацијама не утичу видно на раст и развиће али ако се нађу у вишку могу да делују токсично, на пример, Pb, Hg, Cd, Cr, Zn и др.

У односу на количину у којој су заступљени у биљкама елементи могу бити макроелементи–заступљени су од 10^{-1} до 10^{-2} % од биљне материје, микроелементи од 10^{-3} до 10^{-5} % и ултрамикроелементи од 10^{-6} до 10^{-12} % биљне масе.

Многи елементи које биљка усваја у малим количинама су неопходни. Сви неопходни елементи морају бити заступљени у одговарајућој концентрацији у супстрату да би биљка могла да их усвоји у довољној количини. Уколико је концентрација неких елемената превелика, може доћи до штетног деловања. Биљке минералне елементе усвајају углавном у облику наелектрисаних

честица-јона, најчешће кореном и то коренским длакама које су у тесној вези са честицама супстрата око којих је обично у виду опне везана вода са минералима. Неки су пак растворени у води између земљишних честица. Биљке такође могу да усвајају воду и минералне материје преко листа (фолијарно).

Усвајање минералних материја

Јони које биљке усвајају растворене у земљишту или супстрату за гајење лако пролазе кроз порозни ћелијски зид, док мембрана протоплазме неке лакше а друге теже пропушта. За неке материје као што су вода, кисеоник и угљендиоксид, мембрана је пропустљива и ако је њихова концентрација у спољашњем раствору већа, оне се усвајају једноставно дифузијом тј. пасивним транспортом. Јони, наелектрисане честице, не могу лако да прођу кроз мембрану па их преносе специјални протеини који су саставна компонента ћелијске мембране. Они везују јон на једној страни мембране и преносе до друге стране тако што га пропуштају кроз специјални отвор. За ово је потребна енергија која се добија разлагањем молекула АТР. Овај процес се назива активни транспорт. На овај начин је могуће усвајање јона и у случају када је концентрација у спољашњем раствору мања, захваљујући коришћењу енергије и специјалних преносиоца који су специфични за поједине јоне. Усвојени јони преко корена се крећу до проводних елемената, трахеја и трахеида и даље до свих делова биљног организма.

РАСТЕЊЕ И РАЗВИЋЕ

Растење и развиће су различити процеси који теку упоредо и практично се не могу одвојити.

Растење

Обухвата процесе који доводе до повећања волумена и броја ћелија, ткива, органа и коначно целе биљке.

Код вишећелијских организама нове ћелије се образују у одређеним зонама раста тј. творним или меристемским ткивима. Овде се ћелије непрестално деле, проширују и продужују а затим диференцирају образујући нова ткива са специфичним морфоанатомским карактеристикама и специјализованим функцијама.

Брзина растења мења се у току развића тако што је у почетку мања а затим се повећава да би после периода зрелости била знатно мања. Може се измерити на основу повећања димензија појединих органа или ткива као и тежине прираста органске материје и сл.

Биљни хормони и физиолошки активне материје

Растење је резултат великог броја различитих физиолошко–биохемијских процеса који се дешавају у организму биљке. На ове процесе директно утичу спољашњи чиниоци али и бројни унутрашњи као што су специфичне материје које биљка сама ствара а које регулишу све процесе раста и развића.

Биљни хормони (фитохормони) су материје које у малим количинама регулишу физиолошке процесе. Они се премештају од места настанка до места деловања. Могу бити стимулатори и инхибитори при чему је неопходно избалансирано деловање и једних и других да би се животни процеси одвијали складно. Биљка стално регулише ниво појединих хормона.

Ауксини су најпознатији хормони који стимулишу раст. Настају у вегетационим врховима стабла и корена, младим листовима и плодовима и могу да се транспортују до других делова биљке. Утичу на растење ћелија повећавајући еластичност ћелијског зида, на раст корена, сазревање плодова, покрете појединих органа, апикалну доминацију и др.

Гиберелини су биљни хормони који убрзавају раст, доводе до издуживања листова и интернодија, утичу на цветање и др. Биљке патуљастог раста третиране гиберелином добијају нормалан изглед.

Цитокинини су хормони који стимулишу ћелијску деобу (цитокинеза) а такође регулишу и друге процесе. Делују у меристемима и камбијуму али могу довести до деобе ћелија и у ткивима са диференцираним ћелијама (дедиференцијација).

Апсциснска киселина је хормон који делује инхибиторно на многе процесе, регулишући их. Омогућује опадање лишћа, цветова и плодова (апсцисија), регулише затварање стома смањујући транспирацију и фотосинтезу, утиче на процес старења и др. Назива се још и хормон стреса јер се у условима негативног деловања неког спољашњег чиниоца његова синтеза нагло повећава.

Гасови – етилен и други, делују као регулатори раста тако што убрзавају сазревање плодова, појачано дисање и др.

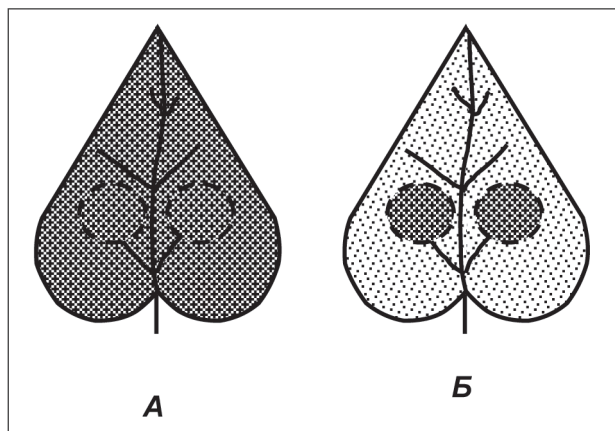
Витамини су органске материје које се синтетишу у биљкама и у малим количинама делују повољно на функције организма.

Примена физиолошки активних материја

Ове материје имају широку практичну примену било да су добијене природним путем, из биљака, или су вештачки синтетисане. Дејство им је слично. Користе се за: стимулисање раста и продукције биомасе, боље и брже оживљавање резница, брже сазревање плодова и семена, добијање плодова без

семена (партенокарпија), спречавање опадања цветова и плодова, убрзавање појаве цветова и сазревање плодова, спречавање клијања семена ради дужег чувања, скраћење и прекидање периода мировања семена и плодова, за уништавање корова (хербициди), за спречавање транспирације итд.

Примена биљних хормона нашла је значајно место нарочито у култури ћелија и ткива која представља савремену методу за вегетативно умножавање биљака.



Слика 53. Деловање цитокинина на успоравање старења на третираним кружним деловима листа

Култура ћелије и ткива

То је низ поступака којима се из само једне или више ћелија добија нова биљка. Чињеница да свака диплоидна ћелија виших биљака поседује исте наследне информације тј. својство тотипотентности као и способност да се и диференциране ћелије могу дедиференцирати и делити (реституција), чини основу културе ћелије и ткива.

У зависности од тога који се део гаји у култури (*in vitro*) разликује се: култура ћелије, меристема, калуса, антера, соматска ембриогенеза и органогенеза, култура зиготног ембриона, култура протопласта и др.

Поступак при добијању клона неке биљке у „*in vitro*“ условима састоји се из три основне фазе: постављање културе, умножавање и припрема за пренос у земљиште.

Предност ове методе над другим класичним методама је да се омогућава знатно брже добијање великог броја униформних биљака које су ослобођене патогена. Код врста код којих плодношење почиње тек после дужег низа година омогућава много ранији почетак репродуктивне фазе.

Метод културе ћелија и ткива нашао је данас веома широку примену у низу области које користе биљну производњу, највише у цвећарству, повртарству, воћарству али и шумарству и хортикултури, фармацији и др. Најлакше је у култури гајење зељастих биљака а много теже дрвенастих.

У новије време велика се пажња поклања и очувању генофонда путем биљних ћелија, ткива и органа у „in vitro“ условима. При краткотрајном чувању генотип се може чувати на хранљивој подлози на температури 2–10 °C, са повременим преношењем на нову подлогу, а при дуготрајном чувању на врло ниској температури (–196 °C) у течном азоту. После одмрзавања узорака, могуће их је умножити помоћу културе ткива.

Физиологија семена

Семе је орган којим биљка обезбеђује наставак врсте. Због тога је оно прилагођено да може да регулише када и под којим условима спољашње средине ће да проклија. Свако семе садржи омотач (семењачу), клицу (ембрион) и ткиво за складиштење резервних материја (ендосперм код монокотила и котиледони код дикотила). Семе мирује док се не стекну повољни услови влаге, температуре и кисеоника. При клијању семе које је обично врло суво упија велике количине воде бубрењем (имбибиција) при чему се активирају ензими који разлажу резервне органске материје које служе за добијање енергије и нових једињења за раст клице. Када клица пробије семењачу почиње раст нове биљке, клијавца. Ако котиледони остају под земљом то је тип хипогеичног клијања а ако се појаве изнад земље онда се такво клијање назива епигеично.

Неке биљке ипак имају семе које не клија и када су сви спољашњи услови задовољени већ су им потребни додатни чиниоци. Та се појава назива дормантност и представља вид адаптације да би се обезбедило клијање у право време. Тако неке биљке имају инхибиторне материје у семењачи које омогућују да семе може да клија само у условима обилне влаге која испира ове материје. То је случај са биљкама у веома сушним пределима којима је потребно доста воде да се развију и заврше свој животни циклус.

Неке биљке захтевају период ниских температура да би семе почело да клија. Другима је неопходно да семе буде осветљено да би клијало (фотобластично семе) јер је ситно, обично има мало резервних материја па је неопходно да одмах након клијања почне да врши фотосинтезу и производњу сопствене хране. Постоји велики број различитих типова дормантности који се у пракси могу избећи предственим третманима и тако обезбедити брже клијање дормантног семена.

Корелације

То је појава да сви биљни органи и њихови делови у току раста стоје у одређеном хармоничном односу који условљава складност целе биљке. Захваљујући томе свака биљка има форму и величину својствену својој врсти.

Корелације могу бити стимулативне, везане са исхраном, када делови биљке који садрже градивне материје утичу на оне који их не стварају. Таква је корелација тј. узајамни однос између надземног дела и корена, величине листа и плода итд. Компензационе корелације јављају се у случају уклањања једног броја плодова или цветова, при чему се преостали боље развијају.

Корелације могу бити и инхибиторне када хормони коче раст појединих делова, на пример, бочних пупољака у односу на вршни, што обезбеђује да се бочне гране слабије развијају и образује пирамидалан облик круне, најчешће код четинара. То се назива апикална доминација. Овде хормон ауксин из вршног пупољка регулише бржи раст врха као и већу концентрацију хормона инхибитора у бочним пупољцима. Ако се вршни пупољак уклони тада најчешће један од бочних преузима улогу вршног и растење се наставља са доминацијом тог вршног дела. Ове појаве се могу видети у природи када се одломе вршни делови стабла услед грома, снега или оштећења од штеточина. Апикална доминација је код неких биљака више изражена и код њих нема развоја бочних грана или су оне слабије развијене док је код других биљака ова доминација слабија, па су такве биљке са добро развијеним бочним гранама.

Поларност



Овај појам се односи на морфолошку и физиолошку оријентацију у простору. Када не би било поларности организам би растао као неорганизована аморфна маса. Ово својство најбоље се уочава при регенерацији биљке из резнице. Утврђено је да ће се тада корен увек развити из базалног дела тј. оног који је на матичној биљци био оријентисан према корену, а гране и листови из горњег дела тј. оног који је био оријентисан према врху. Утврђено је да постоји поларност и на нивоу ћелије и ткива.

Слика 54. Поларност : растење избојака и корена код границе врбе: 1 у нормалном, природном и 2 у обрнутом положају

Периодичност растења и мировања биљака

Све биљке имају периоде раста различитог интензитета који се смењују са периодима мировања, што је последица услова средине. Листопадно дрвеће одбацује лишће а зимзелено и четинарско прелази у стање минималне животне

активности када температура ваздуха падне испод 5° С. Мировање се може прекинути различитим хемијским, механичким средствима, температуром, хормонима и др.

Реституције

То је појава да биљка може да надокнади изгубљени део. Када се из једног дела ткива (листа, корена, итд.) развије читава нова биљка, то је појава регенерације. Појава да се надокнади само део изгубљеног ткива назива се репарација.

Развиће

Под развићем се подразумевају све квалитативне промене у току живота које условљавају појаву нових органа и образовање репродуктивних органа. Обухвата фазе: ембрионалну, младости (јувенилну), сазревања, зрелости (адултну), старости и угинућа.

Веgetативни период обухвата фазе до образовања првих цветова, плодова и семена када настаје репродуктивни период и у односу на то биљке су сврстане у две велике групе: монокарпне и поликарпне.

Монокарпне су оне које само једном доносе плод. То су све једногодишње, двогодишње и неке вишегодишње биљке (агаве, бамбуси и др.).

Поликарпне су оне које доносе плод више пута. То су све вишегодишње биљке.

Развиће биљака састоји се из низа појединачних етапа или стадијума који се сукцесивно смењују по строго утврђеном реду. Свака етапа зависи од спољашњих фактора који ако нису задовољени могу зауставити развој. Сваки стадијум иницира се у тачкама раста и наставља се у одговарајућем ткиву. Дужина живота биљака зависи од низа унутрашњих и спољашњих чиниоца.

Регулација развића код виших биљака

Хемијски регулатори развића, везани су за индукцију образовања одређених материја (ензима) у присуству специфичних материја. Регулација биљним хормонима је веома сложена и повезана је са индукцијом низа ензима од стране хормона. Сви процеси у развићу зависни су од више (најмање два) хормона или интеракције хормона и светлости. Хормони могу да делују у једном процесу као синергисти а у другом као антагонисти тј. да делују заједно

или супротно један у односу на други. Дobar пример је код културе ткива. Развој органа зависи од баланса хормона ауксина и цитокинина. Уколико је већа концентрација ауксина, развијаће се корен а ако преовлађује цитокинин – пупољци.

Хормони регулишу и развој плода и семена. Полен садржи хормоне који стимулишу раст плодника. Уколико се цвет који није опрашен третира ауксином или гиберелином код неких биљака, доћи ће до образовања плода (партеокарпија), што доказује да су хормони пресудни за развиће плода.

Утицај температуре на развиће

Минималне, максималне и оптималне температуре за развиће разликују се код различитих биљака. Екстремно високе или ниске температуре неповољне су за већину биљака. Температура утиче на убрзавање или успоравање животних процеса и циклуса али код неких биљака може и накнадно деловати. Тако код неких двогодишњих биљака имамо појаву вернализације (јаровизација) што значи да оне морају бити изложене ниским температурама у току зиме са би у наредној години могле да уђу у репродуктивну фазу развића (озима жита). Овај хладни третман такве биљке могу проћи и у облику семена. Неке двогодишње биљке такође морају да прођу овај хладни третман у првој години када развијају само вегетативне органе а тек у другој доносе цвет, плод и семе. Неке од двогодишњих биљака ако се у првој години третирају хормоном гиберелином могу ући у репродуктивну фазу и без хладног третмана, што показује да је овај процес под контролом хормона. Друге пак, биљке, захтевају високе температуре за прелазак у фазу репродукције (памук).

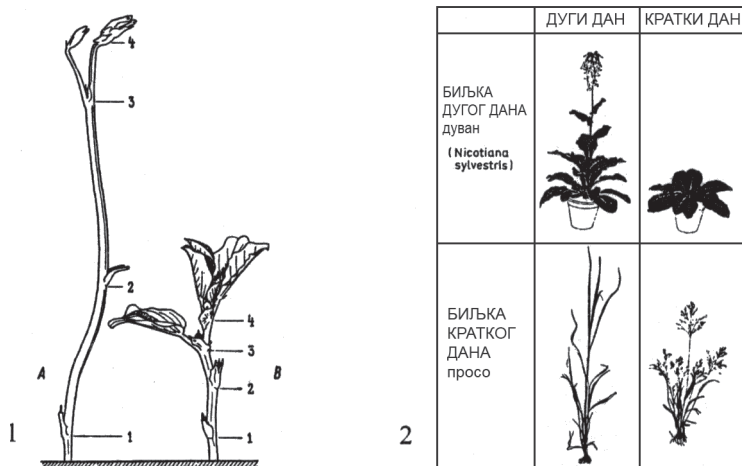
Утицај светлости на развиће

Поред тога што је извор енергије за фотосинтезу, светлост делује и на оријентацију изданака при растењу као и на форму и анатомску грађу органа. Уколико биљка расте у условима мрака или недовољне осветљености, код ње ће се развијати изданци који су издужени, етиолирани (без хлорофила), слабо развијених листова и механичког ткива. Насупрот њима, код биљака које иначе расту у условима слабе осветљености, као што је приземни слој шуме, јака осветљеност довешће до развоја врло кратких интернодија а листови ће бити розетасто распоређени.

Исто тако се морфолошки и анатомски разликују листови светлости и сенке. Код дрвећа се често јављају оба типа листова на истом стаблу. На врху и по ободу круне, нарочито на страни окренутој југу, су листови светлости

а при дну и у унутрашњости круне су заступљени листови сенке. Листови светлости су дебљи и чвршћи, имају развијенија механичка ткива, дебље зидове епидермалних ћелија и кутикулу, паренхим је дебљи са добро развијеним слојем палисадних и сунђерастих ћелија. Листови сенке су танки, са слабо израженом кутикулом или без ње и са малом количином механичких елемената и танким мезофилом. Код њих је број хлоропласта мањи али су они крупнији и садрже више хлорофила па им је боја често тамнија. Међутим, треба напоменути да се овде ради о комплексном деловању светлости, температуре и влаге, наиме, листови светлости развијају се и у условима више температуре и смањене влаге (тип ксероморфних листова), док се листови сенке формирају у условима ниже температуре и веће влаге (тип мезоморфних листова).

Поред деловања на растење светлост делује и на низ биохемијских и физиолошких процеса. Најпознатије је деловање на клијање фотобластичног семена. Ово семе садржи специфични пигмент фитохром који апсорбује светлост и при томе може да мења своју форму. Наиме, у мраку фитохром се налази у физиолошки неактивној форми а када се осветли светлоцрвеном светлосту прелази у физиолошки активну форму и тада активира реакције у семену које доводе до клијања. Ако се после деловања светлоцрвене светлости семе осветли тамноцрвеном, фитохром апсорбује ову светлост и прелази у неактивну форму па семе неће клијати. Да ли ће фитохром бити у активној или неактивној форми зависи од тога која црвена светлост преовладава јер је њихов садржај у дневној светлости различит. На основу односа активне и неактивне форме фитохрома биљке препознају какви су спољашњи услови, да ли је дан или ноћ, колика је дужина дана и на основу тога које је годишње доба тј. када су најповољнији услови за клијање.



Слика 55. 1 Фотоморфогенеза: А изглед етиолиране биљке, В нормална биљка; 2 Фотопериодизам: деловање дужине осветљености на биљку дугог и кратког дана

Фотопериодизам

То је зависност наступања репродуктивне фазе развића од дужине периода осветљености односно замрачености у току дана. Трајање осветљености у току дана назива се фотопериод. У том смислу биљке могу бити: биљке дугог или кратког дана као и неутралне. Биљке дугог дана када дођу у фазу зрелости имају потребу да буду осветљене одређени период у току дана (нпр. 10 часова) и уколико се тај период скрати, оне неће цветати. Биљке кратког дана имају потребу за одређеним фотопериодом који је краћи, ове биљке цветају у јесен (хризантема) или рано пролеће и ако се фотопериод продужи ове биљке неће цветати. Постоје и тзв. фотопериодски неутралне биљке на које дужина дневне осветљености нема утицаја. Доказано је да је овај процес регулисан хормонима који се стварају у лишћу под дејством светлости и затим се транспортују у цветне пупољке где делују. Најзначајнији је гиберелин који код биљака кратког дана ако се гаје на дугачком дану може индуковати цветање тј. заменити потребу за одређеном дужином осветљености.

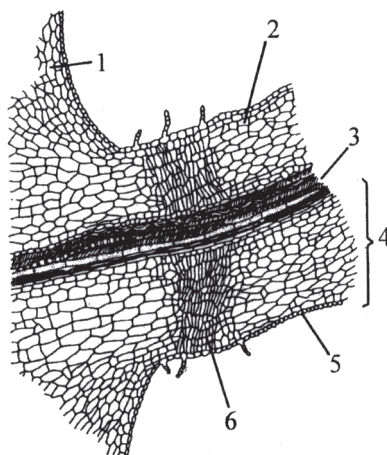
Мерење времена у биљци

Многе појаве и процеси код биљака који се ритмично смењују показују да су биљке способне да мере време тј. да поседују биолошки часовник. Фотопериодско реаговање на дужину осветљености, ритмично отварање и затварање стома, ритмично покретање листова код неких биљака, све су то појаве које указују на то да биљке понављају неке функције после одређеног времена. Ови ритмови су ендогени, потичу из саме биљке, урођени су и не зависе непосредно од услова средине. Оно што је интересантно је да су веома тачни, грешке не прелазе пар минута за дан.

Апсцисија

Ово је појава одбацивања појединих делова биљке (листова, цветова, плодова) које је регулисано од стране саме биљке. Листопадне биљке али и неке четинарске (ариш), одбацују све листове сваке јесени, док зимзелене и тропске само поједине и то током читаве године. Одбацивање лишћа настаје услед ниских температура када корен не може да усваја воду због ниске температуре земљишта, па се на тај начин биљка брани од дехидрације јер се одбацивањем листова спречава транспирација. Код неких биљака поједини листови временом постају нефункционални због накупљања непотребних материја (калцијум и

други елементи) те их биљка одбацује. Сам процес одбацивања дешава се тако што се прво у основи лисне петељке образује специфичан „апсцициони слој“ у коме се дејством ензима разграђују ћелијски зидови и врши одвајање листа од гране. На месту опалог листа ћелије оплутњавају и затварају рану. Пре одбацивања, листови губе зелену боју јер се разграђује зелени пигмент хлорофил и постају видљиви други пигменти, ксантофили, каротени, антоцијани који листовима дају жуту, црвену и друге боје. Такође, многе биљке одбацују цветове и плодове и то док су још незрели, одмах након опрашивања или током и након сазревања. Апсцисија незрелих плодова има за циљ да омогући бољи развој преосталих плодова док одбацивање зрелих плодова омогућава расејавање. Ово је регулисано хормонима, највише апсцисинском киселином.



Слика 56. Пресек кроз основу лисне дршке са формираним слојем за одбацивање: 1 стабљика, 2 лисна петељка, 3 нерв, 4 кора, 5 епидермис, 6 апсцициони слој

Старење и смрт биљака

Старење (сенесценција) је последња фаза развића која се неминовно завршава смрћу организма. Код неких биљака, углавном вишегодишњих цветница, фаза младости (јувенилна) и фаза зрелости (адултна) јасно се морфолошки и физиолошки разликују. Познат је пример код бршљана, јувенилни листови су режњевити, раст је пузећи, нема цветова, док је код адулtnих биљака лишће без режњева јајасто–ланцетастог облика раст усправан и развијају се цветови и плодови.

Поред старења целе биљке постоји и старење појединих органа у току живота биљке а присутно је код вишегодишњих биљака (листови, цветови, плодови), док код неких у јесен одумиру сви надземни делови (хемикриптофите и геофите).

Код листова постоји секвенцијско и синхроно старење. Код првог старе и умиру само најстарији листови, док у другом случају старе и умиру сви листови одједном (јесење опадање листова код листопадних биљака). У оба случаја сенесценција и одбацивање су регулисани одговарајућим биљним хормонима. Пре одбацивања из листова се органске и неке неорганске материје премештају у пупољке и друге делове и тако чувају као резервне материје за наредну годину.



Слика 57. Бршљан са јувенилном (десно) и адултном формом (лево)

Старење читаве биљке разликује се код монокарпних биљака које цветају и доносе плод само једном а затим угину и поликарпних које сукцесивно, дакле сваке године цветају и плодносе.

Дужина живота биљака веома је различита. Код дрвећа, које је најдуговечније, веома велику старост достижу секвоје (4000 година), тиса (3000 год.), храстови, платан, брестови (преко 1000 год.), липе 300–400 год., бреза и топола око 100 итд. Поред наследних фактора на дужину живота утичу и еколошки чиниоци.

Тако на пример, рицинус је у тропским условима вишегодишња а у нашим једногодишња биљка.

Физиолошки механизми процеса старења су веома сложени: То је процес који доводи до смрти без које не би било промене тј. еволуције живог света. Иако постоји велики број хипотеза о старењу, у основи већине је појава и нагомилавање промена и грешака у физиолошким и биохемијским процесима, посебно у синтези протеина и нуклеинских киселина. Старење би могло настати и услед слабљења генетичке контроле синтетских процеса у ћелији.

ФИЗИОЛОГИЈА ПОКРЕТА

Покрети су код биљака изазвани спољашњим или унутрашњим надражајима. Биљке покрећу цео организам или чешће само поједине органе са циљем да постигну што бољи положај за обављање функција.

Локомоторни покрети се јављају код слободних организама (бактерије, алге, неке гљиве) и називају се таксије. Могу бити изазване спољашњим чиниоцима као што су светлост (фототаксије), хемијске материје (хемотаксије), кисеоник (аеротаксије) и др. Кретање и накупљање алги на осветљеној страни акваријума је пример за фототаксије. Кретање сперматозоида код маховина, папрати, гинка под дејством органских излучевина, преставља хемотаксије. Аеротаксије су присутне код аеробних бактерија.

Треба такође, поменути покрете које врше различите органеле у ћелији, једро, хлоропласти, рибозоми и сама цитоплазма.

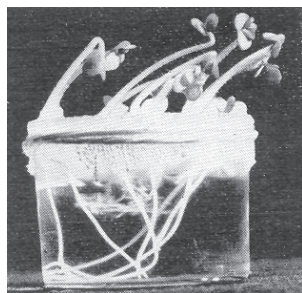
Код биљака које су утврђене за подлогу (имају корен), покрете могу да врше поједини органи. Ови покрети могу бити индуковани и аутономни.

Индуковани покрети су изазвани неком дражи из спољашње средине. Најмањи интензитет неке дражи који може да доведе до покрета назива се праг дражи. Индуковани покрети су тропизми и настије.

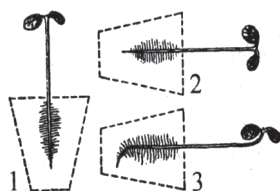
Аутономни покрети узроковани су променама у самој биљци и могу бити двојаки, нутације и варијациони покрети.

Тропизми

То су покрети изазвани неким надражајем из спољашње средине чији правац деловања одређује правац покрета. Могу бити: фототропизам, геотропизам, хаптотропизам, хемотропизам итд.



А



Слика 58. А Фоторопизам – биљке расту у правцу деловања светлости; Б – Геотропизам: 1 биљка у нормалном положају, 2 водоравно положена, 3 реакција стабла и корена на силу теже.

Фототропизам је покретање делова биљног организма под дејстваом светлости у правцу светлости (позитиван), што је случај са листовима многих биљака, или супротно од правца деловања светлости (негативан), што је случај код ваздушних и коренова за прихватање биљке за подлогу. Савијање, тј. покрет је заправо резултат неједнаког растења. Страна биљке која је осветљена расте спорије од неосветљене стране јер се у неосветљеној накупља хормон раста ауксин који индукује бржи раст неосветљене стране. Уколико пак, светлост долази са свих страна равномерно, биљка се уопште неће савијати, а ако је са једне стране светлост јачег интензитета а са друге слабијег, биљка се савија у правцу јаче светлости.

Геотропизам (гравитропизам) су покрети изазвани силом земљине теже. Кретање у правцу силе теже је позитивна геотропска реакција (нпр. главни корен), док кретање супротно од силе теже је негативни геотропизам (стабло). Плагитропизам означава покрете органа који расту под неким углом у односу на силу теже (бочни коренови и гране). У основи је такође неједнак раст супротних страна органа а у провођењу надражаја учествују биљни хормони.

Настије

Покрети изазвани променом интензитета дражи из спољашње средине при чему она делује равномерно а не једнострано.

Фотонастије су покрети цветова и листова који настају услед промене интензитета светлости. Листови киселице (*Oxalis*) ноћу се склапају а дању отварају. Најчешће јача светлост изазива отварање а слабија затварање цветова. Тако се многи цветови ноћу затварају а дању отварају. Фотонастични су покрети цветова маслачка који се затварају и када облак заклони сунце. Постоје и негативне фотонастије када се цветови отварају ноћу јер се опрашују инсектима који су активни само у току ноћи.



Слика 59. Сеизмонастија код мимозе стидљивке: А лист без надражаја, В лист у надражен потресом

Термонастије настају услед промене температуре. Обично нижа температура доводи до затварања а виша до отварања цветова (крокус, лала). Код лале при вишој температури брже расте унутрашња старна латице па се цвет отвара док је при нижој температури обрнуто.

Сеизмонастије су покрети изазвани додиром у чијој основи лежи промена тургора у ткиву зглобова у основи листова и грана. Најизразитије је скупљање ли-стића при потресу код сложеног листа мимозе стидљивке (*Mimosa pudica*). Ако је потрес јачи скупљају се и гране и читава биљка добија клонуо изглед. На овај начин биљка омогућује да више воде падне око

ње или се штити од додира жиотиња.

Нутације

То су покрети настали услед неједнаког растења различитих страна органа, који су индуковани из саме биљке а не спољшњом дражи. Пример је код повијуша које се обавијају око неког носача на леву, ређе на десну страну.

Варијациони покрети настају као последица промене тургора. Могу бити врло брзи и уочљиви као што су кружни покрети врхова листића код неких биљака.

Основи генетике и молекуларне биологије

Молекуларна биологија се бави проучавањем структура и једињења који су носиоци процеса развића особина и наслеђивања особина са родитеља на потомство. Развој генетике, цитологије и биохемије допринели су појави молекуларне биологије.

Задатак молекуларне биологије је да објасни природу и повезаност основних процеса живота.

Основни носиоци и реализатори развића особина су нуклеинске киселине и протеини. 1953. године су научници Вотсон и Крик дали модел структуре молекула *дезоксирибонуклеинске киселине* – ДНК. Он се састоји из два спирално увијена полинуклеотидна ланца који су повезани водоничним везама. Сваки ланац садржи неколико хиљада нуклеотида који су основне градивне јединице ових киселина.

Сваки молекул ДНК који представља наследну основу има следећа својства:

- својство саморепродукције (удвајање ланца)
- способност да носи генетску шифру, код, информацију (контрола развића особина организма)
- својство променљивости структуре и функције (извор варијабилности и еволуције).

ПРОТЕИНИ И НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ – ОСНОВНИ МОЛЕКУЛИ ЖИВОТА

На биохемијском нивоу сваке ћелије дешавају се процеси који обезбеђују синтезу основних структурних компоненти и енергије. Ови процеси се реализују уз помоћ специфичних материја које катализују биохемијске процесе а то су ензими.

Протеини (беланчевине) су сложени молекули саграђени од *аминокиселина*. Најчешће се комбинује око 20 аминокиселина и од тог распореда зависи структура и функција сваког протеина. Синтеза се реализује тако што се

амино група једне аминокиселине везује за карбоксилну групу друге, при чему се издваја молекул воде и успоставља се пептидна веза. Тако настали полипептидни ланци могу се потом везивати у сложеније облике тј. секундарну, терцијерну или квартену структуру.

Шифра за синтезу молекула протеина налази се у молекулу ДНК чији делови представљају гене који детерминишу синтезу специфичних протеина.

Структура и функција нуклеинских киселина

ДНК–дезоксирибонуклеинска киселина. Сваки од спиралних ланаца саграђен је од низа нуклеотида који се смењују а разликују се у грађи тј. састоје се од азотне базе (пуринске: аденин, гуанин, и пиримидинске: тимин, цитозин), једног пентозног шећера–дезоксирибозе и фосфорне групе. При томе се увек везује једна пуринска за једну пиримидинску базу и тако наизменично. Растојање између наспрамних база две нити је 0,3 нанометара а цео пречник двојног ланца износи 2 nm. Број и редослед нуклеотида, којих има четири типа, у ланцу одређује особине тј. разлике молекула ДНК.

Поједини сегменти ДНК представљају гене а сваки ген има своје одређено место у молекулу као и у хромозому. Ген се састоји од неколико стотина нуклеотида чији распоред одређује његову функцију и структуру. Основна функција му је у контроли синтезе специфичног типа протеина из одговарајућих аминокиселина.

РНК–рибонуклеинска киселина. Састоји се из једног ланца а у грађи се разликује од ДНК јер садржи шећер рибозу а од азотних база уместо тимина – урацил. Највише је има у једарцу и рибозомима.

Поред виралне РНК која се јавља код вируса у организму се јавља три основна типа и то:

- Информациона, иРНК, преноси информације са ДНК тј. гена на синтезу протеина;
- Рибозомална, рРНК, улази у састав рибозома у цитоплазми где се стварају протеини;
- Транспортна, тРНК, преноси аминокиселине из цитоплазме до рибозома тј. места синтезе протеина.

Удвајање (репликација) ДНК

Пре удвајања ДНК долази до расплитања двојно-спиралног ланца при чему се раскидају водоничне везе. У репликацији учествује читав низ ензима као што су нуклеазе, липазе, полимеразе које обезбеђују раскидање старих и успостављање нових веза.

За раздвојене нити ДНК везују се поједини нуклеотиди из једрове течности образујући нов ланац који је идентичан претходном. При томе су грешке веома ретке, на сто милиона до милијарду везаних нуклеотида јави се по једна погрешна веза. Ове грешке, мутације, су значајне јер представљају извор генетичке разноврсности.

Преношење генетичке информације (транскрипција, трансляција) и синтеза протеина

Преношење генетичке информације одвија се кроз две етапе. Прво се информација о грађи одређене секвенце ДНК коју представља неки ген, преноси на редослед нуклеотида у информационој РНК (иРНК) а потом и транспортној (тРНК) и рибозомалној (рРНК). Ово преписивање (транскрипција) врши се тако што се наспрам низа нуклеотида једног од ланаца ДНК формира одговарајући низ нуклеотида ланца РНК.

Другу етапу чини процес преводјења (транслације) шифре коју чини дати распоред нуклеотида на иРНК у одговарајући редослед аминокиселина у грађи молекула протеина.

Генетичку шифру или код чине групе од три узастопна нуклеотида у ДНК (триплети). На формираној иРНК такође ће се наћи триплети нуклеотида који се називају кодони. На молекулу транспортне РНК чији је задатак да преноси поједине аминокиселине из цитоплазме до рибозома, налази се такође одговарајући триплет нуклеотида – антикодон. Када се одређени молекул иРНК креће кроз рибозом, одређени кодон (на пример ГЦЦ) активираће тРНК са одговарајућим антикодоном (ЦГГ) која ће на свом крају носити аминокиселину аланин. Како рибозом клизи дуж молекула иРНК тако се везују тРНК молекули који носе одговарајућу аминокиселину. На тај начин се синтетишу одређени полипептидни ланци према редоследу кодона који су записани у одређеном гену.

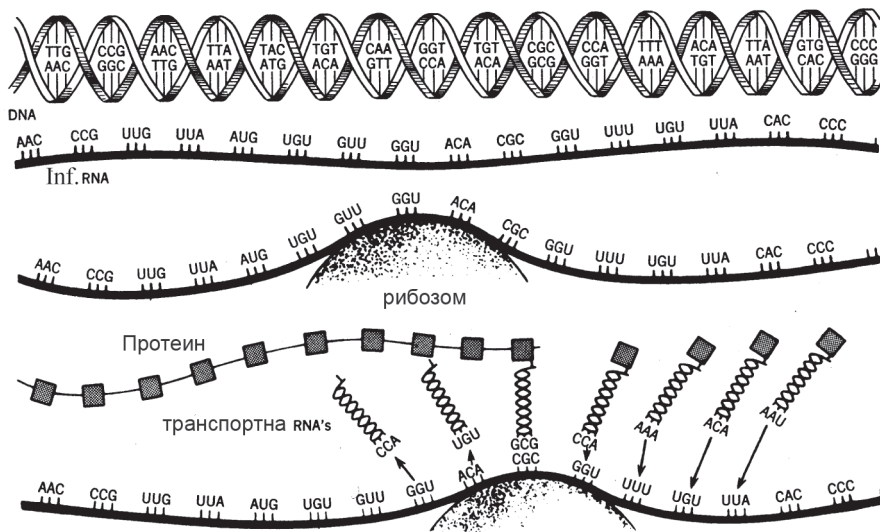
Како нуклеинске киселине садрже 4 врсте нуклеотида то је могуће формирање 64 различита триплета тј. кода, кодона или антикодона. Они могу да вежу једну од 20 аминокиселина. Број њихових комбинација је практично огроман па се на тај начин ствара и огроман број специфичних протеина који имају најразличитије функције у организму.

Синтеза протеина одвија се у органелама рибозомима тако што се иРНК везује за рибозом а за њен први кодон помоћу антикодона везује се једна тРНК која носи одговарајућу аминокиселину. Потом се следећа тРНК везује за наредни кодон и сада долази до формирања пептидне везе између ове две аминокиселине. После тога се иРНК помера за још један триплет и рибозом прима још један молекул тРНК са аминокиселином која се сада везује за другу

при чему прва тРНК која је отпустила аминокиселину, напушта рибозом и доноси наредну аминокиселину. На тај начин настају макромолекули протеина.

Када се преведу сви кодони у једном молекулу иРНК завршава се синтеза протеинског ланца који се раздваја од комплекса рибозом–иРНК.

Као што је генетичка шифра универзална тако је и синтеза протеина готово истоветна у свим ћелијама од најједноставнијих до најсложенијих организама.



Слика 60. Генетичка контрола синтезе протеина

Наследни чиниоци и развиће

Структура молекула нуклеинских киселина слична је у ћелијама различитих ткива истог организма као и у различитим фазама развића. Ту се остварује тзв. епигенетско деловање наследних фактора, што значи да су различите групе гена активне на различитим местима у различито време тј. обезбеђују синтезу одређених врста протеина или различиту количину истог протеина.

На активност гена веома утичу и услови спољашње средине (влага, температура, хранљиве материје, патогени и сл.) као и услови у самој ћелији (биохемијске реакције, хемијске материје, хормони и сл.)

Дакле, развиће неког организма остварује се под дејством одговарајуће комбинације гена (генотип) али и чиниоца спољашње средине.

Неке особине организма су врло постојане и на њихову контролу не утичу чиниоци средине. То су тзв. квалитативна својства (најчешће боја органа и сл.) али не увек. Друга својства су подложна деловању чиниоца средине и називају се квантитативним својствима (величина и облик органа, брзина раста и развића и сл.).

Током живота јединке остварује се програм записан у генетичком материјалу зигота, који настаје на основу спајања родитељских гамета. Тим програмом одређен је редослед догађаја у току живота као и сама дужина живота.

НАСЛЕДНИ МЕХАНИЗМИ

Правила наслеђивања

Да би се утврдиле наследне особине потребно их је пратити кроз две или више узастопних генерација, тј. у периоду развића једне врсте организма од његовог зачетка (тј. од оплођења јајне ћелије сперматозоидом код двополних организама) до момента када тај организам достигне полну зрелост.

У прошлом веку сматрало се да није могуће предвидети какве се комбинације особина могу остварити код потомака јер оплођењем долази до „општег“ мешања телесних течности родитеља. Том схватању се успротивио ботаничар Грегор Мендел (1866), тврдећи да се свака од многобројних особина налази под контролом специфичних наследних чинилаца који детерминишу развиће појединих одлика на сличан начин код родитеља и њихових потомака. После осам година експериментисања са грашком, Мендел је показао да се наследни чиниоци различитих родитеља могу наћи заједно у телу њихових потомака, али се већ у следећој генерацији поново могу на нов начин комбиновати. Слободном комбинацијом ових чинилаца остварује се и комбиновање родитељских особина код потомака.

Појава да се особине растављају и слободно комбинују узима се као доказ да постоје посебни наследни чиниоци од којих зависи развиће и испољавање тих особина. Због тога се као основна правила наслеђивања, које је доказао Мендел, сматрају:

- правило растављања (особина, односно наследних чинилаца) и
- правило слободног комбиновања.

Применом ова два принципа наслеђивања можемо предвидети какве се комбинације неких особина могу остварити код потомака прве и друге генерације (F_1 и F_2 генерације) ако се родитељи (P генерације) разликују у одређеном броју особина.

Мендел се одлучио да код грешака прати наслеђивање само таквих особина (карактеристика или својстава) који се алтернативно испољавају (нпр. висока или ниска биљка, бео или љубичаст цвет итд.). Определио се за карактеристике за које је формирао посебне линије и затим вршио њихова међусобна укрштања. Резултат ових укрштања приказао је за седам особина.

Тако, прашнике са биљака које су увек давале округло семе (А–чиниоци) Мендел је стављао на тучкове биљака (аа) које су се развиле из набораног

семена, уз уклањање њихових сопствених прашника. Добијено семе (Aa –по Менделевој предпоставци) увек је имало округлао облик (Φ_1 или прва филијална генерација). Када га је посејао добио је 253 хибридне биљке код којих је дозволио самооплођење ($Aa \times Aa$). Семе развијено из ових цветова (Φ_2 или друга филијална генерација) било је већином округло (AA или Aa по Менделу), али је мањи број био набораног облика (aa), што је доказивало да у предходној генерацији није дошло ни до каквог мешања телесних течности нити до „стапања“ праћених чинилаца који контролишу ове особине, већ да је дошло до њиховог раздвајања и слободниг комбиновања. На то указују чињенице да је у Φ_2 генерацији нађено око три пута више округлих него набораних семена (5 474 : 1 850). Овакав однос (3 : 1) Мендел је утврдио и код осталих 6 карактеристика (табела 1).

Укрштањем грашка из леје која је увек давала биљке округлог и жутог семена ($ААББ$) са онима из друге леје, које су увек давале наборано и зелено семе ($аабб$), Мендел је добио у Φ_1 генерацији биљке које су искључиво личиле на првог родитеља ($АаБб$). Када је код њих спровео самооплођење ($АаБб \times АаБб$), добио је у Φ_2 генерацији све четири по изгледу могуће групе биљака, и то у бројном односу који је потврђивао да се радило о слободном комбиновању наследних чинилаца који одређују развиће сваке од поменутих особина:

- 9/16 са округлим и жутиим зрном ($A-B-$),
- 3/16 са округлим и зеленим семеном ($A-bb$),
- 3/16 са набораним и жутиим зрном ($aaB-$),
- 1/16 са набораним и зеленим зрном ($aa\ bb$).

Од 556 овако прегледаних семена грашка у другој филијалној генерацији нашао је да су 315 жути и округли, 108 жути и наборани, 101 зелен и округлао, 32 зелена и наборана, што у потпуности одговара теоријској предпоставци о партикуларном наслеђивању, од које је пошао када је започео своје експерименте.

Табела 1. Резултати експеримента Г. Мендела

Особина	Резултати у Φ_2 генерацији		Бројни однос
Облик семена	5474 округлих	1850 набораних	2,96 : 1
Боја котиледона	6022 жута	2001 зелена	3,01 : 1
Боја семењаче	705 смеђа	224 бела	3,15 : 1
Облик махуне	882 набубреле	229 са сужењима	2,95 : 1
Боја махуне	428 зелених	152 жута	2,82 : 1
Положај цвета	651 аксијалних	207 терминалних	3,14 : 1
Висина стабљике	787 високих	277 кратких	2,84 : 1
УКУПНО	14889 доминантних	5010 рецесивних	2,98 : 1

Када је пратио и упоредио три особине, Мендел је у Φ_2 генерацији такође добио бројне односе који су одговарали очекиваној претпоставци да се „наследне партикуле“ (тј. гени) слободно комбинују код потомака. Овде се могу остварити 64 комбинације, од којих:

- 27 дају све три доминантне особине (А–Б–Ц–),
- 9 x 3 дају по две доминантне и једну рецесивну особину (нпр. А–Б–цц),
- 3 x 3 дају по једну доминантну и две рецесивне особине (нпр. аа–ббЦ–),
- 1 даје све три рецесивне особине (аа бб цц).

Ако са n означимо број чинилаца чије наслеђивање пратимо, број могућих фенотипских класа у Φ_2 генерацији биће 2^n , а број могућих генотипова (тј. комбинација наследних чинилаца) износиће 3^n . Тако ћемо при монохбридном наслеђивању у Φ_2 генерацији моћи да нађемо свега два фенотипа уз постојање три генотипа (АА, Аа, аа), при диhibридном – четири фенотипа уз девет генотипова, при триhibридном – осам фенотипова уз 27 генотипова итд.

Преношење генетичког материјала

Данас знамо да ћелије свих организама садрже у својим једрима хромозоме, који су носиоци наследних чинилаца или гена, чије је постојање доказао Грегор Мендел. Пошто ћелије баштенског грашка имају по седам парова оваквих хромозома, Мендел је успео да демонстрира „правило слободног комбиновања“, код само седам особина од преко двадесет чије је наслеђивање пратио, јер је за сваку од тих особина ген био смештен на засебном хромозому. Практично се растављају и слободно комбинују ћелијски хромозоми приликом гаметогенезе (тј. при настанку полних ћелија), као и приликом укрштања самих гамета када се образују зиготи.

Број и облик ћелијских хромозома карактеристичан је за сваку врсту. На пример, телесне ћелије човека садрже по 46 хромозома, а јајне ћелије и сперматозоиди половину тога броја, тј. по 23 међусобно различита хромозома. Телесне ћелије миша имају по 40 хромозома (тј. 20 парова), ћелије воћне мушице дрозофиле само 8 хромозома, док ћелије црног дуда садрже чак 308 хромозома.

Хромозоми су органеле ћелије са веома сложенем грађом. Састављени су углавном из молекула ДНК и протеина који су у њима на посебан начин испреплетани тако да чине нуклеопротеин или хроматин. Хроматинска влакна су дебљине око 3 нанометра и не могу се видети током већег дела ћелијског циклуса. Тек када се уздужно поделе и извијуају, тако да дају штапићасте структуре дебљине преко 100 nm, постају видљиви под микроскопом и тада их препознајемо као ћелијске хромозоме. Ово се дешава крајем интерфазе и почетком профазе ћелијске деобе, а дебљање (спирализација) се наставља све до метафазе, после чега долази и до механичког раздвајања хроматида и њиховог

одласка у кћери ћелије, са идентичним гарнитурама хромозома. У сваком од хромозома такође се налазе и мање количине РНК и липида, као и јони магнезијума, гвожђа и других елемената а у њима је активно више од двадесет различитих врста ензима. Хромозоми вишећелијских организама (еукариота) изгледа да имају знатно сложенију структуру, од хромозома једноћелијских прокариота, у чијој структури имају превагу молекули ДНК, а понекад и РНК.

Сваки хромозом садржи већи број наследних чинилаца или гена који су у њему распоређени тако да сваки ген има своје место у хромозому. Појединачни гени садрже у просеку око 400 до 1800 парова нуклеотида.

У гену се могу десити мање или веће промене у положају или редоследу нуклеотида, које су веома ретке при репликацији ДНК. Неке од тих ретких промена онемогућују ген да функционише тј. детерминише образовање специфичног протеина. Друге доводе до тога да такав ген условљава стварање нешто измењеног протеина, па се и одговарајући процес, који ензим тог протеина катализира дешава на нешто измењен начин. Овакви различити облици једног истог гена називају се генски алели и на њима се заснива полиморфност свих организама. Пошто сваки бисексуални организам садржи у паровима својих хомологих хромозома и парове одговарајућих гена, од разноврсности њихових алела зависиће број и квалитет њихових протеинских продуката, односно изражајност и разноврсност особина организама.

Свеукупност наследних чинилаца (гена) који улазе у састав ћелијских хромозома једног организма означавамо као *генотип* тог организма, док скуп гена у његовим гаметима (у једној гарнитурџ хромозома) чини *геном*. Саме особине које одликују један организам, било да се односе на његов изглед или на способност да обавља одређене функције, означавамо као *фенотип* тог организма. Фенотип зависи како од комбинације наследних чинилаца, које јединка при зачећу добија од својих родитеља, тако и од чинилаца средине под којима се остварује њено развиће. Потомци не наслеђују од својих родитеља фенотип, већ могућности да га развију под одговарајућим условима средине.

Типови наслеђивања особина

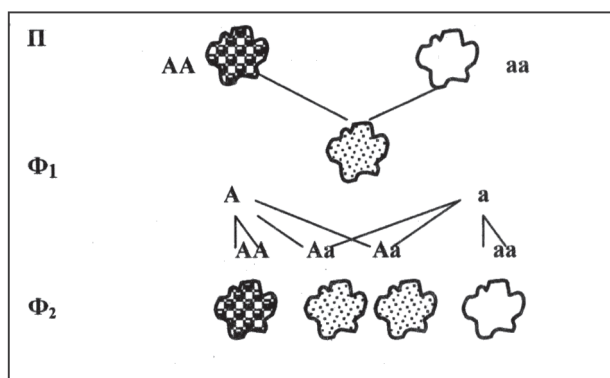
Од интеракције одређеног гена на пару одговарајућих хромозома зависи како ће се изразити особина који тај ген детерминише. Интеракција генских алела може бити: интермедијарна, доминантно рецесивна или кодоминантна.

Интермедијарно наслеђивање можемо регистровати на примеру боје цвета код јагорчевине са црвеним и белим цветовима. Уколико са АА означитимо пар генских алела који доводе до развића црвене боје цвета, а са аа алеле истог гена који код друге биљке условљавају да се развије цвет беле боје и потом укрстимо ове две биљке (ставимо прашнике прве на тучкове друге), добићемо потомство

са комбинацијом алела Аа, код којих ће цветови бити обојени ружичасто, интермедијерно.

Доминантно рецесивно наслеђивање испољава се такође код великог броја особина. Тако се код биљке парадајза као доминантна особина наслеђује присуство петељке уз плод у односу на плод без петељке, округлао плод у односу на дугуљаст, црвени у односу на жути плод.

Кодоминантно наслеђивање се дешава када оба алела једног гена, који се налазе на пару хомологих хромозома, детерминишу стварање две различите варијанте неког протеина што доводи до изражајности обе карактеристике. На пример, ген који код човека одређује стварање протеина који улази у грађу антигена од кога зависи да ли ће тај човек имати А, Б, О, или АБ крвну групу, има најмање три алелна облика. Један детерминише стварање А–антигена, други Б–антигена, а трећи је углавном нефункционалан (О–алел). Од комбинације пара оваквих алела зависи коју ће крвну групу имати њихов носилац. Ако се на оба хромозома нађу О–алели (хомозигот), у крви те особе неће се стварати ни А ни Б–антигени, тј. она ће имати нулту крвну групу. Особе А–крвне групе могу бити АА или АО, а оне Б–крвне групе имају ББ или БО алеле. Ако, међутим, пар хомологих хромозома садржи А и Б алеле (хетерозигот), у крви те особе ствараће се обе врсте антигена и она ће имати АБ–крвну групу. А и Б алели су у односу на О–алел доминантни, док су међусобно кодоминантни, тј. оба долазе до изражаја.



Слика 61. Интермедијарно наслеђивање боје цвета код јагорчевине. АА црвена; Аа ружичаста; аа бела

Корелативно или везано наслеђивање означава такав тип наслеђивања при коме се неке фенотипске особине заједно испољавају. Узрок томе је што се два или више гена који контролишу ту особину налазе на истом хромозому. Када се такав хромозом нађе преко гамета у потомству испољиће се иста везана комбинација особина.

Квантитативне (полигене) особине су оне које су одређене већим бројем гена и оне највише варирају и то због интеракције гена који их одређују али и због утицаја средине. Такве су особине маса, величина, пропорције организма, брзина растења и развића, дужина живота и сл.

Чиниоци средине често утичу на промене изгледа организма. Ово су стечене особине и оне нису наследне.

Комбиновање гена и хромозома

Учешће различитих комбинација генских дејстава можемо сматрати најважнијим узроком варијабилности особина организама.

Комбинативно наслеђивање заснива се на томе да се при настанку бројних гамета и њихових зигота остварује изузетна разноврсност приликом комбиновања ћелијских хромозома који су носиоци читавих група гена. Уколико је број хромозома код неке врсте већи, утолико је већи и број оваквих комбинација. Тако је код човека у телесним ћелијама присутно 46 хромозома, од којих по 23 воде порекло од оца и мајке. При настанку гамета ова 23 пара могу се раздвојити и комбиновати на 2^{23} начина, зависно од тога које очеве а које мајчине хромозоме садрже. Исто толико комбинација може се остварити и при настанку јајних ћелија жене, што значи да зиготи потомака, настали спајањем мушког и женског гамета, могу садржати једну од 2^{46} комбинација. Другим речима, вероватноћа да ће пар родитеља имати двоје деце са идентичном комбинацијом 23 пара хромозома износи 1 : 70 трилиона. Ово нам говори колико се огромна генетичка разноврсност остварује у свакој генерацији на бази комбинованих интеракција хромозомских гена.

Рекомбинације гена доводе до измене у устаљеном редоследу генских алела у хромозомима. Последице су размене наспрамних гена са једног хомолог хромозома на други, пошто се они међусобно приљубе у профазу мејотичке деобе. Процес откидања и преласка таквих група назива се *кросинговер* и његов резултат су нове комбинације (тј. рекомбинације) алела одговарајућих гена, без промене места тих гена. Тако ће два хромозома са низом гена АБЦДЕФГ... и абцдефг..., моћи да дају разменом цд региона АБцдЕФГ... и абЦД ефг..., чиме се стварају хромозоми са новом структуром, што води до промена и у повезаности одговарајућих карактеристика које се корелативно наслеђују.

Рекомбинације се са прилично истом учесталошћу дешавају дуж хромозома и могу послужити за утврђивање растојања међу појединим генима. Уколико је растојање између два гена веће, њихови алели ће се чешће комбиновати услед кросинговера и обрнуто. Распоред гена добијен детаљним изучавањем учесталости кросинговера, може да омогући стварање мапе хромозома.

ПРОМЕНЕ ГЕНЕТИЧКОГ МАТЕРИЈАЛА

Основни извор генетичке разноврсности су промене на хромозомима. Оне могу бити двојаке тј. промене у њиховом броју и структури.

Промене структуре хромозома

Ове промене се јављају као:

1. *дупликације*–удвајање или *делеције* – губљење делова хромозома;

Могу настати у току ћелијске деобе када дође до неједнаког кросинговера.

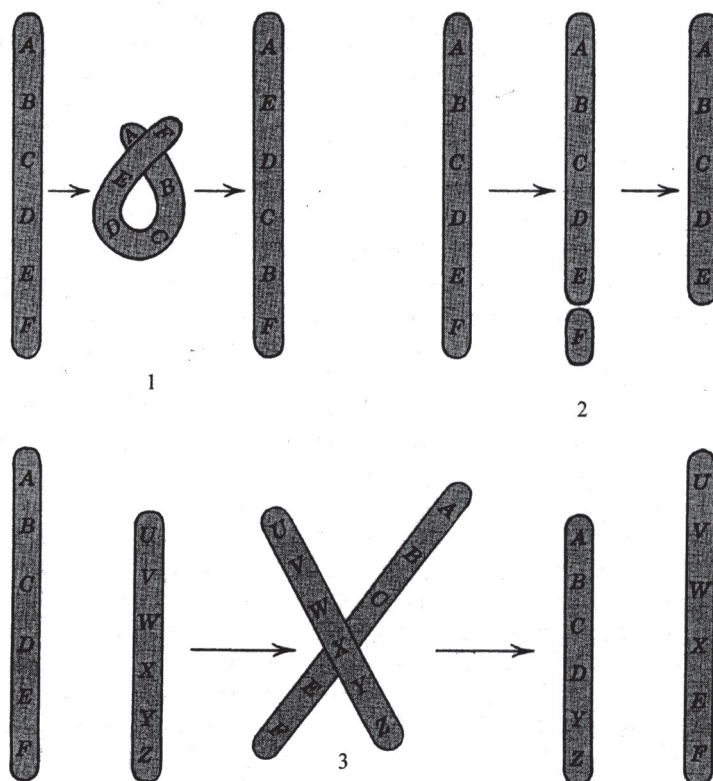
2

транслокације
– размене
делова
нехомологих
хромозома;

Слика 62.
Промене хро-
мозома.

1. инверзија,
2. делеција,
3. транслока-
ција

3. *инверзије*
– промене
редоследа гена
у хромозому;



Транслокације и инверзије представљају прерасподелу постојећих делова хромозома и ту се заправо генетички материјал групише на нов начин.

4. *генске мутације* – промене молекулске структуре појединих гена у хромозому.

Промене које су видљиве под микроскопом називају се хромозомским аберацијама а оне које нису видљиве и дешавају се у генима називају се мутацијама.

Промене броја хромозома

Ћелије које изграђују организам садрже по две гарнитуре хомологих хромозома ($2n$) док гамети садрже по једну гарнитуру (n). Када при ћелијској деоби не дође до раздвајања хромозома на различите полове деобног вретена (анафаза I мејотичке деобе) образује се гамет са двоструким бројем хромозома. Ови се могу спојити са гаметом који има једну гарнитуру хромозома и тако настаје зигот са $3n$ хромозома. Тако се јављају тзв. триплоиди као и полиплоидни организми који могу бити са 4, 5, 6 и више гарнитура хромозома. Уколико спојени гамети припадају родитељима исте врсте то је аутополиплоидија а после укрштања родитеља различитих врста настаје алополиплоидија. Када при ћелијској деоби дође до појаве да се поједини хромозоми не раздвоје до краја, па новонастале ћелије не добију једнак број хромозома, настаје појава анеуплоидија или хетероплоидија која је најчешће штетна за организам. Наиме, ту долази до поремећаја генске равнотеже услед изостанка или вишка неког од хромозома.

Мутације гена

Наследне промене које нису видљиве на хромозому а настају изненада у хемијској структури одређеног дела молекула ДНК тј. гена називају се *генске мутације*. Последица су промене редоследа нуклеотида после дупликације, делеције, инверзије или после замене неким другим нуклеотидом у одговарајућем делу молекула ДНК. Генске мутације се ретко јављају тј. у једном гену дешавају се једном на 100 000 ћелијских деоба.

То су промене у некој од особина које нису наслеђене од родитеља а наслеђују се у потомству. Најчешће су интересантне оне мутације које се испољавају на некој фенотипској особини јер је то извор нових сорти.

Некада су мутације тешко уочљиве па се промене у односу гена и особине могу открити биохемијском анализом.

Промене у одговарајућем гену које се испољавају у одговарајућем својству у фенотипу (макромутације) које су најштетније тзв. леталне мутације. Оне доводе до смрти организма.

Микромутације су такве мутације код којих је тешко утврдити везу између промене у структури гена и фенотипске особине у чијој детерминацији развића он учествује. То је због тога што је највећи број фенотипских карактеристика под контролом већег броја гена или полигена.

Мутације гена се могу јавити како код полних ћелија при настанку гамета тако и у соматским ћелијама.

Код промена у соматским ћелијама оне се изражавају код свих ћелија које настају деобом ове и то су тзв. *соматске мутације*. Оне могу да доведу до мозаичног изгледа новог организма као што је појава да се у истом ткиву или органу јављају различити типови ћелија (панаширани листови и сл.).

Чиниоци који изазивају наследне промене

Чиниоци који доводе до мутација називају се *мутацијенима*. Могу бити физичке, хемијске и биолошке природе.

Физички чиниоци су екстремне температуре, јонизујући, ултраљубичасти зраци и др.

Хемијски мутагени су разне киселине, хлориди, формалдехид, колхицин и сл.

Биолошки чиниоци су најчешће неки патогени вируси и др.

Основни појмови и принципи Екологије

Термин екологија потиче од грчких речи *oikos* – кућа, дом и *logos* – наука. Овај назив увео је у науку познати немачки биолог Ернест Хекел 1866. год, мада се оснивачем екологије сматра чувени енглески биолог Чарлс Дарвин, творац науке о органској еволуцији.

Екологија је биолошка дисциплина која се бави проучавањем узајамних односа између живих бића и спољашње средине, као и начинима прилагођавања живих бића условима спољашње средине. Организми живе у веома сложеном простору у коме ступају у различите врсте односа са другим организмима и адаптирају се према спољашњој средини. Од степена прилагођености организама зависи и могућност опстанка на одређеном простору.

Екологија се изучава са више аспеката, а најчешће на нивоу групе организама (микроорганизми, гљиве, биљке, животиње, човек), на нивоу животног окружења (копно, море, слатководна средина, космос), на нивоу организације живих бића (врста, популација, екосистем) као и према намени истраживања (основна и примењена).

Животна средина и њојам еколошких фактора

Под животном средином подразумева се скуп различитих еколошких фактора (физичких, хемијских, биолошких и др.) у одговарајућем просторном оквиру, који непрекидно делују на организме и за које су они везани својим животним потребама.

Елементи или фактори средине који су неопходни организму или имају негативан утицај на њега, називају се животни или еколошки фактори. Животни фактори су многобројни и веома променљиви, како по интензитету, тако и по величини, сталности и сл. Уколико долазе из спољашње средине називају се абиотички, а уколико су настали као резултат деловања других живих бића називају се биотички. У природи еколошки фактори не делују самостално, већ у виду веома сложене целине. Организми на различите начине прихватају и реагују на дејство спољашње средине. Биљке и животиње нису без реда распоређени у

спољашњој средини. Никада се неће развити биљни или животињски организам у пуној мери, уколико није максимално прилагођен на базичне услове спољашње средине. Кактусолике форме су, на пример, максимално прилагођене условима у сушним пределима, као што су хидрофилне врсте прилагођене на живот у условима повећане влажности. Све ове прилагођености оформљене су у веома сложеним и дуготрајним процесима еволуције. Као резултат тог процеса настале су посебне категорије биљака и животиња.

Еколошки фактори могу непосредно и посредно да делују на организам. Ако посматрамо температуру као еколошки фактор, она може деловати на организам непосредно, одређујући интензитет његове терморегулације и интензитет физиолошких процеса, а у исто време може деловати и посредно на животну активност. Организам, са друге стране, може само у одређеном опсегу да реагује на утицаје спољашње средине. Граница изван које није могућ опстанак организма назива се доња односно горња граница издржљивости. Најповољније дејство еколошког фактора на животну активност назива се оптимум, а најнеповољније песимум. Важан параметар је и дужина и интензитет деловања одређених фактора спољашње средине.

Еколошки фактори могу утицати на распрострањење врста у простору, на формирање различитих адаптивних особина, на оријентацију организама у правцу деловања фактора спољашње средине, на физиолошке процесе јединки у екосистему, на фенологију и понашање врста у екосистему.

Веома важан појам у екологији је и еколошка валенца. Под еколошком валенцом се подразумева способност прилагођавања врсте на одређени дијапазон дејства фактора спољашње средине. Што је шири опсег колебања дејства фактора средине на који организам може да се прилагоди и опстане, његова еколошка валенца је шира. Супротно, врсте које не могу да опстану под тако колебљивим факторима имају мању еколошку валенцу.

У вези са еколошком валенцом разликујемо стеновалентне и еуривалентне организме. Еуривалентни организми су они са широком еколошком валенцом. Стеновалентни организми, насупрот њима, могу да опстану само када су одступања од оптималних вредности појединих еколошких фактора мала.

Класификација еколошких фактора

Абиотички еколошки фактори се деле се на климатске, едафске и орографске.

Климатски фактори су од суштинског значаја за жива бића и животне заједнице. Климату одређују многобројни климатски елементи од којих су најважнији сунчево зрачење и светлост, температура, влажност и ветар.

Едафски фактори обухватају физичке, хемијске и биолошке карактеристике земљишта, као и геолошке карактеристике подлоге. Земљиште има једну од

најважнијих функција у кружењу материје. Од структуре и квалитета земљишта зависи и структура и састав биљних и животињских врста у животној заједници. Продукција екосистема и производња органске материје такође зависи од структуре и карактеристика земљишта.

Орографски фактори подразумевају елементе рељефа. У елементе рељефа спадају надморска висина, нагиб и експозиција (окренутост одређеној страни света). Ова три параметра су од изузетног значаја за распрострањење врста. Неке биљне и животињске врсте живе на већим, а друге на мањим надморским висинама. Нагиб терена такође условљава опстанак врста. Неке врсте су карактеристичне за стрме и терене већих нагиба какав је бели бор, а већина не може да се развија на таквим стаништима. Од експозиције терена зависи његова осунчаност, односно изложеност светлости и температуре. Читава група биљних врста спада у оне које су прилагођене на живот на осунчаним стаништима, а друга група биљака опстаје на мање изложеним стаништима.

Биотички еколошки фактори средине обухватају комплексно деловање живих организама на појединачни организам и животну средину. Они су веома разноврсни и веома значајни за ланце исхране, микроклиму одређеног станишта, размножавање и опстанак организама.

Односи исхране или трофички односи међу члановима биоценозе су једни од најважнијих типова односа. Могу да буду директни и индиректни. У директне односе исхране спадају хербиворија, предаторство, паразитизам и полупаразитизам, а у индиректне конкуренција за храну и компетиција.

Хербиворија је директан однос исхране биљојед – биљка, а у предаторству животиња – животиња, у коме је једна животиња ловац, а друга плен. Паразитски однос заснива се на односу паразит – домаћин. Један организам (паразит) живи на рачун другог организма (домаћин), а корист има само паразитски организам. У полупаразитском односу организам део својих потреба остварује на рачун домаћина, а други део остварује сам.

Индиректни односи исхране заснивају се на чињеници да многи организми користе исту или сличну врсту хране. Тада неминовно долази до конкурентских односа између чланова биоценозе. У овај тип односа спада и компетиција која подразумева конкурентске односе и за све остале ресурсе станишта (светлост, простор, минералне материје у земљишту).

Поред односа исхране веома су важни и сложени односи симбиозе, у којима:

- оба организма имају користи (мутуализам)
- само један организам има корист, а други не трпи штету (коменсализам)
- само један организам има корист, а други трпи штету (аменсализам)
- оба организма немају непосредне користи (неутрализам)
- у симбиотичке односе ступају повремено (протокооперација).

Антропогени фактори обухватају деловање човека на животну средину, а могу бити позитивни и негативни. Позитивни се односе на само присуство и живот човека, у смислу повећане количине CO_2 у ваздуху, исхране и сл. Негативни утицаји су много већи и односе се на деградације екосистема, прекомерно коришћење природних ресурса и сл.

Животне форме

Појам животне форме се може дефинисати као скуп морфолошких и физиолошких прилагођености једне врсте, усаглашених са условима животне средине. Другим речима, животна форма је скуп адаптивних својстава тј. прилагођености организама на услове спољашње средине. Животне форме немају директне везе са систематским категоријама, него су чисто еколошке категорије, а њихов настанак је резултат еволуционих процеса.

Код биљака се разликује неколико типова животних форми.

У животну форму фанерофита (р) спадају дрвеће и жбунови. Реч је о вишегодишњим дрвенастим биљкама чији се пупољци налазе високо изнад земље.

Хамефите (ch) су патуљасте биљке, чији се пупољци не издижу изнад површине земље, а покривени су заштитним љускама. Увек се јављају на екстремним стаништима, прилагођене су на велику хладноћу и сушу. Карактеристични су за област пустиња, степа и тундри.

Хемикриптофите (h) су вишегодишње зељасте биљке, чији надземни делови с јесени изумиру, а пупољци се налазе близу површине земље, при основи стабљике. Хемикриптофите чине највећу масу биљних врста у умереној зони, прилагођене су клими умерених и хладних предела и као такве представљају процентуално најбројнију групу животних форми у нашим пределима.

Геофите (g), су врсте код којих надземни делови потпуно изумиру, а неповољно доба преживљавају у земљи само њихови ризоме, стаблове и коренове кртоле и луковице на којима се налазе пупољци. Кристофите су заступљене у областима, које поред зимског, хладног периода карактеришу и летње суше као на пример степе, камењари, поједини типови шума, где се посебно развијају у пролећном периоду.

Терофите (t) су једногодишње биљке, чији се читав развој од клијања до доношења семена одвија у току једне вегетационе периоде. Неповољне услове за развој и опстанак преживљавају у облику семена, плодова и спора. То су биљке топлих камењара и сушних пустињских предела, у јужној географској области. Њих налазимо и на обрадивим површинама, виногорјима, запуштеним стаништима и др.

Хидрофите (h) су водене зељасте биљке које неповољан период године преживљавају у облику семена, туриона или подземних органа под водом.

Поред ових основних група животних форми разликују се и специјално прилагођене врсте као што су епифите, сукуленте, као доминирајућа форма у пустињским пределима и др.

Биоџој

Биљне и животињске врсте настајују одређена станишта. Станишта су веома разноврсна и зависе од комплекса абиотичких фактора. Међутим, готово свака врста опстаје само на неком од типова станишта. Зато се под биотопом подразумева просторно ограничена јединица, која се одликује специфичним комплексом абиотичких фактора. Према томе, може се закључити да сваки биотоп насељава одређена животна заједница. Како би се тачније дефинисао животни простор који заузима нека заједница, користи се и термин животно станиште.

Животни простори су веома разноврсни, почев од водених површина, преко приобалних, низијских, планинских и високопланинских предела до ваздуха, земље итд. На сваком од животних простора живи одређен број биљних и животињских врста које су прилагођене на конкретне услове станишта. Ако посматрамо само водено станиште, закључујемо да одређене врсте настајују слатку, друге слану воду, једне живе као флотантне, друге на већим дубинама, у плитким водама, акумулацијама, у брзим речним токовима итд. Сваки од наведених типова биотопа одликује се својом комбинацијом еколошких фактора. Некада је веома компликовано раздвојити типове станишта. У оквиру одређеног типа станишта утицај еколошких фактора на читавом простору, није једнаког интензитета.

Због обиља разноврсних станишта на земљи покушана је њихова класификација на веће организационе јединице или биохоре. Биохоре чине животне области, а то су животна област мора, животна област копнених вода и животна област копна.

Врсте, џојулације

Сваки животни простор, како је већ речено, насељавају одређене врсте. Под врстом се подразумева скуп покољења произашлих из општег претка, под утицајем средине и борбе за опстанак одвојених одабирањем од осталог живог света. Јединке или врсте врло ретко живе појединачно. Обично су распоређене у одређене популације. Популација се дефинише као скуп јединки исте врсте које се међусобно размножавају и насељавају неки еколошки или топографски простор. Она чини живу компоненту екосистема. Свака популација се карактерише одређеном структуром. Састав популације изражен је кроз

структуру, густину, просторни распоред, наталитет и морталитет, емиграцију и имиграцију, узрасну и полну структуру, растење и др.

Кроз бројност популације изражава се укупан број јединки које живе у популацији. Са друге стране, густина популације означава број јединки на јединици површине или запремине станишта. Преко бројности и густине одређује се величина популације.

Просторни распоред популације показује начин на који су јединке распоређене на стаништима. Овај распоред зависи од биологије самих врста као и од биотичких и абиотичких услова станишта. Просторни распоред може бити неравномеран, равномеран и групни.

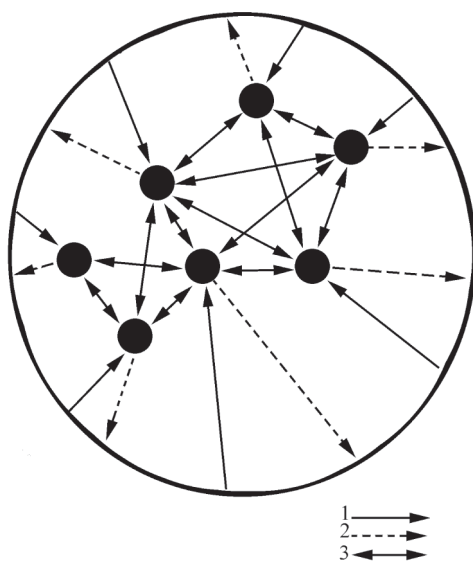
Једна од основних карактеристика врста је размножавање. Размножавањем се добијају нове јединке, односно повећава се наталитет. Супротно томе, процес угибања или смрти јединки назива се морталитет.

Животињске врсте имају способност кретања, а биљне врсте се шире преношењем полена, разношењем семена и др. На тај начин могу да промене животну средину и да се настане у некој другој тј. да имигрирају. Напуштање претходних станишта назива се емиграција. Ова два односа су у природи углавном уравнотежена.

Узрасна и полна структура популација дефинишу се кроз број јединки које се налазе на различитим степенима индивидуалног развића, односно на основу броја јединки одређеног пола.

Растење популације подразумева промену величине популације у одређеном времену, како у позитивном тако и у негативном смислу. Растење популације зависи од потенцијала размножавања. Животна средина, преко свог механизма који се назива отпор средине, регулише остварени потенцијал размножавања односно бројност и растење популације.

Популација је изложена дејству спољашње средине, а ефекти тог дејства могу бити различити, како позитивни тако и негативни. Неки од фактора спољашње средине могу изазвати негативан утицај на поједине врсте у оквиру популације, па долази до промена у саставу и структури популација. Популација, са своје стране,



Слика 63. Шематски приказ односа у једном биотопу: 1 акције, 2. реакције, 3. коакције. Црно обојени кругови означавају биљне и животињске организме

такође утиче на биотоп и то у великој мери. Научна дисциплина која се бави проучавањем популација назива се популациона екологија.

Животна заједница (биоценоза)

Популације су организациони део веће структуре која се назива биоценоза. Биоценоза је организована група популација које живе заједно у истим условима спољашње средине. Простор и ресурсе у животној заједници које заузима једна популација назива се еколошка ниша.

Сви чланови животне заједнице су према начину исхране повезани као произвођачи, потрошачи и разлагачи. Произвођачи су зелене биљке које процесом фотосинтезе саме производе храну потребну за обављање животних функција. Потрошачи су животињски организми који користе органске материје биљака и других жива бића. Разлагачи су организми који за исхрану користе угинуле организме или њихове делове.

Животна заједница и биотоп су повезани у јединствену еколошку целину. Животна заједница представља биотичку, а станиште абиотичку компоненту те целине.

Свака животна заједница се разликује по низу особина. Главне карактеристике животне заједнице су њена структура у погледу састава популација и врста, просторна и временска димензија и др.

Врсте које улазе у састав једне заједнице разликују се по значају, бројности, социјалности и степену присутности. Уколико нека врста даје обележје заједници, тј. уколико се по бројности, социјалности и значају налази изнад других врста означена је као доминантна врста. Доминантна врста је најчешће и градитељ те заједнице, означена је као едификатор и својим присуством утиче на особине и промене дате биоценозе. Таква врста је рецимо хрест у хрестовој шуми, буква у буковој шуми, смрча у смрчевој шуми, трска у мочварној заједници итд.

За животне заједнице веома је важна и просторна структура. Она обухвата хоризонтални и вертикални распоред организама. Углавном је условљена локалним разликама у условима станишта. Једну од основних карактеристика просторне структуре животне заједнице чини вертикална и хоризонтална стратификација (спратовност). Спратовност одражава слојевит распоред популација и животних комплекса условљен деловањем одговарајућих еколошких фактора.

Хоризонтални и вертикални слој се најчешће међусобно комбинују дајући зонални распоред. Код вертикалне стратификације лимитирајући еколошки фактор је светлост. У зависности да ли је слој осветљен или не, разликујемо зоне које насељавају организми који могу да врше фотосинтезу и зоне које насељавају организми без ове могућности. У сваком од вертикалних слојева

заступљена је посебна спратовност у зависности од врсте организама и њихове адаптације.

Спратовност је најбоље изражена у једној биљној заједници (фитоценози). Ако се као едификатор у једној фитоценози налази храст лужњак, онда се у спрату дрвећа сем едификаторске врсте налазе граб, брест, пољски јасен и др. У спрату жбуња веома је честа свибовина, глог, а у спрату приземне флоре луковац, зечја стопа, росопас и др.

Поред изражене надземне спратовности фитоценозу одликује и подземна спратовност и то: горњи и најплићи слој кога чине корени једногодишњих биљака, средњи са коренима трава и осталих зељастих биљака и најдубљи, кога образују корени жбунова и дрвећа.

Многе друге заједнице се одликују мањом спратовношћу него што је ова приказана. Водене заједнице, нарочито оне у морима и океанима такође имају развијену спратовност и то у великој мери.

Временска организација животне заједнице подразумева вршење различитих животних активности у различито време. Временска организација не доводи до суштинских промена у саставу и карактеристикама животне заједнице. Она укључује дневне, месечне и сезонске промене. Дневне промене су у вези са смењивањем дана и ноћи и активностима врста и популација. Месечне промене се односе на месечне ритмове активности, а сезонске настају због смењивања климатских прилика и годишњих доба. Промена изгледа биоценозе настала услед смењивања годишњих доба назива се аспективност, а сам изглед заједнице у различитим годишњим добима, аспект.

Екосистем

Биотоп као скуп биотичких и абиотичких фактора једног станишта и биоценоза као уређен систем врста и популација, чине веома сложену и комплексну структуру која је означена као екосистем. Екосистем је јединствена природна целина у коме се одвија живот и у коме се врши стално кружење материје и протицање енергије. У суштини, екосистем је на таквом нивоу организације да представља комплексно структурно–функционално јединство неживе и живе природе, односно биотопа и биоценозе.

Размена материје и протицање енергије у процесима биогеохемијских циклуса је једно од основних својстава екосистема. Реализује се кроз:

- везивање сунчеве енергије путем фотосинтезе и стварањем примарне органске материје од стране организама произвођача
- процесе коришћења ове материје заједно са везаном енергијом од стране организама потрошача
- разлагање од стране разлагача
- поновно коришћење материје од стране организама произвођача

Кроз бројне ланце исхране материја се непрекидно трансформише (од простих неорганских материја настају сложена органска једињења) и потом враћа у неоргански облик.

За разлику од материје која непрекидно кружи, енергија протиче кроз систем. Сунчеву енергију која доспева у екосистем у процесу фотосинтезе, везују ауотрофни организми у виду примарне органске материје. Ову енергију користе организми потрошачи и она се у складу са физичким законима термодинамике ослобађа из екосистема и напушта га у виду топлоте. С обзиром да је ово неповратан процес, кроз екосистем непрекидно протичу нове количине енергије.

Кружење материје обезбеђује временски неограничен опстанак јединки у оквиру екосистема, као и њихов непрекидни развој. То је једна од значајних функција сваког екосистема. На тај начин се формира биомаса, хемизам средине и сл.

Важна карактеристика екосистема је и могућност његове саморегулације. Овим процесом екосистем се одржава у непромењеном саставу, без обзира на утицаје спољашње средине. Сваки екосистем се развија повећавајући број врста као и односе и процесе између врста које улазе у његов састав. Самим тим екосистем се налази у сталном процесу еволуције.

У екосистему се разликују три врсте односа између његових компоненти. С једне стране су утицаји које биотоп, као комплекс свих еколошких фактора на датом месту, врши на жива бића. Ови утицаји су означени као акције. Али, исто тако и жива бића врше одређене утицаје на само станиште. Ти утицаји су означени као реакције. Најзад, постоје и узајамни утицаји између самих организама једне биоценозе. Ови утицаји представљени су појмом коакције.

Преображаји екосистема

Екосистем је веома динамична категорија. Његове промене условљене су променама двеју основних компоненти, а то су биотоп и биоценоза. Поступне, квалитативне промене екосистема у току времена називају се еколошке сукцесије.

Сукцесије екосистема се могу пратити на многим примерима. Најупечатљивије промене су оне када после великих елементарних непогода, пожара и сл. у потпуности бива уништен један екосистем. После извесног времена такав простор насељавају тзв. пионирске врсте као што су многе бактерије, алге и сл. које обогаћују земљиште. Након прве фазе може се пратити низ заједница које смењују једна другу, да би се, на крају, формирала стабилна структура екосистема, која остаје дуже времена. Завршна фаза у сукцесији назива се климакс заједница. Климакс заједница је у потпуној корелацији са условима станишта.

Промене екосистема могу бити позитивне и негативне. Позитивне промене воде његовом обнављању, обогаћивању, већој продукцији биомасе тј. његовој

прогресији. Негативне промене доводе до његовог нарушавања, осиромашења, замене врста тј. доводе до његове деградације.

Екосистеми Србије

Разноврсност и бројност екосистема Србије резултат је дугих историјских процеса као и многих абиогених чинилаца од којих су орографско-геолошки и климатски најважнији. У том смислу подручје Србије је подељено на област панонске низије (равничарски панонски базен) и брдско планинску област централне Србије.

Панонска област се налази дуж алувијалних равни, речних тераса и лесних заравни, висине од 100-140м. Ова област обухвата и острвске планине Фрушку гору и Вршачки брег.

Брдско планинска област је много сложенија и разноврснија. Обухвата пет планинских система различите старости са одговарајућим климатским карактеристикама.

У Србији је екосистемски диверзитет веома изражен. Разноврсност екосистема се најбоље приказује преко биљних заједница. Многи еколози сматрају да вегетацију наше земље чини око 600 различитих заједница, које имају зонални или азонални карактер. Зонални карактер биљних заједница је у вези са карактеристикама климе на одређеним надморским висинама. Азонални тип заједница нема правилан распоред у простору.

Основни зонални екосистеми наше земље су:

- екосистеми мезофилних листопадних шума китњака, граба и букве,
- екосистеми термофилних листопадних храстових шума,
- екосистеми термофилних листопадних шума у североисточним деловима Србије,
- екосистеми ксерофилних степа,
- екосистеми четинарских шума и др.

Осим тога разликује се:

- шумска и жбунаста вегетација
- зељаста вегетација која обухвата копнену, водену и антропогено условљену зељасту вегетацију.

У оквиру шумске вегетације разликују се:

- ширококосне вечнозелене шуме
- мешовите вечнозелене листопадне шуме
- широколисне листопадне шуме
- мешовите лишћарско-четинарске шуме
- четинарске шуме.

Заштита екосистема

На нашим просторима многи екосистеми су веома деградирани пре свега због непланске и нерационалне експлоатације. Антропогени утицај често доводи до осиромашења и уништења природних ресурса. Задатак екологије је и заштита и унапређење животне средине, тј. интегрална заштита природе.

Деградирани природни екосистеми се могу заштитити и обновити на неколико начина. Најчешћи поступци и методе које се користе су:

- ревитализација која подразумева процес оживљавања, односно обнављања аутохтоних типова природних екосистема у случајевима његове деградације
- рекултивација – процес обнављања претходних култура после њихове деградације. Овде се посебна пажња посвећује деградираном земљишту после чега се приступа обнови вегетације.

На већини деградираних терена обично се врши пошумљавање, а нарочито на теренима подложним ерозионим процесима. На еродибилним теренима примењују се агротехничке мере као што су увођење земљишног плодореда, претварање деградираних површина у ливаде и пашњаке, затрављивање, подизање воћњака, терасирање и пошумљавање. Циљ ових активности је повећање способности земљишта за упијање воде, обogaћивање земљишта и сл.

На нагнутим и веома деградираним теренима највећи ефекат заштите земљишта се постиже пошумљавањем. Пошумљавањем се штити земљиште од даљег одношења и спирања, успорава се отицање воде, побољшавају се хидролошке прилике, а самим тим се обезбеђује ток ланаца исхране, кружење материје и протицања енергије. Начин и технике пошумљавања зависе од нагиба терена, подлоге и многих других чиниоца.

У деградираним шумама и шикарама најчешће се врши мелиорација и претварање у густе изданачке шуме које добро штите земљиште од ерозије. У пешчарама најефикаснији начин заштите је подизање шумским засада, а заштита пољопривредних култура се најчешће врши подизањем шумским пољезащитних појасева.

У последње време поклања се изузетна пажња очувању угрожене флоре и фауне. Ради очувања изузетног биодиверзитета наше земље, спроводе се одговарајуће мере *in situ* заштите, које подразумевају и законску регулативу. *In situ* заштита означава читав низ мера и поступака којима се заштићују изворни екосистеми и популације појединих врста и њихових станишта. Законом о заштити животне средине Србије и Законом о заштити природе, одређена су природна добра као што су:

- национални паркови
- паркови природе
- предели изузетних одлика
- разервати природе

- специјални резервати природе
- споменици природе
- природне реткости

Национални парк је природна целина од националног значаја и у њему се примењују највиши облици заштите. У питању су природни екосистеми високе вредности, сложене грађе, са израженим биодиверзитетом и културно историјским споменицима. У нашој земљи национални паркови су Копаоник, Фрушка гора, Шар планина, Тара и Ђердап.

Парк природе је подручје са добро очуваним природним екосистемима, без већих деградационих промена. У Србији се налази 19 паркова природе, од којих су најпознатији Стара планина, Сићевачка клисура, Вршачке планине, Палић и др.

Предео изузетних одлика је релативно мање подручје са ненарушеним природним вредностима и са присуством облика традиционалног начина живота. У Србији су утврђена 4 предела изузетних одлика: Долина Пчиње, Мируша, Клисура реке Градац и Овчарско-Кабларска клисура.

Резерват природе је предео са посебним карактеристикама који првенствено служи за одржавање генетског фонда. У Србији су до сада проглашена 73 општа резервата природе, а неки од њих су: Делиблатска пешчара, Ртањ, Голија и др.

Специјални резерват природе је предео у коме је посебно изражена једна или више природних вредности које треба штитити и усмеравати. На територији Србије проглашено је 12 специјалних резервата природе, као што су: Обедска бара, Засавица, клисура реке Увац, клисура реке Трешњице и др.

Споменик природе је природни објекат или природна појава са посебним одликама, препознатљив, репрезентативних геоморфолошких, геолошких, хидрографских, ботаничких и других обележја, чак и оних формираних људским радом (ботаничке баште, арборетуми, дрвореди и сл.). У Србији је проглашен 261 споменик природе. Ботаничка башта „Јевремовац“ у Београду, Стари платан код Милошевог конака у Београду, Ресавска пећина, Ђавоља варош и др. су неки од споменика природе.

Природне реткости су биљне или животињске врсте или њихове заједнице којима је угрожен опстанак на природним стаништима, као и врсте које имају посебан научни значај, па се због тога морају заштитити. У Србији је до данас заштићено 215 биљних и 427 животињских врста. Оне се не смеју прикупљати нити ловити, а и њихова станишта не смеју да се уништавају.

Осим мера *in situ* заштите примењују се и мере *ex situ* заштите. Оне се односе на гајење и размножавање биљака и животиња ван њихових природних станишта. Обично се обављају у ботаничким баштама, зоолошким вртovima, образују се банке гена, семена и плодова, а неретко се у специјализованим лабораторијама одржавају, чувају и размножавају угрожене биљне и животињске врсте.

Методама реинтродукције и интродукције се такође заштићују биљне и животињске врсте. Реинтродукцијом се врсте на вештачки начин враћају на станишта са којих су ишчезли, а интродукцијом се на исти начин уводе на станишта на којима се раније нису развијали.

Многим интернационалним декларацијама и конвенцијама регулисане су методе и мере заштите. Неки од тих докумената су: Декларација о човековој средини, Декларација о очувању флоре и фауне и њихових станишта, Конвенција о очувању биодиверзитета, Конвенција о међународној трговини угроженим врстама дивље флоре и фауне, Конвенција о заштити мочварних станишта и др.

Биосфера

Биотоп и биоценоза, као основне компоненте екосистема, чине јединствену целину. Међутим, сам екосистем је само део универзалне, планетарне целине која се назива биосфера. Биосфера је глобални еколошки систем који представља врхунско јединство живе и неживе природе на земљи и обухвата читав простор насељен живим светом.

Биосфера је настала у току геолошке историје земље као резултат активности живих организама и процеса размене материје и енергије.

За биосферу је такође карактеристичан процес кружења материје и протицања енергије јер је на тај начин обезбеђен опстанак живих бића на земљи. Посебно је значајно кружење одређених хемијских елемената, као што су кисеоник, угљеник, водонок и азот.

Животне области

Сви природни екосистеми груписани су у оквиру одређених климатских области у јединице вишег реда – биоме. Биом сачињавају екосистеми и одговарајуће животне форме. Биом се групишу у област мора и океана, копнених вода и сувоземну област живота.

Сувоземна област живота обухвата:

- биом тропских влажних шума
- биом листопадних шума умерених зона
- биом северних четинарских шума (тајге)
- биом тундре
- биом степа
- биом пустиња
- биом зимзелених шума и шикара

Тропске влажне шуме заузимају екваторијални појас земље и представљају шумске екосистеме са најбогатијим живим светом. У овом биому расту веома висока стабла са бројним повијушама и лијанама.

Листопадне шуме умереног појаса карактерише смењивање летњег и зимског вегетационог периода. Према режиму влаге деле се на суве, средње, влажне и листопадне шуме.

Северне четинарске шуме захватају северне делове Европе, Азије и Америке. У тајги се јављају четинари, док се по ободу срећу и листопадне врсте. Нижи шумски спратови су услед недостатка светлости слабије развијени.

Тундра представља најсевернију област вегетације и захвата области јужно од арктичког појаса вечитог леда. Због климатских услова биљни покривач је састављен од ниског жбуња, трава, лишајева и маховина.

Степе обухватају простране травне заједнице без шумског дрвећа у равничарским подручјима, на свим континентима. У умереном, тропском и субтропском појасу означене су као степе, у северној Америци као прерије, у централној Африци као саване. У овом биому доминирају траве, док је дрвеће ретко или само појединачно заступљено.

Пустиње карактеришу мале количине падавина, високе просечне температуре и велика температурна колебања. Биљни покривач је оскудан, а чине га агаве, кактуси, специјалне врсте трава и млечике.

Зелене шуме и шикаре распрострањене су у приморским подручјима. Прилагођене су условима дугог и сушног лета и благих зима са обиљем падавина. Од дрвећа јављају се приморски бор, чемпрес, маслина, лавор и неке врсте храстова. Деградацијом ове шумске вегетације настају непроходни шибљаци који се називају макија у Средоземљу, односно чапарал у Калифорнији.

Основни принципи еволуционе Биологије

Еволуција је процес промена у генетичком материјалу популација, који се преноси кроз генерације и превазилази животни век јединке. Еволуција се изучава на основу палеонтологије, упоредне анатомије, биологије развића, биогеографије и молекуларне биологије. Теорија еволуције објашњава процесе и механизме еволутивних промена.

Палеонтологија је наука која се бави проучавањем фосила. Фосили су окамењени остаци организама који су некада живели у одговарајућем окружењу. Упоредно анатомским истраживањима могуће је утврдити порекло структура код биљака и животиња. Особине које воде порекло од исте структуре заједничког претка називају се хомологије. Уколико су структуре сличног изгледа и функција, а немају заједничко порекло називају се аналогиије. Под термином конвергентна еволуција подразумева се да мање сродни организми могу на сличан начин да се прилагоде условима спољашње средине. Изучавањима у области биологије развића долази се до података о сличности у развићу одређених структура у биљном и животињском телу, на ембрионалном и молекуларном нивоу. Распрострањење живог света на земљи објашњава наука која се назива биогеографија. Подаци ових истраживања неопходни су за објашњење еволуционих процеса. Молекуларни ниво истраживања заснива се на чињеници да жива бића имају генетички код. На основу сличности генетичког кода утврђују се заједничко порекло.

Порекло живота на Земљи и настанак првобитних организама

Сматра се да је живот постао на Земљи пре око 3,8 милијарди година. Појава првих живих система уско је повезана са хемијским процесима на површини земље. Физичке и хемијске особине воде и угљеника омогућиле су да се формирају прва једињења од којих је почела хемијска тј. предбиолошка еволуција. Тај процес је трајао скоро милијарду година.

Од једноставнијих једињења настају аминокиселине, беланчевине и полипептиди, липиди и нуклеинске киселине. Сматра се да је прво настала

РНК, спонтаним спајањем малог броја нуклеотида. У сложеним хемијским реакцијама РНК, појавиле су се основне организационе јединице ДНК. Процеси полимеризовања молекула су се највероватније одвијали у воденој средини. Они, код којих је редослед растења био стабилнији и бржи, опстајали су и размножавали се на више мањих. Тако су се стварали све стабилнији системи код којих је дошло до усавршавања и понављања процеса. Када је редослед процеса достигао такву поновљивост да је систем из својих делова могао поново да изгради једну исту целину, тј. да оствари саморепродукцију, настао је живот и то прво у воденој средини. Сви организми који данас живе на Земљи имају заједничко, монофилетичко порекло.

Првобитни организми су настали пре око 3,2 милијарде година у анаеробним условима. Исхрана се обављала хетеротрофним начином, јер су користили органске материје ван свог организма. Тек касније се развила способност коришћења сунчеве светлости, обављање процеса фотосинтезе и прелазак на аутотрофан начин исхране. Многи организми који нису стекли ово својство заувек су нестали, а остали су неки од њих који су се прилагодили на паразитски начин живота. Сматра се да појава фотосинтезе датира пре више од 3 милијарде година. На овај начин је обезбеђен слободни кисеоник захваљујући коме је дошло до минерализације. Када се, пре око две милијарде година кисеоник продуковао у довољној количини, дошло је и до формирања слоја озона, а у то време су настали и први ћелијски организми који су имали спољашњи ћелијски зид и органеле као што су митохондрије и пластиди.

Филојенетски развој живих бића

Првобитно настали организми су се усавршавали и дивергирали у наредних 2–2,3 милијарде година, а тек пре 1,5 милијарду година настали су вишећелијски организми. У следећих неколико стотина милиона година настале су:

- једноћелијске биљке и животиње (Monera i Protista)
- гљиве (Fungi)
- више биљке (Planta)
- животиње (Animalia)

Први аутотрофни организми биле су зелене и модрозелене алге, слободнолебдеће у води. Потом су се формирале зелене и мрке алге које су биле причвршћене за дно мора. Самим тим дошло је и до процеса минерализације, обогаћивања подлоге, па су се захваљујући тим процесима формирали и први биљни организми који су прешли на сувоземни начин живота.

Сувоземан начин живота захтевао је другу организацију биљног тела, како вегетативног тако и репродуктивног система. Да би биљке могле нормално да функционишу било је неопходно да се оформи проводни систем, органи као што су корен, стабло и лист. Репродуктивни органи су у почетку били заштићени,

цела биљка је представљала гаметофит генерацију (маховине), а са друге стране су настале врсте код којих је спорофит генерација била доминантна.

Скривеносеменице су се појавиле у јури, пре око 200 милиона година.

Први трагови животиња нађени су пре око 800 милиона година из реда сунђера, дупљара, црва и зглавкара.

Дарвинова теорија еволуције

И пре појаве Дарвинове теорије еволуције покушало се са објашњењима о постанку живих бића и о еволутивним процесима. Још је Аристотел (IV век пре нове ере) конструисао лествицу живих бића, а далеко је осавременио творац бинарне номенклатуре Карл Лине. Доказе да је савремени живи свет настао развитком простијих облика први је утврдио француски природњак Ламарк. Он је истицао и да спољни чиниоци могу изазвати прилагођености које се преносе наслеђем.

Много више доказа и теоријских објашњења дао је енглески природњак Чарлс Дарвин. На његовом учењу се заснива садашња теорија еволуције. Дарвин је пошао од чињенице да су живи организми међусобно веома разноврсни и да се непрекидно налазе у борби за опстанак. Борба за опстанак обезбеђује даљи живот само онима који су најбоље прилагођени на услове спољашње средине. Тиме се врши стално природно одабирање (селекција) јединки које су носиоци најповољнијих карактеристика при датим условима средине. Наслеђивањем оваквих одлика у следећим генерацијама стварају се још веће могућности да јединке испоље своје особине.

Значај Дарвинове теорије заснива се и на чињеници да је први изнео претпоставку да се извор разноликости организама налази и у њиховом сталном мутирању, тј. у наследним променама које се преносе на генерације. По његовој теорији организми који најчешће одступају од основне форме имају веће шансе да у селекцији и борби за опстанак преживе. Ове особине уједно воде ка дивергенцији у различите врсте.

Еволутивни процеси и теорија специјације

У еволуцији и филогенији живог света основну јединицу чини популација. Еволутивни процеси се одвијају кроз мутације, селекције, миграције и генетичком случајношћу. Мутацијама се обезбеђује наследна променљивост организама, селекцијом се адаптивно усмеравају промене настале мутацијом, миграцијама и генетичком случајношћу се мање или више мења структура популације.

Процес настанка врста назива се специјација. Јединке исте врсте имају у својим ћелијама једнак број хромозома, могу међусобно да се укрштају, имају

исте морфолошке и физиолошке особине. Настанак нове врсте углавном је везан за промену структуре удаљених и изолованих популација. Уколико се дуготрајном селекцијом промени генетичка структура популације, долази до делимичне репродуктивне изолованости која води настанку подврста, а уколико после дужег времена репродуктивне изолованости не дође до спајања истих врста настају нове врсте. Ови процеси су веома дуготрајни, тако да је за образовање подврсте потребно 10 000–100 000 година, а за постанак нове врсте од 100 000 до пет милиона година.

Литература

- Брајковић, М. (2004): Зоологија инвертебрата II део, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Гајић, М. (1987): Шумска ботаника са анатомијом дрвета, Универзитет у Београду,
Шумарски факултет, Београд
- Гајић, М.; Вилоћих, Д.; Обрађов, Д. (1994): Ботаника за I разред Шумарске школе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Гроздановић-Радовановић, Ј. (1991): Хистологија, Научна књига, Београд.
- Denffer, D.; Ziegler, H. (1982): Botanika. Morfologija i Fiziologija, Školska knjiga, Zagreb.
- Јанковић, М. (1979): Фитоекологија с основама фитоценологије и прегледом типова вегетације на земљи, Научна књига, Београд.
- Касџори, Р. (1998): Физиологија биљака, Фељтон, Нови Сад.
- Крунић, М. (1992): Зоологија инвертебрата I део, Научна књига, Београд.
- Крунић, М., Брајковић, М., Шайкарев, Ј., Томановић, Ж., Сјанисављевић, Љ. (1999): Систематика инвертебрата са практикумом II део.
- Magdefrau, K.; Ehrendorfer, F. (1984): Botanika: Sistematika, Evolucija i Geobotanika.
Školska knjiga, Zagreb.
- Пејковић, Б; Дулећих-Лаушевић, С. (2001): Практикум из анатомије и морфологије биљака, NNK International, Београд.
- Пејковић, Б., Обрађов-Пејковић, Д. (2005): Ботаника са практикумом.
Биолошки факултет Универзитета у Београду.
- Пејров, Б., Калезић, М. (2003): Биологија за II разред гимназије природно-математичког смера и II разред пољопривредне школе, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.

Радовић, И., Пејров Б. (2005): Разноврсност живота i. Структура и функција, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, (175)

Стевановић, Б.; Јанковић, М., 2002: Екологија биљака са основама физиолошке екологије биљака, ННК Интернационал, Београд.

Ташић, Б. (1999): Биологија за I разред средње школе. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд

Ташић, Б.; Пејковић, Б., 1983: Општа ботаника. ПМФ Београд, Југословенски завод за продуктивност рада, Београд

Ташић, Б; Пејковић, Б. (1991): Морфологија биљака, Научна књига, Београд.

Туцовић, А. (1981): Практикум из генетике са оплемењивањем биљака, Грађевинска књига, Београд

Цветковић Д., Лакушић Д., Машић Г.; Кораћ А., Јовановић С. (2008): Биологија

за IV разред гимназије природно-математичког смера. Завод за уџбенике, Београд

Wilson, C.; Loomis, W. (1972): Botany. Holt, Rinehart and Wilson, INC. New York.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

57(079.1)

ОБРАТОВ-Петковић, Драгица, 1956-

Биологија : приричник за полагање
пријемног испита на Шумарском факултету
у Београду : (одсеци: пејзажна архитектура и
хортикултура и еколошки инжењеринг у заштити
земљишних и водних ресурса) / Драгица
Обратов-Петковић, Матилда Ђукић, Милка
Главендекић - 3. допуњено изд. - Београд :
Шумарски факултет, 2010 (Београд : Планета
принт). - 175 стр. : илустр. ; 25 cm

На врху насл. стр. : Универзитет у Београду.
- Тираж 300. - Библиографија: стр. 174-175.

ISBN 978-86-7299-169-7

1. Ђукић, Матилда [аутор], 1952- 2

Главендекић Милка [аутор], 1960-

а) Биологија

COBISS.SR-ID 173789964