



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ



БОТАНИКА

Љиљана Николић
Дејана Џигурски
Бранка Љевнаић-Машић



Љиљана Николић
Дејана Цигурски
Бранка Љевнаић-Машић

БОТАНИКА



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Нови Сад, 2026.

Едиција

Основни уџбеник

Оснивач и издавач едиције

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет Нови Сад,
Трг Доситеја Обрадовића 8

Година оснивања

1954.

Главни и одговорни уредник

проф. др Ненад Магазин, редовни професор
Декан Пољопривредног факултета Нови Сад

Чланови Комисије за издавачку делатност

проф. др Марица Петровић, ванредни професор - председник
проф. др Зорица Срђевић, редовни професор
проф. др Ивана Давидов, редовни професор
проф. др Ксенија Мачкић, ванредни професор
проф. др Дејан Беуковић, ванредни професор

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

58(075.8)

НИКОЛИЋ, Љиљана, 1966-

Ботаника / Љиљана Николић, Дејана Џигурски, Бранка Љевнаић-Машић. -
Нови Сад: Пољопривредни факултет, 2026 (Аранђеловац: Три О). - 390
стр.: илустр. ; 25 см. - (Едиција Основни уџбеник / Пољопривредни
факултет, Нови Сад)

Доступно и на: [http://polj.uns.ac.rs/sr/udzbenici#overlay-
context=sr/node/2988](http://polj.uns.ac.rs/sr/udzbenici#overlay-context=sr/node/2988). - Тираж 40. - Библиографија.

ISBN 978-86-7520-651-4

1. Џигурски, Дејана, 1968- 2. Љевнаић-Машић, Бранка, 1976-
а) Ботаника

COBISS.SR-ID 192552201

Аутори

проф. др Љиљана Николић, редовни професор
проф. др Дејана Џигурски, редовни професор
проф. др Бранка Љевнаић-Машић, редовни професор

Главни и одговорни уредник

проф. др Ненад Магазин, редовни професор
Декан Пољопривредног факултета Нови Сад

Уредник

проф. др Љиљана Николић, редовни професор
Пољопривредни факултет Нови Сад

Технички уредник

проф. др Бранка Љевнаић-Машић, редовни професор
Пољопривредни факултет Нови Сад

Рецензенти

проф. др Лана Зорић, редовни професор,
Природно-математички факултет Нови Сад
проф. др Горан Аначков, редовни професор,
Природно-математички факултет Нови Сад
проф. др Срђан Шеремешкић, редовни професор,
Пољопривредни факултет Нови Сад

Издавач

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет Нови Сад

Штампа

Три О д.о.о.
Краља Петра I 77а, Аранђеловац

Штампање одобрила

Комисија за издавачку делатност

Тираж

40

Забрањено прештампавање и фотокопирање.
Сва права задржава издавач.

Место и година штампања

Нови Сад, 2026.

ПРЕДГОВОР

Овај уџбеник је намењен студентима студијских програма Ратарство и повртарство, Фитомедицина, Воћарство, виноградарство и хортикултура и Пејзажна архитектура, Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду. Поред тога, намењен је и студентима Органске пољопривреде и Анималне производње за део предмета Биологија који се односи на област ботанике, као и свима које на било који начин интересује ботаника.

Услед непостојања одговарајућег уџбеника на предмету Ботаника, конципираног према савременим стандардима, аутори су се након дугогодишњег рада са студентима на Пољопривредном факултету, прихватили писања уџбеника у нади да ће овај уџбеник приближити ботанику студентима и олакшати им савладавање неопходног знања из ботанике као фундаменталне науке, неопходне за њихово даље успешно образовање у струци, и науци, ако се определе за научни рад.

У овом уџбенику обрађено је градиво које је предвиђено наставним планом предмета Ботаника на Пољопривредном факултету Универзитета у Новом Саду, трудећи се да обухватимо све оно што је неопходно, а свесно избегавајући опширно објашњавање појединих делова као и навођење ботанички важних и специфичних области (појмова), које студентима основних академских студија агрономије, нису неопходне.

За обликовање овог уџбеника, користиле смо доступну домаћу и страну уџбеничку литературу, сопствена запажања и искуства из области ботанике као и интернет изворе за одређене илустрације (искључиво у едукативне сврхе), које су у мањој или већој мери прилагођене или допуњене, а текст уз илустрације је преведен на српски језик, са наведеним изворима (линковима) на крају уџбеника.

С посебним поштовањем се захваљујемо рецензентима проф. др Лани Зорић, проф. др Горану Аначкову и проф. др Срђану Шеремешину на изузетном труду, веома посвећеном и пажљивом читању и анализи рукописа, на корисним саветима и важним сугестијама које су допринеле квалитету коначног текста. Велику захвалност дугујемо и колегиници проф. др Ивани Максимовић, на уложеном труду и корисним сугестијама у поглављу Цитологија. Велико хвала нашем колеги проф. др Илији Арсенићу, физичару-метеорологу, на корисним и добродошлим сугестијама у деловима текста о абиотичким еколошким факторима. Хвала Давиду Фицу, сараднику у настави на Ботаници и нашој лаборанткињи Тањи Васиљевић, на пажљивом читању рукописа. Захваљујемо и свима који су и најмањим доприносом помогли да овај уџбеник буде објављен.

Такође, бићемо захвалне свим читаоцима који примете и укажу нам на евентуалне недостатке овог уџбеника, како бисмо их отклониле у следећем издању.

САДРЖАЈ

УВОД (Љ. Николић)	1
ЦИТОЛОГИЈА (Љ. Николић)	5
Биљна ћелија	6
Облик и величина биљне ћелије	6
Делови биљне ћелије	6
Цитоплазма	7
Хемијске особине цитоплазме	7
Физичке особине цитоплазме	13
Цитоплазматичне мембране (биомембране)	15
Ћелијске органеле	18
Двомембранске ћелијске органеле	18
Пластиди	18
Хлоропласти	20
Хромопласти	23
Леукопласти	24
Митохондрије	25
Једномембранске ћелијске органеле	26
Ендоплазматични ретикулум	26
Голџи апарат (диктиозом, Голџи комплекс, Голџи тело)	28
Сферозоми	29
Микротела	29
Лизозоми	31
Вакуола	31
Немембранске ћелијске органеле	35
Рибозоми	35
Микротубуле	38
Микрофиламенти	38
Једро	39
Деоба ћелије (ћелијски циклус)	45
Митоза	45
Мејоза	48
Производи метаболичке активности протоплазме	51
Резервне материје	51
Биолошки (физиолошки) активне материје	54
Ћелијски зид	54
ХИСТОЛОГИЈА (Б. Љевнаић-Машић)	63
Класификација биљних ткива	66
Творна ткива (меристеми)	67
Апикални (вршни) меристеми	68
Латерални (бочни) меристеми	70
Камбијум	70
Фелоген (плутин камбијум)	72
Интеркаларни (уметнути) меристеми	72
Трауматични меристеми	72

САДРЖАЈ

Трајна ткива	73
Паренхимска ткива	73
Паренхим за фотосинтезу (хлоренхим)	74
Паренхим за резервисање (магационирање)	75
Паренхим за резервисање ваздуха (аеренхим)	76
Паренхим за апсорпцију (апсорпциони паренхим)	76
Паренхим за провођење (проводни паренхим)	77
Кожна (покорична) ткива	77
Епидермис (епидерм)	77
Перидермис (перидерм)	81
Мртва кора (ритидома)	83
Механичка ткива	84
Коленхим	84
Склеренхим	85
Распоред механичких ткива	87
Проводна ткива	88
Ксилем	89
Флоем	91
Проводни снопићи	92
Концентрични проводни снопићи	92
Колатерални проводни снопићи	93
Радијални проводни снопићи	94
Секреторна ткива	94
Унутрашња (ендогена) секреторна ткива	95
Спољашња (егзогена) секреторна ткива	96
ОРГАНОГРАФИЈА (Д. Цигурски)	101
Клица	102
Клијање семена	103
Принципи изградње биљног тела	105
Вегетативни органи	107
Изданак	107
Морфологија изданка	107
Пупољак	108
Стабло	111
Морфологија стабла	111
Гранање	111
Класификација биљака у односу на чврстоћу стабла	112
Анатомска грађа стабла	114
Примарна анатомска грађа стабла дикотила	114
Примарна анатомска грађа стабла монокотила	117
Секундарна грађа стабла	119
Лист	124
Морфологија листа	124
Категорије листова	124
Распоред листова	130
Анатомска грађа листа	131
Грађа листа дикотила	131
Грађа листа монокотила	133

САДРЖАЈ

Метаморфозе изданка	135
Метаморфозе листа	140
Корен	142
Морфологија корена	142
Коренов систем	143
Анатомска грађа корена	144
Примарна грађа корена	144
Секундарно дебљање корена	147
Метаморфозе корена	148
РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА (Љ. Николић)	155
Бесполно размножавање	155
Вегетативно размножавање	156
Природно вегетативно размножавање	156
Вештачко вегетативно размножавање	158
Бесполно размножавање у ужем смислу	162
Полно размножавање	163
Смењивање полног и бесполог размножавања	164
Смена једрових фаза и смена генерација	164
Циклус развића маховина	165
Циклус развића изоспорних папрати	166
Циклус развића хетероспорних папрати	167
Полно размножавање семеница (цветница)	168
Полно размножавање голосеменица	169
Полно размножавање скривеносеменица	171
Цвет	171
Цветни омотач	173
Прашници	175
Тучак	179
Цvasti	185
Цветање	190
Опрашивање	191
Оплођење	193
Циклус развића скривеносеменица	194
Семе	196
Плод	200
Расејавање плодова и семена	208
СИСТЕМАТИКА БИЉАКА	
Систематика биљака (Љ. Николић)	211
Домен Eukarya – еукариотски организми	215
Царство Plantae – биљке	215
Раздео Monosporangiophyta	215
Раздео Polysporangiophyta (Tracheophyta)-ВАСКУЛАРНЕ БИЉКЕ	216
Подраздео Lycoperidiophytina	216
Класа Lycoperidiopsida – пречице	216
Подраздео Polypodiophytina	217
Класа Polypodiopsida (Leptosporangiatae) – папрати	217
Подкласа Equisetidae – раставићи	217

САДРЖАЈ

Подкласа Ophioglossiidae	218
Подкласа Polypodiidae	219
Ред Salviniaceae	219
Ред Polypodiales	220
Подраздео Spermatophytina – семенице	222
Класа Lycopodiopsida (Pteridospermae)–„семене папрати“	222
Gymnospermae – голосеменице	223
Класа Cycadopsida – цикаси	223
Класа Ginkgoopsida – гинко	224
Класа Gnetales	225
Класа Pinopsida – четинари	226
Фамилија Pinaceae	226
Фамилија Cupressaceae	228
Фамилија Taxaceae	229
Angiospermae (Magnoliophyta, Anthophyta)–скривеносеменице (цветнице)	230
Класа Magnoliopsida	231
ДИКОТИЛЕ	234
Надред Nymphaeales	234
Ред Nymphaeales	234
Фамилија Nymphaeaceae	234
Надред Magnoliales	235
Ред Magnoliales	235
Фамилија Magnoliaceae	235
Ред Piperales	236
Фамилија Aristolochiaceae	236
Надред Ceratophyllales	237
Ред Ceratophyllales	237
Фамилија Ceratophyllaceae	237
Надред Ranunculales	237
Ред Ranunculales	237
Фамилија Ranunculaceae	237
Фамилија Berberidaceae	239
Фамилија Papaveraceae	239
Надред Caryophyllales	241
Ред Caryophyllales	241
Фамилија Amaranthaceae	241
Фамилија Caryophyllaceae	241
Фамилија Chenopodiaceae	243
Фамилија Polygonaceae	244
Надред Rosales (Д. Цигурски)	245
Ред Vitales	245
Фамилија Vitaceae	245
Ред Cucurbitales	246
Фамилија Cucurbitaceae	246
Ред Fabales	248
Фамилија Fabaceae	248
Ред Fagales	250
Фамилија Betulaceae	250
Фамилија Fagaceae	251

САДРЖАЈ

Фамилија Juglandaceae	252
Ред Malpighiales	253
Фамилија Euphorbiaceae	253
Фамилија Linaceae	254
Фамилија Salicaceae	254
Фамилија Violaceae	255
Ред Rosales	256
Фамилија Moraceae	256
Фамилија Rosaceae	257
Фамилија Urticaceae	261
Фамилија Cannabaceae	262
Ред Brassicales	263
Фамилија Brassicaceae	263
Ред Geraniales	265
Фамилија Geraniaceae	265
Ред Malvales	266
Фамилија Malvaceae	266
Фамилија Tiliaceae	267
Ред Sapindales	268
Фамилија Rutaceae	268
Ред Boraginales (Љ. Николић)	269
Фамилија Boraginaceae	269
Ред Gentianales	269
Фамилија Rubiaceae	269
Ред Lamiales	270
Фамилија Lamiaceae	270
Фамилија Oleaceae	272
Фамилија Orobanchaceae	273
Фамилија Plantaginaceae	274
Фамилија Scrophulariaceae	274
Ред Solanales	276
Фамилија Convolvulaceae	276
Фамилија Solanaceae	277
Ред Apiales	279
Фамилија Apiaceae	279
Ред Asterales	281
Фамилија Asteraceae	281
Фамилија Campanulaceae	284
Ред Dipsacales	285
Фамилија Dipsacaceae	285
МОНОКОТИЛЕ (Б. Љевнаић-Машић)	286
Надред Lilianae	286
Ред Alismatales	286
Фамилија Alismataceae	286
Фамилија Araceae	287
Ред Liliales	289
Фамилија Liliaceae	289
Ред Asparagales	290
Фамилија Alliaceae	290

САДРЖАЈ

Фамилија Amaryllidaceae	291
Фамилија Convallariaceae	292
Фамилија Iridaceae	292
Фамилија Orchidaceae	293
Ред Poales	295
Фамилија Poaceae	295
Фамилија Cyperaceae	298
Фамилија Juncaceae	300
Фамилија Turphaceae	300
Ред Arecales	301
Фамилија Arecaceae	301
ЕКОЛОГИЈА БИЉАКА	
Екологија биљака (Љ. Николић)	305
Биљке и спољашња средина	309
Еколошки фактори	310
Абиотички фактори	311
Климатски фактори	311
Светлост као еколошки фактор	313
Температура као еколошки фактор (Д. Цигурски)	320
Животна форма	326
Вода као еколошки фактор	332
Ваздух као еколошки фактор (Љ. Николић)	342
Земљиште као еколошки фактор	347
Орографски фактор	355
Биотички фактори (Б. Љевнаић-Машић)	356
Узајамни односи између биљака	358
Узајамни односи између биљака и животиња	361
Узајамни односи између биљака и микроорганизама	367
Узајамни односи између биљака и човека (антропогени фактор)	368
.....	
Фитоценологија (Д. Цигурски)	372
Зонирање вегетације на Земљи	380
Антропогене биљне заједнице	382
ЛИТЕРАТУРА	386
Слике и илустрације - извори	388
Изводи из рецензија	390

УВОД

БОТАНИКА је наука о биљкама. Део је биологије, науке о животу. Назив ботаника потиче од грчке речи *botane*, што значи трава, биљка. Други назив за ботанику јесте **фитологија**, такође изведен од грчке речи *fitos* што значи биљка и *logos* што значи наука, учење. Предмет истраживања у оквиру ове биолошке науке су биљке, односно њихова грађа, животни процеси, размножавање, класификација, распрострањеност, односи између биљака и спољашње средине, као и њихово порекло на основу фосилних остатака.

Проучавање биљака човек је почео од давнина, интересујући се за биљке које је користио за исхрану као и лековите биљке. У наредној фази развоја, сакупљао је плодове које је чувао, сејао и на одређени начин вршио њихову селекцију, добијајући и чувајући квалитетније примерке. Управо овакве активности указују на човекову исконску потребу за производњом веће количине хране, што се може сматрати првим почецима пољопривреде (период каменог доба). У наредним епохама, управо пољопривреда постаје значајна људска делатност, која је довела до развоја ботанике као науке.

Изузетан допринос и преокрет у развоју биологије, а самим тим и ботанике, било је откриће микроскопа (XVI век, браћа Јенсен/Janssen) који је омогућио нова сазнања о грађи биљака односно о структури биљне ћелије (XVII век, Роберт Хук/Robert Hooke). Поред тога, огроман допринос у погледу номенклатуре биљног света (именовање таксона) дао је Карл Лине (Carl von Linné, XVIII век). Усавршавањем микроскопа, тек почетком XIX века, интензивније се развијала анатомија биљака. Посебан допринос у погледу схватања развоја и порекла живих бића, односно њихове еволуције дао је Чарлс Дарвин (Charles Darwin), у свом капиталном делу „Порекло врста“ (“On the Origin of Species”, 1859).

Биљке, односно целокупни биљни свет, се могу проучавати са различитих аспеката, те се и ботаника као наука може оквирно поделити у више дисциплина:

Морфологија – проучава грађу биљних ћелија (цитологија), ткива (хистологија) и органа (анатомија), односно унутрашњу и спољашњу грађу биљака,

Физиологија – проучава животне процесе у биљкама,

Систематика – проучава класификацију и систематизацију биљака на основу њиховог порекла и сродности,

Геоботаника – проучава законитости географске распрострањености биљака (фитогеографија), међусобне односе биљака и спољашње средине (фитоекологија) и биљних заједница (фитоценологија),

Палеоботаника – проучава биљни свет претходних епоха на основу фосилних остатака.

УВОД

Поред наведених, постоји низ дисциплина које ботанику повезују са другим наукама, од којих су најтешње везе са агрономијом, шумарством, хортикултуром и фармацијом.

Развој живих бића, па тако и биљака, текао је постепено, у дуготрајном процесу еволуције. Сва жива бића имају **заједничко порекло** о чему сведоче њихове заједничке особине:

Целуларност	ћелија је основна структурна и функционална јединица живих бића
Заједничка хемијска грађа	почива на 20 аминокиселина и нуклеинским киселинама
Метаболизам	заједнички биохемијски процеси анаболизма (синтеза) и катаболизма (разградња) уз непрекидну размену материја и проток енергије
Раст, развиће и размножавање	генетски континуитет на молекуларном (ДНК), ћелијском (митоза) и нивоу организма (размножавање)
Надражљивост	жива бића реагују на различите утицаје из спољашње средине
Променљивост	реагујући на различите спољашње утицаје, жива бића се мењају
Адаптивност	способност прилагођавања на спољашње утицаје
Смрт	свако живо биће се одликује одређеном дужином живота (животног циклуса)

Дакле, жива бића представљају само један облик постојања материје, која се одликује специфичном организацијом. Међутим, и поред већег броја заједничких особина живих бића, ипак постоје значајне **разлике између биљака и животиња**, које су све израженије што су ови организми на вишем еволуционом степену развоја.

Основне разлике између биљака и животиња:

БИЉКЕ	ЖИВОТИЊЕ
Ћелије са ћелијским зидом	Ћелије без ћелијског зида
Имају пигмент хлорофил	Немају пигмент хлорофил
Аутотрофан начин исхране	Хетеротрофан начин исхране
Директно користе сунчеву енергију	Индиректно користе сунчеву енергију (преко биљака)
Неограничен раст	Ограничен раст
Не крећу се локомоторно	Кретање углавном локомоторно

Иако су наведене разлике присутне код већине биљака и животиња, важно је напоменути да ипак постоје одређена одступања, која управо указују на њихово заједничко порекло.

УВОД

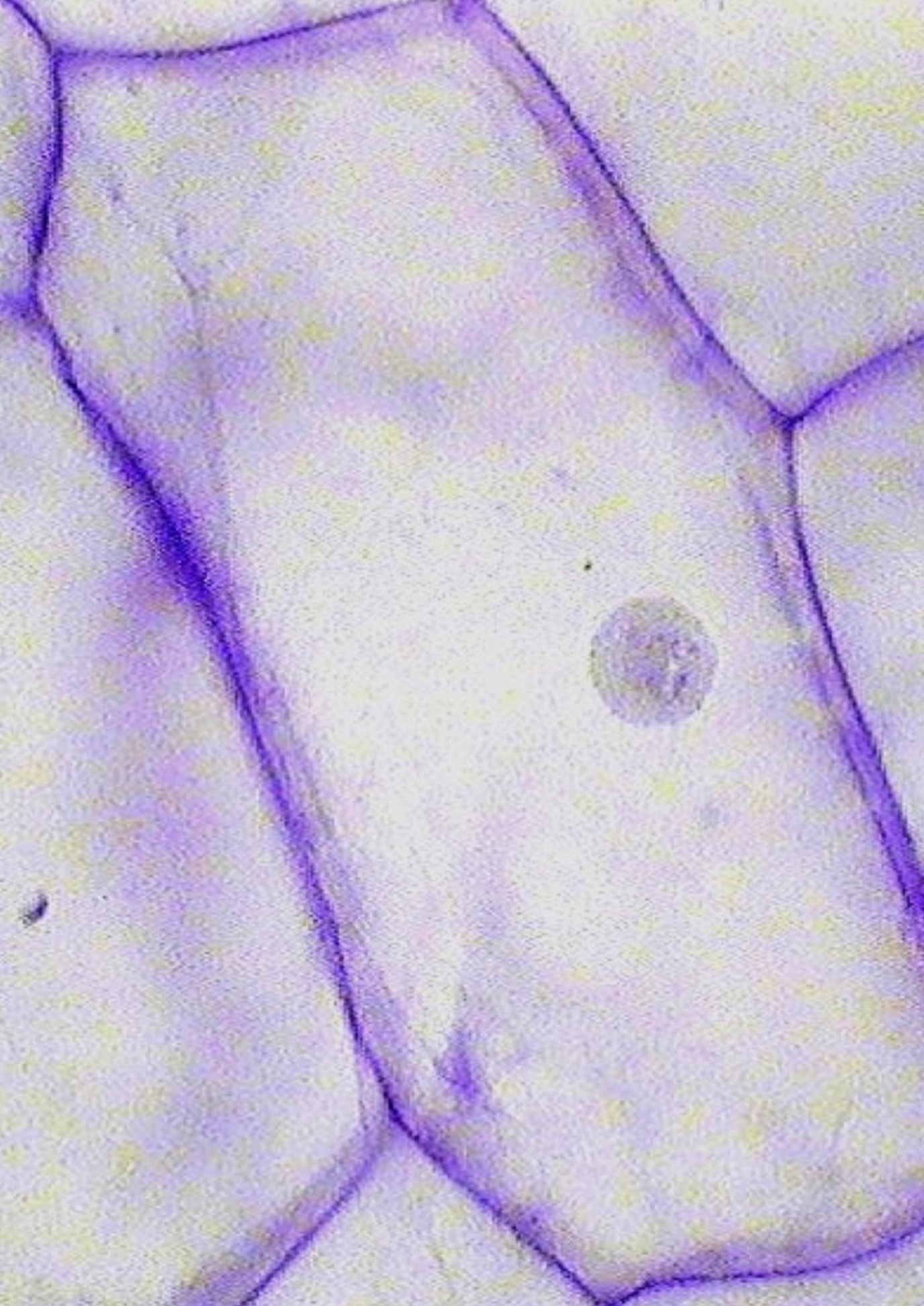
Зеленим биљкама припада **јединствена улога на планети Земљи**, а то је улога примарних продуцентата, односно организама који у процесу **фотосинтезе** из неорганских једињења (CO_2 и H_2O) стварају примарна органска једињења, уз учешће хлорофила и светлосне енергије (пореклом од Сунца) која се током фотосинтезе трансформише у хемијску енергију. **Фотосинтеза**, јединствен биоенергетски процес у природи, је кључна карика у ланцима исхране на Земљи и од **највећег значаја за одржање и еволуцију живог света**. Кружење кисеоника, угљеника и других елемената укључених у фотосинтезу, одржава атмосферу у специфичном саставу, што је неопходан услов живота на Земљи.

БОТАНИКА и **АГРОНОМИЈА** су веома тесно повезане од самих почетака човековог интересовања за биљке (јестиве и лековите). Дакле, и ботаника и агрономија се тесно преплићу својим историјским развојем, односно биљком као предметом проучавања, али и методама истраживања.

Специфичност ботанике огледа се у томе што су објекат проучавања ботаничара самоникле биљке, док се агрономија и агрономи баве углавном проучавањем гајених биљака. Јасно је да је тешко повући оштру границу између наведених категорија биљака кад се анализира рад стручњака из области ботанике и агрономије, јер није ретко, да се ботаничар бави проучавањем неких гајених биљака, а агроном пак дивљим сродницима гајених биљака.

Предмет проучавања ботаничара представља целокупан биљни свет што подразумева огроман број врста који се процењује на око 500 000, које настајују копнене и водене екосистеме, док се број врста које проучавају агрономи процењује на око 1 000, са великим бројем сорти. Ботаничар свеобухватно проучава биљке: њихову грађу, физиолошке процесе, размножавање, њихову класификацију и систематску припадност на основу сродности, распрострањеност на планети Земљи, односе са другим живим бићима и стаништем итд. Циљ проучавања и рада стручњака из области агрономије односи се на употребу биљака за практичне потребе, односно обезбеђивање довољне количине хране за целокупно човечанство. Овакав циљ агронома, који имају испред себе, захтева веома много знања из ботанике, као фундаменталне науке, као и много агрономских знања и стручности, за постизање што већих приноса и смањења губитака током пољопривредне производње. Неретко, управо међусобна сарадња ботаничара и агронома даје најбоље резултате у погледу постизања високих приноса гајених биљака.

Улога биљака у животу човека је огромна, јер су биљке човеку храна и лек, али и незаменљива сировина за производњу огромног броја предмета за свакодневну употребу. **Због тога ботаника, као наука о биљкама, за студенте агрономије има изузетан значај, а врхунски приноси и успешна биљна производња постижу се управо захваљујући одличном познавању биљака, њихове грађе, физиологије и захтева према најважнијим факторима спољашње средине, што је могуће постићи, на првом месту, стицањем неопходних знања из области ботанике.**



ЦИТОЛОГИЈА

ЦИТОЛОГИЈА је грана биологије која се бави проучавањем грађе, функције и животних процеса у ћелији. За откриће ћелије заслужан је енглески физичар Роберт Хук (Robert Hooke) који је 1665. године уз помоћ микроскопа, у структури плуте уочио и описао мале шупљине ограничене зидом и назвао их *cellula* (лат.) – ћелија. Ипак, тек почетком XIX века почиње интензивније проучавање структуре ћелије када се и појавила тзв. **ћелијска теорија**, чији су зачетници ботаничар Шлајден (Schleiden) и зоолог Шван (Schwann), што је био кључни тренутак за развој цитологије као науке.

Ћелија је најмања, основна структурна и функционална јединица живих бића, односно организована, елементарна јединица живота.

Процењује се да је еволуција ћелије трајала три до четири милијарде година, а да су се остали облици живота развили у релативно кратком временском периоду, од око 600-700 милиона година.

Широко је прихваћено мишљење да се ток еволуције (постанак, развој) ћелије кретао од малих молекула, преко макромолекула, затим супрамолекула до органела, односно да је постојала структурна хијерархија у овом дуготрајном сложеном процесу.

Да би ћелија функционисала као елементарна јединица живота односно сложен, савршено организован живи систем, потребно је да поседује:

- **систем мембрана** - ограничавају ћелију и њене органеле, регулишу транспорт материја унутар ћелије и између ћелије и њене околине;
- **систем који ће обезбедити енергију** - потребну за функционисање ћелије, из процеса ћелијског дисања;
- **систем за саморепродукцију ћелије** - ДНК, деоба ћелије.

Број ћелија је везан за ниво организације живих бића. Тако се у биљном свету разликују једноћелијски облици, чије је тело изграђено само од једне ћелије, која обавља све животне функције. С друге стране, тело виших биљака изграђено је од огромног и неодређеног броја ћелија, међу којима постоји подела функција. Дакле, у једној ћелији могу да се обављају различите функције, али постоје и ћелије специјализоване само за одређену функцију (нпр. фотосинтезу, усвајање материја, примање надражаја и сл.).

На основу **организације живе материје**, према важећим ставовима у науци, могу се издвојити следеће категорије:

ПРОКАРИОТИ (*Prokaryota*) – организми са ћелијском грађом, али без диференцираног једра (бактерије и цијанобактерије)

ЕУКАРИОТИ (*Eukaryota*) – савршенији организми, чије ћелије поседују диференцирано једро.

Биљке, некада више биљке (*Cormophyta, Planta vasculares*) припадају домену еукариота (***Eukaryota***) и њихово тело је изграђено од ћелија које поседују потпуно диференцирано једро.

У наредном тексту биће наведене основне карактеристике ћелије биљака.

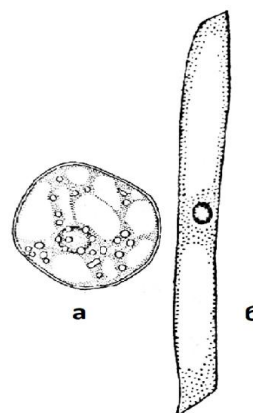
БИЉНА ЋЕЛИЈА

ОБЛИК И ВЕЛИЧИНА БИЉНЕ ЋЕЛИЈЕ

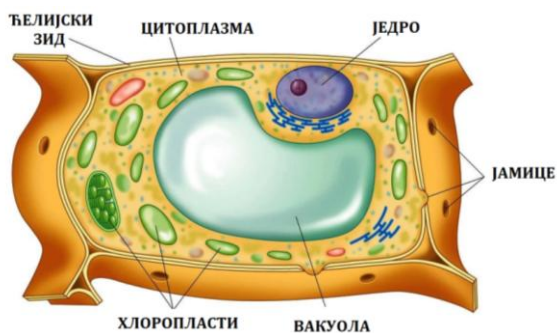
Иако у грађи виших биљака учествују ћелије различитог облика (око 80 различитих ћелијских облика), ипак их можемо свести на два основна облика: **паренхимске** и **прозенхимске** (Сл. 1). **ПАРЕНХИМСКЕ ЋЕЛИЈЕ** су ћелије код којих су све три просторне димензије приближно исте (изодијаметричне ћелије), па су паренхимске ћелије углавном лоптастог, елипсоидног или квадарног облика. Код **ПРОЗЕНХИМСКИХ ЋЕЛИЈА** дужина је значајно израженија, па су прозенхимске ћелије издужене, са зашиљеним врховима (вретенаст, призматичан облик).

Треба имати на уму да се ћелије одликују **тродимензионалношћу** (попут коморице), и да се под микроскопом, углавном, виде као дводимензионалне. Уобичајено је да се приликом проучавања анатомске грађе биљака, ћелије најчешће посматрају на попречном пресеку. Поред тога, користе се и уздужни и тангенцијални пресеци.

Слично облику ћелија, и величина биљних ћелија се веома разликује и варира у великим размерама. Међутим, просечна величина ћелија виших биљака креће се **од 10 до 100 μm** . Обично су метаболички активније ћелије мањих димензија. Веће димензије достижу углавном паренхимске ћелије које служе за резервисање воде и хранљивих материја (нпр. ћелије сочних плодова лимуна, поморанџе, лубенице, могу се видети голим оком) и издужене механичке ћелије - ликина влакна код коприве (80 μm), лана (65 μm) или пак млечне цеви - ткива за лучење које могу бити дуге и по неколико метара.



Слика 1. Облик ћелија виших биљака: а - паренхимска; б - прозенхимска



Слика 2. Биљна ћелија (шема)

ДЕЛОВИ БИЉНЕ ЋЕЛИЈЕ

Основне делове потпуно диференциране типичне ћелије васкуларних биљака, чине **протоплазма** и

ЦИТОЛОГИЈА

ћелијски зид. Појам протоплазма подразумева све оно што се налази унутар спољашње цитоплазмине мембране. Протоплазма садржи **органеле** које су носиоци виталних метаболичких функција, и **ергастичне супстанце (ћелијски материјал)** највећим делом смештене у **вакуоли**, које служе као резервне материје, заштитне материје или крајњи производи метаболизма. Ћелијски зид даје облик и одређену чврстину ћелији и штити њену унутрашњост (Сл. 2).

ЦИТОПАЗМА

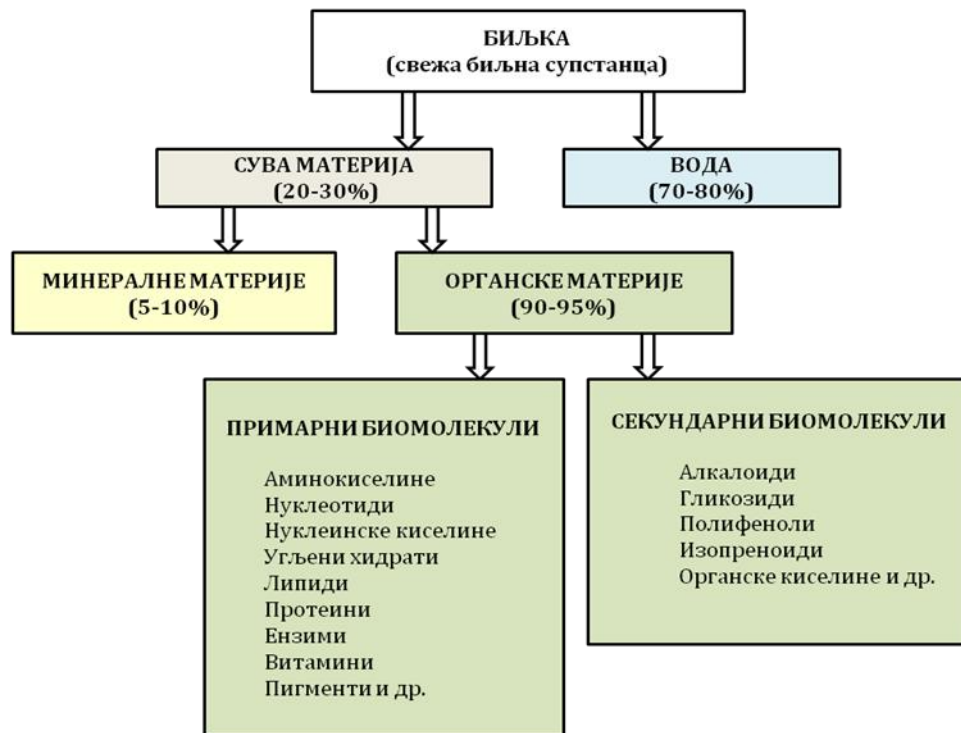
Цитоплазма чини највећи, основни део протоплазме, односно, то је протоплазма без једра. Под микроскопом је прозачна, слузава, полутечна маса коју чине: **цитоплазматични матрикс** (хијалоплазма, мезоплазма, цитосол), у коме се налазе бројне **органеле** (митохондрије, пластиди, рибозоми итд.) и **грануле** (партикуле), оивичен **цитоплазматичним мембранама** (ПАЗМАЛЕМА - уз ћелијски зид и ТОНОПЛАСТ – уз вакуолу). Цитоплазма је смеша најразноврснијих материја које су повезане у једну **ФУНКЦИОНАЛНУ, ЖИВУ ЦЕЛИНУ**.

Хемијске особине цитоплазме

Цитоплазма је у хемијском погледу **изузетно сложен комплекс материја** са већим или мањим садржајем воде. Хемијски састав цитоплазме је **променљив** и варира у зависности од разних чинилаца: од биљне врсте, од врсте ткива, стадијума развоја биљке, али он варира и у оквиру једне исте ћелије с обзиром на метаболичку активност. Због тога је веома тешко одредити прецизан хемијски састав цитоплазме. Хемијски састав цитоплазме (Сл. 3) чине веома разноврсне материје чије присуство заправо и омогућава одвијање најразличитијих метаболичких процеса у живој ћелији. Метаболички процеси у ћелији су веома уравнотежени и усклађени, што је предуслов нормалног функционисања ћелије.

Жива, активна цитоплазма садржи највише **воде (70-80%)**. Вода је за живу ћелију неопходна јер се без воде биохемијски и физиолошки процеси не могу одвијати. Вода у ћелији делује као **растварач** у коме је растворен или суспендован велики број различитих неорганских и органских материја (аминокиселине, протеини, ензими, нуклеотиди, угљени хидрати, јони итд.). Вода у цитоплазми служи и као **транспортно средство**, она је и **медијум за колоиде цитоплазме** који су веома важни за одвијање бројних биохемијски и физичких процеса. Вода, као једињење, учествује и у многобројним **метаболичким процесима у ћелији**. У биљној ћелији разликујемо **везану воду (4-7%)**, која улази у састав различитих сложених једињења, као и у структуру колоида цитоплазме, и **слободну воду** која најчешће делује као растварач и углавном се налази у вакуоли.

ЦИТОЛОГИЈА



Слика 3. Основни хемијски састав свеже биљне супстанце

Различита хемијска једињења (органска и неорганска), која улазе у састав цитоплазме, изграђена су од хемијских елемената. Међу њима издвајамо **НЕОПХОДНЕ** или **ЕСЕНЦИЈАЛНЕ ЕЛЕМЕНТЕ**, без којих биљка не може да заврши свој животни циклус. Од неопходних елемената, **макроелементи** су они који у већој количини учествују у грађи биљне ћелије: угљеник (C), кисеоник (O), водоник (H), азот (N), фосфор (P), сумпор (S), калијум (K), калцијум (Ca) и магнезијум (Mg), док су **микроелементи**: гвожђе (Fe), манган (Mn), цинк (Zn), бакар (Cu), молибден (Mo), кобалт (Co), бор (B) и хлор (Cl) (за неке биљне врсте и никал (Ni) и натријум (Na)), неопходни за развој биљке, али их биљке усвајају и садрже у мањој количини. У цитоплазми се могу наћи и **корисни**, али не и неопходни елементи као што су: силицијум (Si), алуминијум (Al) и др. који могу стимулативно да утичу на биљке. **Некорисни и токсични** елементи за биљну ћелију су: кадмијум (Cd), жива (Hg), олово (Pb), арсен (As), хром (Cr) и др.

Неорганске материје у цитоплазми се углавном срећу у **облику соли** и тада диспергују на **анјоне** (PO_4^{3-} , NO_3^- , SO_4^{2-} и др.) и **катјоне** (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и др.). Њихово присуство је од великог значаја за одржавање pH и регулисање осмотског притиска у ћелији. Минералне соли у биљним ћелијама су: хлориди, сулфати, калијумове, натријумове и друге соли. Поред тога, минералне материје се у ћелији налазе и у нејонизованом облику, улазећи у састав различитих биомолекула (ензими, пигменти и др.). Неке минералне соли се у биљној ћелији, у нејонизованом облику, налазе у форми ћелијских

ЦИТОЛОГИЈА

инклузија које немају улогу у метаболизму ћелије (калцијум оксалат, силицијум диоксид, калцијум карбонат).

Од органских материја, најважнију улогу у цитоплазми имају: **угљени хидрати (шећери), липиди (масти), протеини (беланчевине), нуклеинске киселине и биолошки (физиолошки) активне материје.**

УГЉЕНИ ХИДРАТИ (ШЕЋЕРИ), налазе се у ћелијама свих ткива и органа биљака. Њихова количина у грађи биљне ћелије је везана за биљну врсту и тип ћелије. Угљени хидрати у биљној ћелији имају СТРУКТУРНУ, ЕНЕРГЕТСКУ И УЛОГУ РЕЗЕРВНИХ МАТЕРИЈА.

У цитоплазми биљне ћелије, угљени хидрати се налазе у форми: **МОНОСАХАРИДА** (триозе - $C_3H_6O_3$; пентозе: $C_5H_{10}O_5$ - рибоза, $C_5H_{10}O_4$ дезоксирибоза; хексозе - $C_6H_{12}O_6$ - глукоза, галактоза, фруктоза); **ДИСАХАРИДА** ($C_{12}H_{22}O_{11}$ - сахароза, малтоза, целобиоза) и **ПОЛИСАХАРИДА** (скроб, целулоза, хемицелулоза, пектинске материје).

Најзначајнији моносахариди у цитоплазми су пентозе (**рибоза и дезоксирибоза**) због учешћа у структури нуклеинских киселина. Најзаступљенија резервна материја у биљној ћелији је полисахарид **скроб**, изграђен из огромног броја моносахарида глукозе, повезаних кисеоничним мостовима у два типа полимера: равни (амилоза) и разгранати (амилопектин). **Целулоза, хемицелулоза и пектинске материје** су важни полисахариди који имају структурну улогу у изградњи ћелијског зида.

ЛИПИДИ (МАСТИ) су у цитоплазми такође заступљени као СТРУКТУРНЕ МАТЕРИЈЕ, али и као значајни извори ЕНЕРГИЈЕ И РЕЗЕРВНЕ МАТЕРИЈЕ.

Масти су велика и хетерогена група органских једињења, различите структуре, састава и својстава. Разликујемо **праве (просте) масти** – гради их трохидроксилни алкохол глицерол и више масне киселине (у биљној ћелији су честа **уља и триглицериди** - важне резервне материје, одлични изворе енергије) и **сложене масти** - граде их просте масти уз учешће и других органских једињења. Из категорије сложених масти за биљну ћелију су најзначајнији **фосфолипиди и гликолипиди**, који улазе у структуру цитоплазматичних мембрана.

ПРОТЕИНИ (БЕЛАНЧЕВИНЕ) су веома важни биомолекули који улазе у састав цитоплазме. Протеини цитоплазме су најчешће по облику глобуларни, што под електронским микроскопом цитоплазматичном матриксу даје фини грануларни изглед. Протеини имају изузетно важну улогу у ћелији, њима припада ЦЕНТРАЛНО МЕСТО У СТРУКТУРИ И ФУНКЦИЈИ ЖИВЕ МАТЕРИЈЕ, па их називамо и „НОСИОЦИ ЖИВОТА“.

У ћелији разликујемо **структурне (конститутивне) протеине** који чине основу различитих структура у ћелији, затим **ензимске протеине** (биокатализатори, ензими) физиолошки активне материје и **резервне протеине.**

Протеини су макромолекули колоидне природе. Они су полимери, великих молекулских маса. Изграђени су из аминокиселина међусобно повезаних пептидним везама. У грађи природних (нативних) протеина учествује **20 ЕСЕНЦИЈАЛНИХ АМИНОКИСЕЛИНА:** глицин, аланин, валин, леуцин, изолеуцин,

ЦИТОЛОГИЈА

метионин, фенилаланин, пролин, аспарагинска киселина, глутаминска киселина, серин, треонин, цистеин, тирозин, аспарагин, глутамин, триптофан, лизин, аргинин и хистидин. Њихов редослед и број даје огроман број најразличитијих комбинација различитих молекула протеина. Биосинтеза аминокиселина се одвија највећим делом у **хлоропластима**, а мањим делом у **митохондријама** и **цитоплазми**.

Прости протеини су изграђени само из аминокиселина, а ако у њиховој грађи, поред аминокиселина, учествују и друге компоненте, непротеинске природе тзв. протетична група, тада су сложени или **протеиди** (нпр. са фосфорном групом - фосфопроteid; са угљеним хидратима - гликопротеид; са пигментом - хромопротеид, са липидима - липопроteid, са нуклеинским киселинама - нуклеопротеид).

НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ су огромни биополимери који имају изузетно важну биолошку улогу јер управљају важним процесима у ћелији од којих је најважније **чување и преношење наследних особина, односно генетичких информација**, са генерације на генерацију. Због своје улоге у биосинтези полимера називамо их и ПРОГРАМЕРИМА ЖИВОТА. Својства живих бића зависе од њихове структуре.

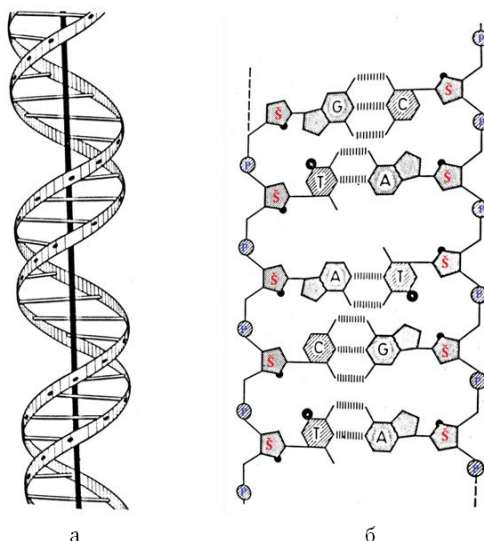
Нуклеинске киселине су основне супстанце једра, хромозома, митохондрија, хлоропласта. Назив су добиле по томе јер су први пут нађене у једру (*nucleus*). Нуклеинске киселине имају изузетно сложену хемијску грађу чију основну градивну јединицу чини **нуклеотид** (мононуклеотид), који се повезују у **полинуклеотидни ланац**, који чини сложену структуру нуклеинске киселине. Сваки нуклеотид чине три компоненте повезане ковалентним везама: **шећер пентоза, азотна база и остатак фосфорне киселине**. У структури нуклеинских киселина од пентоза улазе **дезоксирибоза** (у ДНК) и **рибоза** (у РНК), а од ПУРИНСКИХ АЗОТНИХ БАЗА: **аденин (А)** и **гуанин (G)** и од ПИРИМИДИНСКИХ: **тимин (Т)**, **цитозин (С)** и **урацил (U)**. Једина разлика у садржају азотних база између нуклеинских киселина је та што **РНК садржи урацил (U) уместо тимина (Т)**.



Слика 4. Нуклеотид ДНК (шема)

Дезоксирибонуклеинска киселина (ДНК) има улогу да **преноси генетичке информације (наследне особине)** са генерације на генерацију и учествује у регулисању метаболизма током живота ћелије. У грађу ДНК улази шећер **дезоксирибоза (C₅H₁₀O₄)**, **пуринске базе (А и G)** и **пиримидинске (Т и С)** и остатак **фосфорне киселине**. Један нуклеотид (мономер) ДНК чине једна азотна база, шећер дезоксирибоза и остатак фосфорне киселине (Сл. 4). У структури ДНК учествује огроман број нуклеотида (и до 80 000).

За откриће структуре ДНК (1953. године) заслужни су Росалин Френклин (Rosalind Franklin) и Вотсон и Крик (Watson и Crick). Они су открили да је молекул ДНК **тродимензионалан двојни хеликс** (спирала) (Сл. 5а), да подсећа на спиралне „степенице“ на којима шећерно-фосфатни ланци чине **стубове** и чине **основу структуре ДНК**, а парови база, које **носе генетичке информације**, повезани водоничним везама, чине попречне **пречаге** (Сл. 5б). Суштина овог биополимера лежи у **комплементарности између азотних база**, тако се **аденин увек везује за тимин (А-Т)**, а **цитозин за гуанин (С-Г)**.

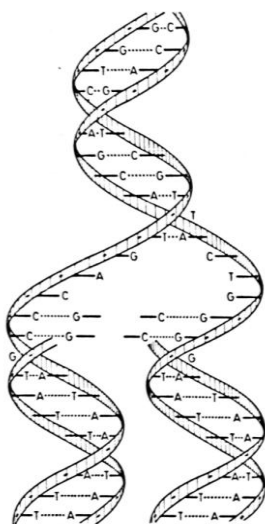


Слика 5. Модел структуре ДНК: а – двојни хеликс; б – комплементарно повезане базе/нуклеотиди, у структури ДНК; S – шећер дезоксирибоза; P – фосфатни остатак, T – тимин, A – аденин, G – гуанин, C – цитозин

Део молекула ДНК који носи информацију за синтезу једног протеина називамо **ГЕН**. Дакле, редослед нуклеотида у молекулу ДНК **условиће редослед аминокиселина у синтетисаном полипептидном ланцу**. Молекул ДНК представља **збир различитих информација (упутстава) које кодирају особине живих бића**.

ДНК се разликује код различитих биљних врста, варира чак и код појединих индивидуа исте врсте, а разлике потичу од редоследа азотних база у структури ДНК.

Основу биолошке улоге ДНК чини њена **способност удвајања (репликације)** – сл. 6. У том процесу се кидају водоничне везе између азотних база и формирају се два једнострука ланца. Након тога се слободни нуклеотиди (који се у цитоплазми налазе као метаболити) везују за раздвојене ланце, дајући два нова двострука ланца. На тај начин се увек формира **нов комплементаран ланац**, јер ће се увек **за тимин везати аденин, за гуанин цитозин** и обрнуто (Сл. 6).



Слика 6. Удвајања (репликација) ДНК

Рибонуклеинска киселина (РНК) је изграђена од једног полинуклеотидног ланца. У грађу РНК улази шећер **рибоза** ($C_5H_{10}O_5$), **пуринске (А и G) и пиримидинске (U и C) базе** и **остатак фосфорне киселине**. Један нуклеотид (мономер) РНК чине једна азотна база, шећер рибоза и остатак фосфорне киселине. РНК се ОБРАЗУЈЕ у ЈЕДРУ на раздвојеном једноструком ланцу ДНК, транскрипцијом (преписивањем) одређених делова једног ланца ДНК, тако што се **за аденин (А) веже урацил (U)**, а остале базе су исте као у ДНК. Дакле, РНК представља копије појединих делова (гена) ДНК. Затим РНК прелази у цитоплазму, где је има знатно више у односу на њен садржај у једру. РНК у ћелији има улогу у процесу **синтезе протеина**.

Према структури и функцији, у биљној ћелији издвајамо три врсте РНК: информациона или messenger РНК (iRNK; mRNK), транспортна РНК (tRNK) и рибозомална РНК (rRNK).

Информациона РНК је од великог значаја јер преноси генетичку информацију преузету од ДНК. Везује се за рибозоме (место синтезе протеина) носећи информацију за синтезу одређених протеина. Три нуклеотида чине **КОДОН (МАТРИЦУ)** и носе информацију о редоследу везивања аминокиселина у полипептидни ланац. Што је молекул информационе РНК дужи (може да садржи и 100 нуклеотида), садржи више информација.

Транспортна РНК је изграђена од мањег броја нуклеотида (75-90). Служи за преношење (транспорт) аминокиселина у току процеса синтезе протеина. Она садржи тзв. антикодонску петљу, где се налази триплет нуклеотида, тзв. **АНТИКОДОН** који препознаје („чита“) кодон са информационе РНК и транспортује одређене аминокиселине до рибозома. Присуство антикодонске петље условило је облик овог макромолекула који подсећа на лист детелине.

Рибозомална РНК чини већи део рибозома, где заједно са протеинима, чинећи рибонуклеопротеиде, гради ове органеле. Од све три врсте РНК, рибозомална РНК чини највећу масу ћелијске РНК. Синтетише се у једру са једног ланца ДНК, али не садржи информацију за синтезу протеина.

БИОЛОШКИ (ФИЗИОЛОШКИ) АКТИВНЕ МАТЕРИЈЕ. Поред наведених материја у хемијском саставу цитоплазме, потребно је посебно истаћи присуство **биолошки (физиолошки) активних материја - ензими, витамини и фитохормони** - који регулишу и омогућавају различите процесе у биљној ћелији.

ЕНЗИМИ (ферменти, биокатализатори) су протеински молекули који убрзавају биохемијске процесе у ћелији, где се налазе у великом броју, али у малим количинама. Имају специфично деловање, па је један ензим углавном способан да делује само на одређени тип супстрата. У том процесу настаје интермедијерни комплекс „ензим-супстрат комплекс“, након кога ензим остаје непромењен, а супстрат ће бити активираан, трпећи хемијске трансформације.

ВИТАМИНИ су веома хетерогена група биолошки активних материја, различите хемијске природе, који се у ћелији такође налазе у малим

количинама, али испољавају високу биолошку активност. У ћелији су тесно везани са ензимима, улазе у састав њихових простетичних група (коензими). Деле се у две групе: **хидросолубилни** (растворљиви у води) – витамин Ц, комплекс Б витамина и ПП (никотинска киселина) и **липосолубилни** (растворљиви у мастима) – А, Д, Е и К. Витамини су неопходни у многобројним метаболичким процесима (метаболизам органских материја, преносиоци H^+ јона у ћелији, у синтези пуринских и пиримидинских база и нуклеотида, као антиоксиданси спречавају непожељне оксидативне процесе у ћелији, важни у циклусу транспорта електрона у процесу фотосинтезе и др.).

ФИТОХОРМОНИ су физиолошки активне органске материје који се у цитоплазми налазе у веома малим количинама. Стварају се само у одређеним ћелијама и транспортују се у друге ћелије (делове биљке) где изазивају физиолошки одговор, дакле место њихове синтезе и место деловања им се најчешће разликују. Код биљака стимулишу, инхибирају или на други начин модификују процес раста и развића. Тако се у категорији фитохормона, због свог значаја за биљке, на основу хемијских особина и њиховог физиолошког дејства, издвајају: **ауксини** и **гиберелини** (хормони који регулишу раст и развиће); **цитокинини** (регулишу ћелијску деобу); **инхибитори раста** (абсцисинска киселина и етилен инхибирају разне фазе раста и развића) и др.

СЕКУНДАРНИ БИМОЛЕКУЛИ. Поред примарних биомолекула, биљна ћелија синтетише и **секундарне биомолекуле**. Они су по правилу специфични за биљну врсту и не учествују директно у физиолошко-биохемијским процесима. Према хемијским карактеристикама, разликујемо више група секундарних биомолекула: биљни полифеноли, изопреноиди, алкалоиди, танини, флавоноиди, терпеноиди, органске киселине и др. Велики број биљних врста луче секундарне биомолекуле тзв. активне хемијске материје (алелохемикалије) које на друге биљке и микроорганизме делују инхибиторно (ређе имају стимулативно дејство), па имају еколошки значај. У новије време, ова особина виших биљака добија и практични значај, јер се алелохемикалије могу користити као природна средства за заштиту биљака, о чему постоје бројни научни резултати.

Физичке особине цитоплазме

Цитоплазма је смеша различитих једињења који са водом образују **праве и колоидне растворе**. Праве растворе у цитоплазми образују најчешће шећери и минералне материје, а колоидне растворе образују макромолекули (протеини, липиди, нуклеинске киселине). Дакле, цитоплазма према физичким особинама представља **многофазни колоидни раствор**, у коме дисперзну фазу чине хидрофилне материје које на површини адсорбују молекуле H_2O . Присуство колоидних честица у цитоплазми, значајно повећава њену активну површину, што омогућава истовремено одвијање великог броја биохемијских реакција. Између колоидних честица у цитоплазми постоје **силе атракције (привлачења)** које држе на окупу

молекуле колоида, а чија јачина зависи од дебљине воденог омотача око макромолекула. Што је водени омотач дебљи, силе атракције су слабије (сол-стање) и обрнуто (гел-стање). Цитоплазма као колоидни систем може веома лако да прелази из **сол** (РЕЋЕ) у **гел** (ГУШЋЕ) стање, то је реверзибилан процес. Губитак воде цитоплазму доводи у гел стање, а примање воде у сол стање.

У живој ћелији се **међумолекулске везе никада не раскидају**, без обзира на разблаженост колоидног раствора. Ако протеини изгубе способност привлачења молекула воде (хидратације), тада долази до њихове коагулације (денатурације) што доводи до смрти ћелије. Сол-гел стање је заправо пример **динамичке равнотеже** и сваки фактор који то ремети делује смртоносно на ћелију (нпр. висока температура, токсини, зрачење и сл.). Физичке карактеристике цитоплазме тесно су повезане управо са колоидним карактеристикама хијалоплазме.

Као што је раније наведено, садржај воде у активној цитоплазми је око 80%. Због велике засићености водом, цитоплазма показује особину **ПОВРШИНСКОГ НАПОНА**, односно привлачења површинског дела течности. Ова особина се уочава када се, у експерименталним условима, од страни ћелијски зид, цитоплазма ће заузети лоптаст облик, као кап течности.

Цитоплазма поседује и особину **КРЕТАЊА**. Кретање цитоплазме може бити **примарно** (у уобичајеним условима) и **секундарно** (изазвано високом температуром, интензивном светлошћу, зрачењем, повредом и сл.).

Најчешћи тип кретања цитоплазме се јавља код потпуно диференцираних биљних ћелија које поседују једну крупну, централно постављену вакуолу. Тада се цитоплазма, притешњена уз ћелијски зид, креће у једном правцу, ротира, па се овај начин кретања цитоплазме карактерише као **ротационо кретање**. Код млађих ћелија, са већим бројем вакуола, између којих се налази цитоплазма, која се тада креће у разним смеровима, јавља се **циркулаторно кретање**. Код ћелија алги карактеристично је лагано померање цитоплазме које се карактерише као **њихајуће (таласасто) кретање**.

Цитоплазма се може истезати, а да се при том не прекине, што указује на особину **ЕЛАСТИЧНОСТИ**. Наиме, ова физичка особина је последица структуре цитоскелета кога, поред осталог, граде нитасте молекули протеина (актински молекули) који поседују еластичност и могу да се истежу.

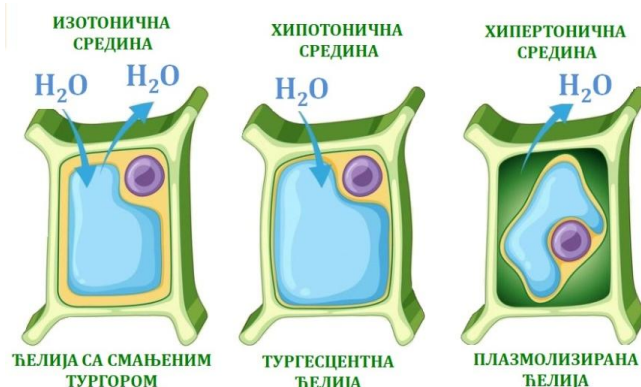
Цитоплазма поседује и особину **ВИСКОЗИТЕТА** који није само последица унутрашњег трења честица, већ њене специфичне структуре. Вискозитет хијалоплазме зависи од биљне врсте, старости ћелије, ткива које ћелија изграђује, температуре, садржаја воде итд.

Особина **БУБРЕЊА** такође указује на постојање специфичне структуре цитоплазме, па услед ове особине цитоплазма се не меша са водом, већ је упија путем хидратације макроколоида који се у њој налазе и при том повећава своју запремину, тј. бубри.

Цитоплазму карактеришу и **осмотске појаве** везане на првом месту за особину њених мембрана, а то је **СЕЛЕКТИВНА ПРОПУСТЉИВОСТ (СЕМИПЕРМЕАБИЛНОСТ)**. До дифузије течности кроз рубне делове цитоплазме -

ЦИТОЛОГИЈА

цитоплазматичне мембране, које су селективно пропустљиве, долази услед разлике концентрација у ћелији и око ње. Својство селективне пропустљивости цитоплазматичних мембрана у експерименталним условима, могуће је пратити под микроскопом током процеса **плазмолизе** и **деплазмолизе**. Дакле, када живу ћелију ставимо у раствор веће концентрације него што је концентрација њеног ћелијског сока у вакуоли – хипертоничан раствор (нпр. концентровани раствор глукозе или натријум хлорида), веома брзо ће вода из вакуоле изаћи у ванћелијски простор, у тежњи да се постигне равнотежа (изотонична средина), односно да се изједначе концентрације у ћелији и изван ње. Дакле, цитоплазматичне мембране, својом селективном



Слика 7. Шематски приказ осмозе у биљној ћелији (плазмолиза)

пропустљивошћу, штите унутрашњи садржај ћелије, не дозвољавајући излазак важних материја, већ пропуштају само молекуле воде. Овај излазак воде из ћелије ће за последицу имати опадање тургора (притисак ћелијског садржаја на ћелијски зид, унутарћелијски притисак), али и одвајање и повлачење цитоплазмине мембране од ћелијског зида. Такву ћелију називамо **плазмолизирана** (Сл. 7).

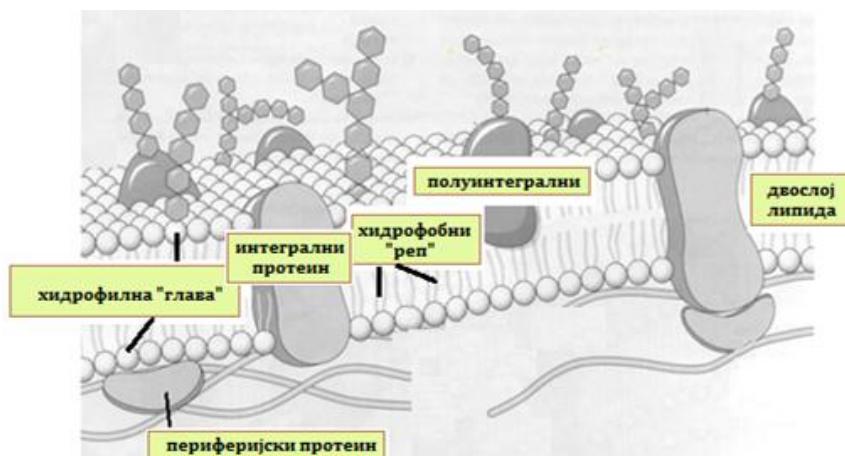
Овај процес је реверзибилан и ако се одвија у супротном правцу, назива се **деплазмолиза**. До деплазмолизе ће доћи, ако у краћем временском периоду, исту ћелију ставимо у раствор мање концентрације у односу на концентрацију ћелијског сока. Тада ће вода ући кроз цитоплазматичне мембране у вакуолу што ће довести до пораста тургора, односно напрегнутог стања живе ћелије, и до враћања цитоплазмине мембране - плазмалеме ка ћелијском зиду, услед обостраног притиска, унутрашњег садржаја ћелије и ћелијског зида.

Цитоплазматичне мембране (биомембране)

Биомембране имају огроман значај за функционисање ћелије. Оне делују као баријера, ограничавајући слободну дифузију јона и **селективно су пропустљиве** што значи да неке материје лако и брзо пропуштају, друге споро пропуштају, а одређене уопште не пропуштају. Захваљујући мембранам, протоплазма еукариотских ћелија је издељена на велики број засебних реакционих простора (органеле, компартименти) што омогућава истовремено обављање процеса синтезе и разлагања.

ЦИТОЛОГИЈА

Све мембране, и цитоплазматичне и мембране ћелијских органела, су специфичне опне, **липопротеинске природе, дебљине око 7-10 nm**, пореклом од спољашње једроне мембране. Иако је постојало више модела биомембрана, данас је опште прихваћен **ТЕЧНО-МОЗАИЧНИ МОДЕЛ ГРАЂЕ БИОМЕМБРАНА**, за чије откриће 1972. године су заслужни Сингер и Николсон (Singer и Nikolson) – сл. 8. Наведени модел подразумева **двослој фосфолипида**, постављених тако да су ка споља окренуте хидрофилне „главе“ фосфолипида, а ка унутра, њихови хидрофобни „репови“. Поред фосфолипида у структури мембрана учествују и гликолипиди и стероли. У фосфолипидни двослој урођени су **МЕМБРАНСКИ ПРОТЕИНИ**, који могу делимично прожимати (**полуинтегрални**), у потпуности прожимати липидни двослој (**интегрални**) или се налазе при површини липидног слоја (**периферијски**). Биомембране су веома динамичне структуре, течне конзистенције, у којима између фосфолипидних молекула, протеини стално „пливају“, скупљају се у групе и разилазе се.



Слика 8. Течно-мозаични модел ћелијске мембране

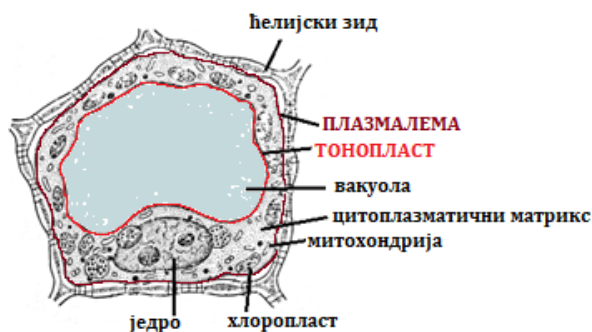
У зависности од врсте и активности ћелије, разликује се укупна количина мембрана у ћелији. Наиме, код ћелија са изузетно интензивним метаболизмом, учешће мембрана у сувој материји протоплазме може бити и до 90%.

ПЛАЗМАЛЕМА је цитоплазматична мембрана липопротеинске природе, уз ћелијски зид (Сл. 9). Њен хемијски састав чине **липиди** (око 40%), **протеини** (око 60%) и **угљени хидрати** (око 1%). Плазмалема одваја ћелијски живот од околићујуће средине, али истовремено омогућава и интеракцију између околићујуће средине и унутрашњости ћелије. Плазмалема је најдебља ћелијска мембрана (око 10 nm) која омогућава контакт између ћелијског зида и хијалоплазме. Има вишеструку улогу у ћелији, између осталог: РЕГУЛИШЕ И АКТИВНО УЧЕСТВУЈЕ У ТРАНСПОРТУ МАТЕРИЈА у и из ћелије, захваљујући СЕЛЕКТИВНОЈ ПРОПУСТЉИВОСТИ, има улогу у ПРИЈЕМУ и ПРЕНОСУ СИГНАЛА (рецепторни протеини), учествује у СИНТЕЗИ ЋЕЛИЈСКОГ ЗИДА итд.

ЦИТОЛОГИЈА

ТОНОПЛАСТ је цитоплазматична, липопротеинска мембрана која одваја цитоплазму од вакуоле (Сл. 9). У свом саставу има нешто више липида па је одликује **ИЗРАЖЕНИЈА СЕЛЕКТИВНОСТ** у односу на плазмалему. Тонопласт РЕГУЛИШЕ ПРОТОК МАТЕРИЈА У И ИЗ ВАКУОЛЕ.

Све материје које улазе или излазе из ћелије, морају проћи кроз плазмалему. Њихов пролазак кроз биомембрану се одвија на различите начине у зависности од њихових хемијских особина. Одређене материје пролазе кроз липидни двослој мембране, друге се транспортују кроз протеинске канале или помоћу протеина носача, а за треће је потребно нарушавање интегритета саме мембране. Разликујемо **пасивни транспорт** (без утrophка енергије): пасивна дифузија и олакшана дифузија, **активни транспорт** и **везикуларни транспорт**.



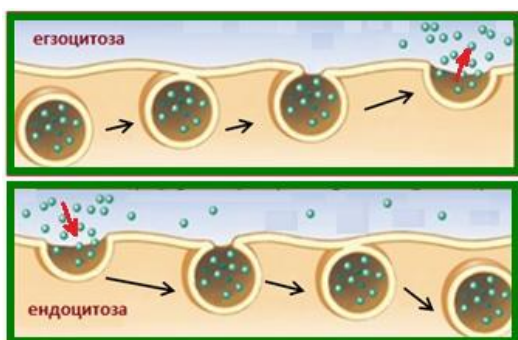
Слика 9. Цитоплазматичне мембране у биљној ћелији

Пасивна дифузија подразумева кретање малих молекула (O_2 , CO_2 , N_2 , етанол, глицерол) из средине са већом ка средини са мањом концентрацијом (низ концентрациони градијент), а којима липидни двослој не представља баријеру. Молекули воде такође дифундују кроз биомембране, док за њихов бржи пролазак служе специјални трансмембрански протеини - АКВАПОРИНИ.

Олакшана дифузија се одвија низ концентрациони градијент, али је пролазак ових материја (нпр. глукоза, неке аминокиселине) могућ само преко протеина носача.

Плазмалема омогућава транспорт материја и насупрот концентрационом градијенту што омогућава акумулацију неких материја у ћелији или њихово излучивање из ћелије. Овакав транспорт захтева утrophак метаболичке енергије (аденозин-три-фосфат - АТФ) па га називамо **активни транспорт**, који подразумева активно учешће ензима.

У појединим случајевима, за пролазак супстанци нерастворљивих у липидима, већих молекула или партикула, независно од њихове концентрације, потребна је дезинтеграција (нарушавање структуре) и активно учешће мембране, уз утrophак енергије. Тако се овим механизмом у мембрани образује улегнуће (инвагинација) формирајући мембранску везикулу која обухвати неку честицу или капљицу и унесе је у ћелију. Овај процес се назива **ендоцитоза**. Обрнут процес је **егзоцитоза**, односно избацивање из ћелије које подразумева образовање везикуле у цитоплазми, око неке честице или капљице. Везикула се затим стапа са плазмалемом и садржај из везикуле бива избачен из ћелије (Сл. 10). Ако је садржај у везикули



Слика 10. Егзоцитоза и ендоцитоза

течан онда је то пиноцитоза (грч. *pino* – пити), а ако је чврста честица, онда је фагоцитоза (грч. *phagein* - јести).

ЋЕЛИЈСКЕ ОРГАНЕЛЕ

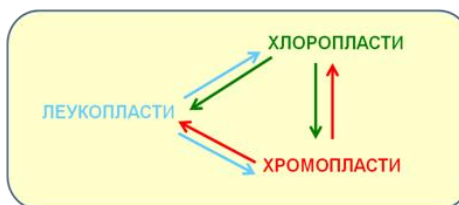
У цитоплазми (хијалоплазми) разликујемо мембранске и немембранске структуре (органеле, компартименти). Мембранске органеле могу бити **двомембранске**, обавијене са две одвојене мембране (спољашња и унутрашња). Спољашња мембрана једра је карактеристична по томе што прелази у мембрану ендоплазматичног ретикулума, који се сматра посебном органелом. У ћелији се налазе и **једномембранске органеле**, које су обавијене једноструком мембраном и **немембранске органеле**, које нису обавијене мембраном.

ДВОМЕМБРАНСКЕ ЋЕЛИЈСКЕ ОРГАНЕЛЕ су: пластиди и митохондрије. **ЈЕДНОМЕМБРАНСКЕ ЋЕЛИЈСКЕ ОРГАНЕЛЕ** су: ендоплазматични ретикулум, Голџи апарат, сферозоми, микротела, лизозоми. За биљну ћелију, карактеристично је и присуство вакуоле обавијене тонопластом. **НЕМЕМБРАНСКЕ** су: рибозоми, микротубуле и микрофиламенти.

Двомембранске ћелијске органеле

Пластиди

Пластиди су двомембранске ћелијске органеле, карактеристичне само за **еукариотске биљне ћелије**. У зависности од њихове физиолошке улоге и присуства пигмената, разликујемо три основне врсте пластида: **хлоропласти** (зелени), **хромопласти** (жути, наранџасти или црвени) и **леукопласти** (безбојни). Будући да су све три врсте пластида међусобно сродне, током индивидуалног развића биљке, у одређеним условима, могу да прелазе из једног облика у други (Сл. 11).



Слика 11. Могући правци развоја (трансформације) пластида

ЦИТОЛОГИЈА

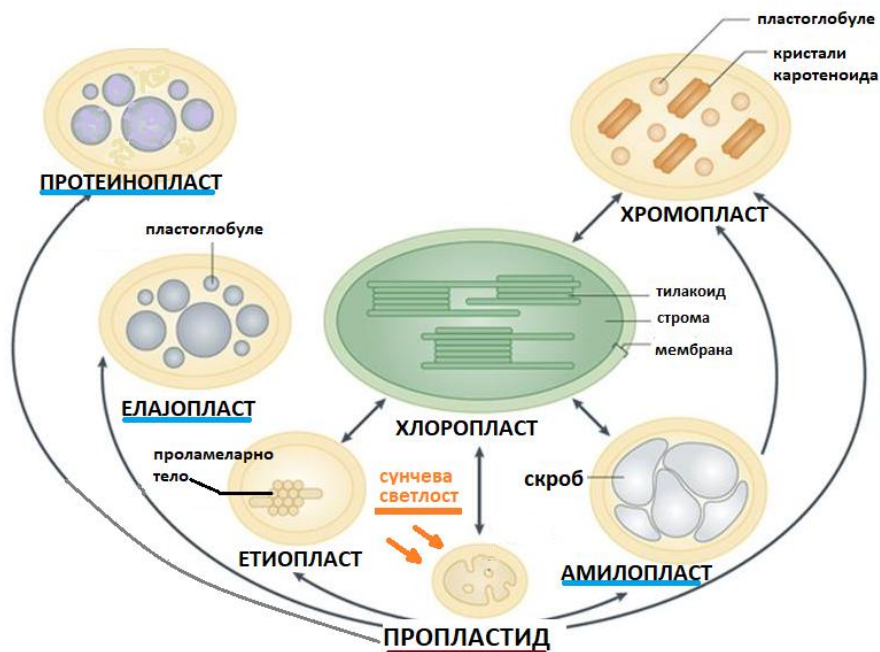
У младим, недиференцираним ембрионалним ћелијама као и у меристемским ћелијама, налазе се зачеци пластида тзв. **пропластиди** који се под одређеним условима диференцирају у поједине форме пластида (Сл. 12). Треба истаћи да, поред тога што једна биљка може да садржи све врсте пластида, у једној диференцираној биљној ћелији се може наћи увек само једна врста пластида. У погледу еволуције, примарна форма пластида су хлоропласти, док су се друге две врсте пластида (хромопласти и леукопласти) развиле касније током еволуције. Иако су све врсте пластида међусобно повезане, ипак су им функције сасвим различите.

Број пластида се код биљака креће у веома великом распону. Тако је код једноћелијских алги присутан само један пластид – хлоропласт. Утврђено је да у ћелијама паренхима за фотосинтезу, у листу скривеносеменица, број хлоропласта варира од 20 до 100. А прорачунато је да једна одрасла дрвенаста биљка садржи десетине или стотине милијарди свих врста пластида укупно.

Облик пластида код виших биљака је најчешће округао или елиптичан. Код алги, пластиди су веома разноврсног облика и могу служити као таксономски карактер (одређивање таксона).

Величина пластида код виших биљака варира од 3-10 μm .

Пластиди су **грађени** од двојне мембране липопротеинске природе која обавија строму (унутрашњост) пластида, а чине је протеини, липиди, минерални елементи, ензими, а код неких пластида и пигменти.

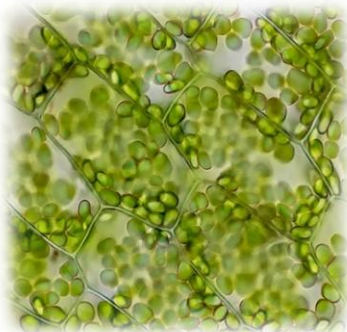


Слика 12. Развиће пластида из пропластида

Хлоропласти

Хлоропласти су **основни** и **биолошки најважнији пластиди**, чија је основна функција **ФОТОСИНТЕЗА**. Образују се у надземним деловима виших ауотрофних биљака, и дају им **зелену боју**, услед присуства **пигмента хлорофила** (грч. *chloros* – зелен). По правилу, хлоропласти се образују у ткивима која су директно изложена светлости.

У појединим случајевима, биљка нема зелену боју, (иако садржи хлоропласте), јер је она маскирана другим пигментима или бојеним материјама ћелијског сока.



Слика 13. Хлоропласти у ћелијама листа водене куге (*Elodea* sp.)

Хлоропласти виших биљака су **униформног облика** – сочивасти или дискоидални (зрнасти) па се често и називају хлорофилна зрна (Сл. 13). Просечна **дужина** хлоропласта, у ћелијама виших биљака, се креће од 3 до 7 (10) μm , а **дебљина** од 1-3 μm . **Број хлоропласта** у ћелији веома варира и зависи од врсте, сорте, врсте ткива, али и од спољашњих услова. Цветнице у својим ћелијама фотосинтетског ткива имају просечно 20–30 хлоропласта. Обично је њихов број већи ако су ситнији, и обрнуто. У ћелијама са крупнијим хлоропластима, њихов број је

мањи (нпр. неке сорте кукуруза имају само 2-3 крупна хлоропласта у ћелији). Примера ради, израчунато је да се у ћелијама фотосинтетског ткива листа рицинуса (*Ricinus communis*) просечно налази 20-36 хлоропласта, што на један квадратни милиметар лисне површине износи 400 000 хлоропласта.

Већи број ситнијих хлоропласта обезбеђује вишеструко повећање њихове укупне функционалне површине. Тако је, због специфичне структуре ове органеле (Сл. 14), укупна површина свих хлоропласта у листу око 400 пута већа од површине самог листа.

Зачетак хлоропласта чини глобуларна **иницијала** заоденута двојном мембраном која обавија строму (збијенија од околне плазме). Унутар иницијале, унутрашња мембрана разраста образујући наборе, мање-више паралелне са, сада већ дужом осом, ове елиптичне творевине (услед разрастања строме). Поред тога, унутрашња мембрана образује и бројне, паралелно распоређене, **спљоштене мехуриће - тилакоиде** (грч. – *thylakos* – кеса, врећа, мехурић), па ову структуру, развијене елипсоидне форме, називамо **пропластид**. Уз присуство светлости из пропластида могуће је образовање зелених пластида – хлоропласта, типичне грађе.

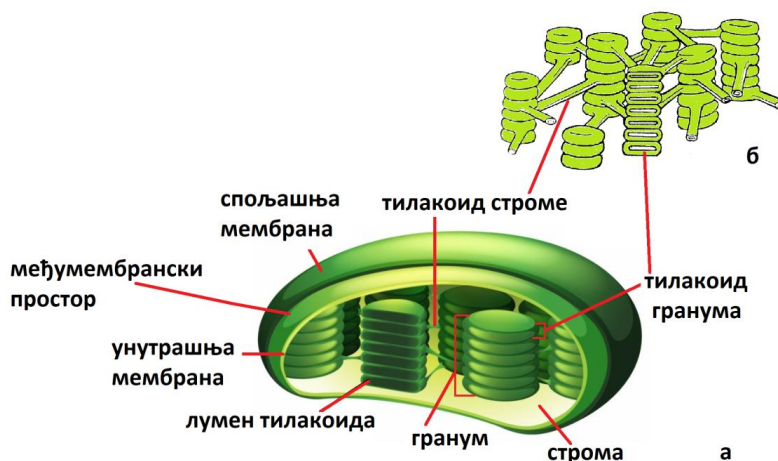
Типични хлоропласти виших биљака садрже **овојницу (перистрома), унутрашњи мембрански систем и строму** (Сл. 14а).

ЦИТОЛОГИЈА

Овојницу хлоропласта чине **две мембране** липопротеинске природе (спољашња и унутрашња), дебљине по 6 nm са међумембранским простором (перипластидијални простор) ширине 10-30 nm.

Унутрашњи мембрански систем је од кључног значаја у организацији ових органела и образује се под утицајем светлости. Ове унутрашње мембране, нешто дебље од мембрана овојнице (око 8,5 nm) садрже пигменте **хлорофиле** (хлорофил а - $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ и хлорофил б - $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) и **каротеноиде** (каротен и ксантофил), који учествују у процесу фотосинтезе. Основну субјединицу унутрашњег мембранског система чине тилакоиди и то: **тилакоиди строме** (дужи, паралелни са уздужном осом пластида) и **тилакоиди гранума** (краћи, распоређени један изнад другог). Унутрашњи простор тилакоида називамо лумен. Већи број тилакоида (2-100), наслаганих један на други („као новчићи“) формира **гранум** (лат. *granum* – зрнце), чинећи **граналне хлоропласте**, карактеристичне за све више биљке (Сл. 14). Тилакоиди строме се протежу од једног до другог гранума чиме је остварен континуитет свих унутрашњих простора (лумена), систем тилакоида (Сл. 14б). Број гранума у једном хлоропласту се разликује, и креће се од неколико до педесет. Међутим, постоје и биљке које, поред ових, поседују и **аграналне хлоропласте** (дугачки тилакоиди се пружају скоро паралелно целом дужином органеле не градећи грануме).

СТРОМА је хидрофилни протеински матрикс који испуњава унутрашњост хлоропласта. У њој се налазе разни продукти фотосинтезе (нпр. асимилациони скроб у форми скробних зрна) метаболити, пластоглобуле – липидне капи, ензими, рибозоми, фитоферитин (резерва Fe) и др. У строми хлоропласта се налази и циркуларни ДНК (ДНК хлоропласта), рибозоми (70s), РНК, као и други чиниоци важни за синтезу протеина. За разлику од једарне ДНК, хлоропластна ДНК не подлеже рекомбинацији, па је веома корисна за бројна научна истраживања везана за постгласијално расељавање биљака.



Слика 14. Хлоропласт: а - грађа хлоропласта; б - унутрашњи систем тилакоида

ЦИТОЛОГИЈА

Хемијски састав хлоропласта виших биљака, у највећој мери, чине **протеини** (30-55%) и **липиди** (20-30%). Поред тога, садрже и **угљене хидрате** (3-7%), **хлорофиле а и б** (око 9%), **каротеноиде** (око 4,5%), **РНК** (2-3%), **ДНК** (око 0,5%), **ензиме** (цитохром f - 0,1%), **витаине** (К, Е) и **минералне елементе** (Mg, Fe, Mn, Zn) у траговима.

Фотосинтеза је сложен процес преобраћања светлосне енергије у хемијску, односно синтезу примарних органских једињења из простих неорганских једињења (воде – H₂O и угљен диоксида - CO₂) уз везивање светлосне енергије Сунца помоћу фотосинтетички активних пигмената (хлоропласт). Дакле, енергија Сунца се акумулира у органско једињење - угљене хидрате, који настају у процесу фотосинтезе. У том процесу се, из воде, ослобађа кисеоник (O₂) и одлази у атмосферу. Кисеоник пореклом од фотосинтезе омогућава дисање и живот аеробних организама на Земљи.

Процесом фотосинтезе **синтетишу се примарна органска једињења** која представљају основу за синтезу осталих органских супстанци у живом свету. Због тога је фотосинтеза **кључни процес за одржавање живота на Земљи** и одвија се само у **фотоаутоτροφним организмима** (више биљке, алге и неке бактерије), који су као такви, **јединствена веза између Сунца и живота на нашој Планети**.

Фотосинтеза представља низ оксидо-редукционих реакција, од којих само неке захтевају светлост, док се друге могу одвијати и у тами. Због тога је могуће процес фотосинтезе рашчланити на две фазе: **СВЕТЛА** (фотохемијска фаза) – за коју је неопходна светлост и у којој се синтетишу АТФ и NADPH (никотинамид-динуклеотид-фосфат) и ослобађа O₂ и **ТАМНА** – која може да се одвија у тами.

Општа једначина фотосинтезе је приказана следећом формулом:

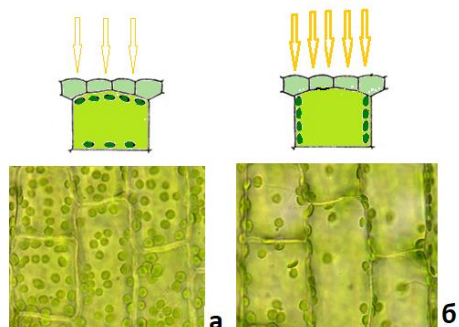


Поред тога, процес фотосинтезе омогућава и **непрекидно кружење хемијских елемената у природи** јер су поред угљеника, кисеоника и водоника, у биолошко кружење укључени и остали биогени елементи (азот, фосфор, калијум, сумпор и др.)

Осим **фотосинтезе**, као **основне функције хлоропласта**, ове органеле имају улогу (директну или индиректну) и у другим **важним метаболичким процесима**, као нпр. у: **редукцији нитрата, синтези скроба, аминокиселина, протеина, липида и других једињења**.

ЦИТОЛОГИЈА

Хлоропласти могу активно мењати место у ћелији, под утицајем разних фактора, на првом месту под утицајем светлости различитог интензитета и температуре. Тако се, при слабијем осветљењу (дифузна светлост) хлоропласти постављају уз ћелијски зид на који светлосни зраци падају управно (**дистрофа**) – сл. 15а, а при јачем интензитету светлости (директна светлост) се постављају уз ћелијски зид који је паралелан са правцем пружања зрака светлости (**парастрофа**) – сл. 15б. У случају превелике апсорпције светлосне енергије, вишак енергије изазива низ штетних ефеката по ћелију или цео организам (нарушавање мембрана, пре свега тилакоида, инактивирање ензима, разарање структуре хлорофила итд.).



Слика 15. Положај хлоропласта: а - при дифузној; б - при директној сунчевој зрачењу

**проламеларно
тело**



двојна мембрана

Слика 16. Етиопласт

У недостатку светлости формирају се **етиопласти** (Сл. 12 и 16), који имају неправилан елиптичан облик, двојну мембрану, хомогену строму са проламеларним телом (1-4) у форми пчелињег саћа, са малим бројем тилакоида, прекурсоре хлорофила (хлорофил не може да се синтетише у одсуству светлости), па не могу да обављају процес фотосинтезе. **Етиолиране биљке** (или биљни делови) садрже етиопласте и жућкасте су боје.

Умножавање хлоропласта се одвија двојако, деобом диференцираних хлоропласта независно од деобе ћелије или деобом пропластида (у меристемским и ембрионалним ћелијама) који представљају пластиде са неразвијеном унутрашњом структуром.

Хромопласти

Хромопласти су **ФОТОСИНТЕТИЧКИ НЕАКТИВНИ ПЛАСТИДИ, жуте, наранџасте или црвене боје** (грч. *hromos* – боја). Боја им потиче од пигмената из групе каротеноида (каротена и ксантофила) па их називамо и **каротеноидопласти**. Хромопласти могу настати на три начина: од пропластида, од леукопласта и најчешће од хлоропласта. Од хлоропласта, хромопласти обично постају у ћелијама плодова приликом њиховог сазревања (нпр. у плоду паприке, парадајза, тикве, дивље руже итд.) и током јесени у листовима, пре њиховог опадања. Тада дегенерише ламеларна структура хлоропласта, долази до разградње хлорофила, до образовања већег броја пластоглобула, уз појачану

ЦИТОЛОГИЈА

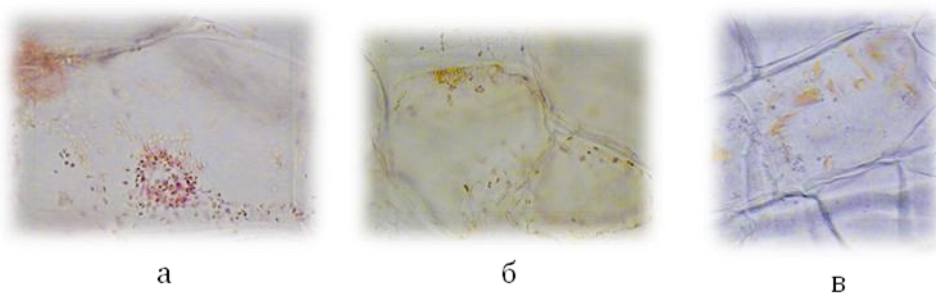
синтезу каротеноида. Сматра се да је преобраћање хлоропласта у хромопласте под контролом ДНК једра.

Хромопласти су **грађени** од **ОВОЈНИЦЕ** (двострука липопротеинска мембрана) и **СТРОМЕ** у којој се налази веома оскудно развијен систем мембрана (ламела). У хемијском саставу, у односу на хлоропласте, садрже много већи удео липида (око 58%), протеина садрже 22%, каротена 20-56%, 3,3% РНК.

Облик хромопласта је најчешће лоптаст или овалан. Међутим, у неким случајевима, услед кристализације пигмената и дегенерације строме, ове органеле тада попримају форму пигментних кристала и имају облик штапића, иглица, плочица и сл. (Сл. 17).

С обзиром на локацију пигмената, разликујемо четири типа хромопласта: **глобуларни** (пигменти растворени у липидним глобулама – у плоду наранџе), **тубуларни** (пигменти у бројним тубулама – у плоду шпаргле), **мембрански** (пигменти у мембранама строме – у цветном омотачу нарциса) и **кристални** (у форми пигментних кристала – код плода парадајза).

Функција хромопласта још увек није довољно разјашњена. Сматра се да за живот биљке имају, пре свега, **еколошки значај** због интензивне боје коју дају круничним листићима и плодовима. Живо обојени крунични листићи цветова привлаче инсекте што индиректно утиче на опрашивање цветова односно на **размножавање биљака**. Поред тога, жута, наранџаста или црвена боја плодова, пореклом од хромопласта, привлачи животиње које се њима хране, па животиње утичу на **расејавање биљака** јер након проласка кроз њихов цревни тракт, семена углавном задржавају клијавост. Хромопласти имају и **естетски значај** дајући боју цветовима и плодовима. Постоје претпоставке да хромопласти учествују у **синтези витамина**.



Слика 17. Хромопласти: а - у плоду чери парадајза; б - у плоду кајсије ; в - у корену шаргарепе

Леукопласти

Леукопласти су **безбојни, ФОТОСИНТЕТИЧКИ НЕАКТИВНИ ПЛАСТИДИ** без пигмената (грч. *leukos* – бео), углавном округлог или овалног облика и знатно мањи од хлоропласта. Њихов **облик** се мења када се у њима налазе издужена скробна зрна или кристали протеина. Најчешће настају директно од

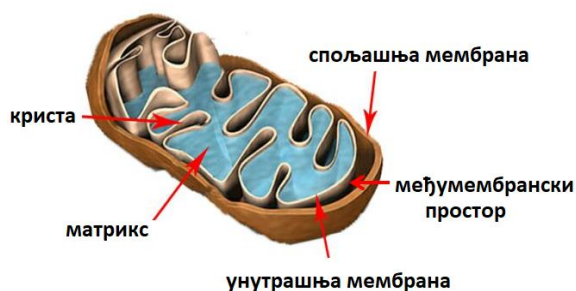
пропластида или од хлоропласта, редукцијом тилакоида (Сл. 12). Обавијени су **ОВОЈНИЦОМ** (двојна липопротеинска мембрана), и имају **МАЛО ЛАМЕЛА**, па су веома слични пропластидима. Међутим, под утицајем светлости, веома лако се могу преобратити у хлоропласте образовањем добро организованог система ламела и синтезом хлорофила (нпр. у ћелијама кртоле кромпира). **Величина** им се креће од 1 до 2 μm . Леукопласти се налазе претежно у незелиним деловима биљке у којима се накупљају резервне материје: корен, кртоле, ризоми, семе, ембрионална ткива, женски гамети, споре, клице итд. **Функција** леукопласта јесте **синтеза (полимеризација) и накупљање резервних материја: скроба, протеина и липида.**

У зависности од врсте резервних материја које полимеризују и нагомилавају, разликујемо следеће врсте леукопласта: **амилопласти** – накупљају резервни скроб (лат. *amylum*, грч. *amulo* – скроб), **протеинопласти** (протеопласти) – накупљају резервне протеине и **елајопласти** – накупљају липиде (грч. *elajon* – масна материја) – сл. 12.

МИТОХОНДРИЈЕ

Митохондрије су ћелијске органеле присутне у ћелијама свих аеробних еукариота. Њихов **број** у ћелијама варира од неколико десетина до неколико хиљада, и увек су бројније у метаболички активнијим ћелијама. По правилу, биљне ћелије садрже мање митохондрија него животињске јер један део њихове функције (синтезу аденозин-три-фосфата - АТФ) обављају и хлоропласти. Распоред митохондрија у ћелији је променљив и обично су најбројнији на местима где је највећа потрошња енергије. **Облик** митохондрија се разликује у зависности од типа ћелије и може бити сферичан, штапићаст или чак кончаст. Њихова **величина** такође варира, тако им се дужина креће од 0,3 до 40 μm (просечно 7 μm), а ширина од 0,2 до 2 μm .

Митохондрије су **грађене** од две мембране од којих је спољашња глатка, а унутрашња, селективнија и еластичнија, је изувјана, градећи **КРИСТЕ** (*cristae mitochondriales*) које значајно повећавају унутрашњу активну површину ове органеле. Између ове две мембране се налази перимитохондријални простор (међумембрански простор) испуњен перимитохондријалном течношћу. Мембране као и међумембрански простор садрже различите ензиме који каталишу различите метаболичке процесе. Унутрашњост ове органеле испуњава **МАТРИКС** протеинске природе у коме се налазе бројне **грануле, рибозоми,**



Слика 18. Митохондрија

ЦИТОЛОГИЈА

митохондријална ДНК и РНК, више од сто ензима, минералне материје и др. – сл. 18.

Основна функција митохондрија јесте **обезбеђивање ћелијске енергије** за обављање свих животних процеса ћелије и организма у целини. Енергија се обезбеђује кроз процесе **аеробне оксидације супстрата** (угљени хидрати и масти) што називамо **циклус трикарбонских киселина (Кребсов циклус)** и **оксидативна фосфорилација**. Ови процеси доводе, поред осталог, до накупљања лакодоступне енергије у облику **АТР (аденозин-три-фосфата)**, високоенергетског фосфатног једињења.

Разградња угљених хидрата и масти почиње у цитоплазматичном матриксу, где као продукт настаје пирогрођана киселина - пируват и масне киселине, који потом улазе у митохондрију, где се одвија Кребсов циклус и оксидативна фосфорилација. Овај сложени низ процеса називамо **ћелијско дисање**, што подразумева разлагање органске материје - енергетски супстрат, до коначних продуката, угљен диоксида - CO_2 и воде - H_2O , уз ослобађање енергије. У већини случајева, у ћелијама аутотрофних организама, **дисање се одвија у митохондријама уз потрошњу кисеоника (аеробно дисање)**.

Поред тога, митохондрије имају и низ других функција, као нпр: **синтеза протеина, фосфолипида и других органских једињења, оксидација масних киселина, оксидација аминокиселина, детоксикација, акумулација разних јона (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)** и др.

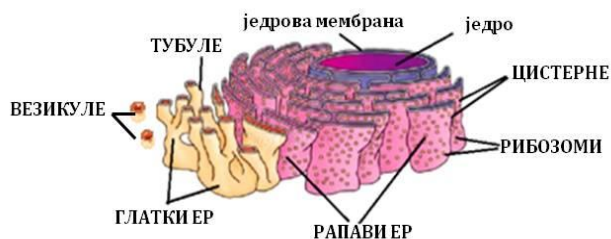
Митохондрије живе веома кратко, тек 10 до 20 дана. Нове митохондрије настају деобом, као и хлоропласти. Њихова деоба се одвија независно од деобе ћелије па се сматра да митохондрије и хлоропласти заправо имају прокариотско порекло. У прилог овог схватања иде и присуство ДНК циркуларног облика, као и особина њихових рибозома (брзина седиментације 70s) и др.

Једномембранске ћелијске органеле

Ендоплазматични ретикулум

Ендоплазматични ретикулум (ЕР) се налази у ћелијама еукариотских организама, а откривен је 1945. године од стране Портера (Porter) и сарадника, уз помоћ

електронског микроскопа. ЕР је једномембранска цитоплазматична органела коју одликује полиморфизам, тако структуру ЕР чине: **цистерне, везикуле и тубуле** (Сл. 19). Сва три структурна елемента

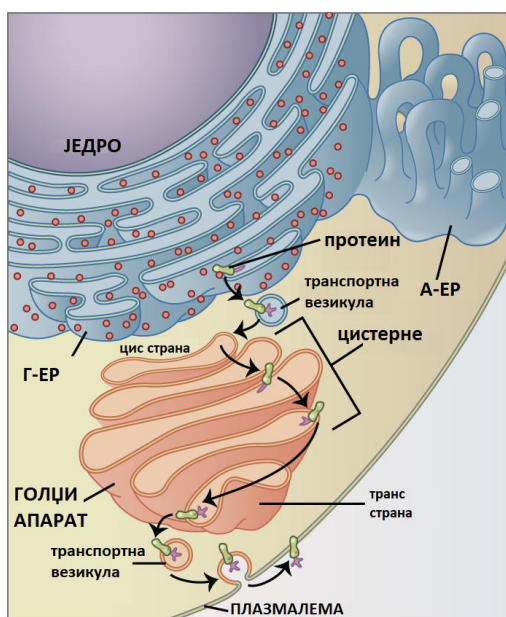


Слика 19. Ендоплазматични ретикулум

чине систем шупљина ограничених елементарном мембраном (знатно тања од плазмалеме) и повезаних у једну целину која формира сложену мрежу (лат. *reticulum*).

ЦИСТЕРНЕ су издужене и спљоштене кесице, пречника 40-50 nm, које на попречном пресеку имају изглед узаних каналића. **ВЕЗИКУЛЕ** су проширене кесице чија ширина се креће од 25-500 nm. **ТУБУЛЕ** показују већу разнолику форму, мање или више су разгранате „цевчице“, пречника 50-100 nm.

ЕР показује повезаност са једровом мембраном (JM) и то са перинуклеарним простором (простор између двојне јдрове мембране), као и то, да је јдрова мембрана део ендоплазматичног мембранског система, јер постоји директна комуникација између перинуклеарног простора јдрове мембране и унутрашњости елемената ЕР. Осим ове повезаности, утврђена је и повезаност са Голџи апаратом (ГА), па се често ова веза три мембранска система (ЕР - JM - ГА) назива **ЕНДОМЕМБРАНСКИ СИСТЕМ** (Сл. 20).



Слика 20. Ендомембрански систем

ЕР је изузетно **динамичан систем** и мења се у зависности од типа ћелије, степена диференцираности и активности ћелије, тако да су форма, количина и распоред елемената ЕР променљиви. Захваљујући својој специфичној грађи, ЕР **значајно повећава активну цитоплазматичну површину** за коју су везани бројни ензими који утичу на биохемијске процесе у ћелији.

Постоје два различита морфоанатомска типа ЕР: **ГРАНУЛАРНИ (РАПАВИ) ЕР** на чијој се спољашњој површини мембране налазе рибозоми (често полирибозоми) и **АГРАНУЛАРНИ (ГЛАТКИ)**, без рибозома.

ГРАНУЛАРНИ (РАПАВИ) ЕР (Г-ЕР) – сл. 19 и 20, будући да на својој мембрани поседује бројне рибозоме, има важну функцију у синтези протеина. Грануларни ЕР садржи већином цистерне са везикуларним проширењима. Важна функција грануларног ЕР јесте синтеза протеина и то протеинских комплекса, јер у шупљине ЕР доспевају полипептидни ланци синтетисани у рибозомима. Такође, Г-ЕР има важну улогу у **транспорту материја у ћелији и између ћелија** (преко плазмодезми), служи и као **центар образовања ћелијских мембрана** и као **зачетак стварања већег броја органела** (лизозоми, сферозоми, микротела).

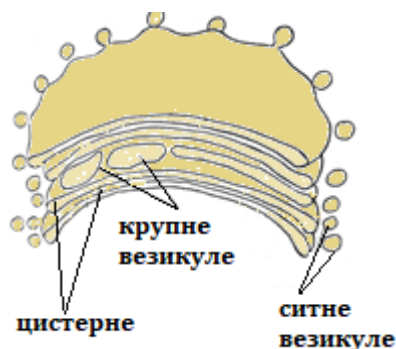
АГРАНУЛАРНИ (ГЛАТКИ) (А-ЕР) – сл. 19 и 20, нема рибозоме на својој површини и углавном га чини мрежа уских разгранатих тубула. Веома је присутан у ћелијама које имају функцију у метаболизму липида и неких интрацелуларних полисахарида па је његова функција везана за **синтезу мембранских липида** (фосфолипиди и стероли). Такође има важну улогу, (заједно са Голџи комплексом), у **образовању средње ламеле** новог ћелијског зида у процесу ћелијске деобе, затим у **процесу детоксикације штетних супстанци** (хербициди, инсектициди итд.) као и **међућелијској комуникацији**.

Између ова два типа ЕР углавном нема јасне границе и често су у континуитету и прелазе један у други. Тако цистерне Г-ЕР-а губе рибозоме и прелазе у А-ЕР. Присутан је научни став да је заправо агрануларни ЕР секундарни и да настаје од грануларног ЕР.

ГОЛѢИ АПАРАТ (ДИКТИОЗОМ, ГОЛѢИ КОМПЛЕКС, ГОЛѢИ ТЕЛО)

ГолѢи апарат (ГА) је једномембранска органела карактеристична за еукариотске ћелије. Открио ју је (у цитоплазми нервних ћелија) италијански научник ГолѢи (Golgi) по коме је и добила име, а у биљним ћелијама је откривена тек 1957. године (Буват/Buvat), захваљујући електронском микроскопу. ГолѢи апарат чини један или више диктиозома.

ГолѢи апарат је полиморфна органела, коју чини систем интрацелуларних мембрана, пореклом од ендоплазматичног ретикулума, са којим чини функционални континуитет, чинећи специјални део ендомембранског система (Сл. 20). Полиморфну структуру ГолѢи апарата чине: **цистерне** - спљоштене кесице, **ситне везикуле** - мехурићи (величине 30-50 nm), углавном при крајевима цистерни и **крупне везикуле** -



Слика 21. ГолѢи апарат (диктиозом)

крупнији мехурићи (пречника 0,2-0,3 μm) – сл. 20 и 21. Сви елементи су ограничени глатким мембранама. Цистерне, којих је 3-10, наслагане су једна изнад друге и благо су лучно савијене, тако да ова органела има једну конвексну (испупчену) страну, окренуту према ЕР или једру (цис страна, формирајућа, прихвата транспортне везикуле) и једну конкавну (удубљену) страну, транс (отпуштајућа) страна, са које се отпуштају транспортне везикуле. Између цистерни се налази простор ширине 25-30 nm, испуњен нарочитом супстанцом (Сл. 21). И ГА показује различите варијације форме у зависности од типа ћелије, њене активности и физиолошког стања. Ове органеле су нарочито добро развијене у диференцираним ћелијама које су активне у процесима **секреције**. У старијим ћелијама чија активност опада, ове органеле могу и у потпуности ишчезнути.

ЦИТОЛОГИЈА

У биљним ћелијама ГА има улогу у **синтези полисахарида (пектинске материје и хемицелулоза)** који улазе у структуру ћелијског зида. ГА има важну функцију и у **модификовању, разврставању, паковању и усмеравању протеина и липида** синтетисаних у ендоплазматичном ретикулуму. Такође учествује у **магационирању одређених продуката синтезе и секреције**, као што су секундарни биомолекули (етарска уља, терпеноиди, слузи и др.) који се путем везикула излучују у вакуолу или изван ћелије. Такође, постоје индикације да се у њима **акумулирају и неке отровне материје** које споља продиру у ћелију, па им се у ГА отровно дејство смањује или се излучују у спољашњу средину.

СФЕРОЗОМИ

Сферозоми су ситне органеле величине 0,5-1,0 μm , ограничене елементарном мембраном липопротеинске природе и испуњене протеинском стромом са нешто липида. Садрже и хидролитичке ензиме важне у метаболизму липида. Сматра се да настају од ендоплазматичног ретикулума.

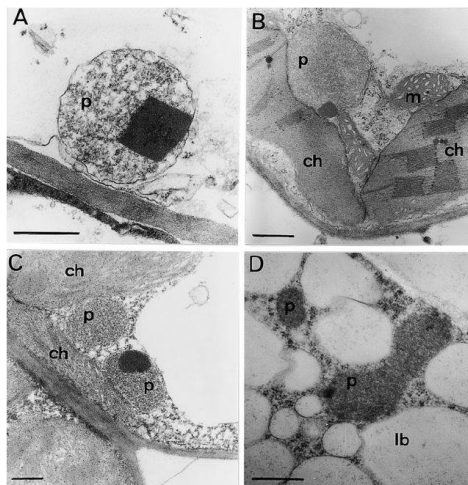
Дуго се постојање сферозома поистовећивало са уљаним капљицама. Заправо, процес формирања сферозома и уљаних капљица је јединствен процес. Сферозоми су испуњени зрнастом протеинском стромом, а масна капљица се формира од сферозома, када зрнаста структура полако ишчезава, а у унутрашњости сферозома се накупљају масти. Стога постоји мишљење да сферозоми нису претходници масних капљица, него специјализоване органеле, чија је **функција стварање масти**. Има и мишљења да се у сферозомима **синтетишу и есенцијалне масне киселине (линолна и линолеинска)** које се синтетишу само у биљкама, а неопходне су у структури ћелијских мембрана. Сферозоми су веома бројни у ћелијама семена у којима се накупљају липиди.

МИКРОТЕЛА

Микротела (цитозоми) су мале, најчешће округле органеле, чија је унутрашњост испуњена ситнозрнестим садржајем, ограничене елементарном мембраном. Њихов постанак је везан за ендоплазматични ретикулум, за који остају причвршћени (за разлику од лизозома и сферозома који су слободни у цитоплазми).

На основу биохемијских и цитохемијских испитивања, установљено је да је могуће на основу њихове специфичне улоге у метаболизму разликовати две категорије односно две функционалне форме микротела: **пероксизоми** и **глиоксизоми**.

Пероксисоми су мање-више округле органеле, пречника 0,2 - 1,5 μm , ограничене елементарном мембраном која опкољава унутрашњост испуњену финим матриksom у коме је често присутан аморфни **нуклеоид** или **кристалоид** (крупно кристално тело – искристалисани ензим каталаза). Садрже преко 40 различитих ензима, од којих су најзаступљеније пероксидазе, по чему је ова органела и добила име. Пероксисоми имају важну улогу у **фотореспирацији** и **детоксикацији**. Тако пероксисоми учествују у **катаболизму масних киселина** дугог ланца, у **детоксикацији** и **метаболизму водоник-пероксида (H_2O_2)**, алкохола, фенола, формалдехида итд. Водоник-пероксид, који настаје у ћелији као споредни производ бројних процеса, у високој концентрацији може оштетити сопствену цитоплазму, али пероксидазе из пероксисома регулишу његов ниво у ћелији, разграђујући га на воду и кисеоник, и тако спречавају његов токсичан ефекат на ћелију.



Слика 22. Пероксисоми у ћелијама листа: А - паприке (*Capsicum annuum*); В - грашка (*Pisum sativum*); С - маслине (*Olea europaea*) и D - котиледону лубенице (*Citrullus vulgaris*); p – пероксисом, ch – хлоропласт, m – митохондрија, lb – липидно тело

Код биљака су пероксисоми најбројнији у ћелијама листа (фотосинтетичко ткиво) и семена (Сл. 22). У цитоплазми се налазе слободни или у блиској вези са другим органелама (ЕР, митохондрије, хлоропласти, сферозоми) што је тесно повезано са њиховом **улогом у одређеним метаболичким процесима**. Пероксисоми имају улогу и у **иницирању синтезе фосфолипида** (структурна компонента биомембрана).

Важно је нагласити да се ензимски састав микротела (пероксисома) разликује у зависности од врсте ткива, али и од биљне врсте. Тако се посебно издвајају микротела ван фотосинтетичких ткива, која су бројна у току клијања у ћелијама ендосперма (хранљиво ткиво у семену) и котиледонима (клицини листићи), дакле у **семенима** која су богата липидима (рицинус, сунцокрет, уљана репица), па их неки истраживачи називају посебним именом – **глиоксисоми**.

У глиоксисомима се налазе комплетни ензими **глиоксилатног циклуса** који обухвата метаболизам масних киселина до шећера уз активност глиоксисома, митохондрија и ензима цитоплазме. Управо ова спрега, биљкама омогућава да из липида добију угљене хидрате. Сматра се да масне киселине у глиоксисома доспевају из сферозома.

Ипак, у новије време све више преовладава мишљење да се ради о једној истој органели, која, у зависности од степена развића биљке, мења свој ензимски састав, тј. да долази до преобраћања једне функционалне форме у другу. У наредном периоду очекују се нова научна сазнања која ће расветлити ову недоумицу.

Лизозоми

Лизозоми су ситне органеле величине 0,4 до 2 μm , обавијене липопротеинском мембраном (пореклом од ендоплазматичног ретикулума). Унутрашњост лизозома је испуњена густозрнастом **стромом** (грч. *stroma* – слој, покривач, лежиште) у којој се налази више врста хидролитичких ензима. Присуство ових ензима је кључно за функцију ових органела, а то је **разлагање различитих биомолекула** (протеини, гликопротеини, нуклеинске киселине, полисахариди, липиди итд.). Лизозоми разлажу крупне молекуле, мембранске и друге остатке изумрлих ћелија, вирусе, бактерије и сл. Код биљака постоје многобројни процеси лизе (разлагања) за које су највероватније везани и лизозоми (као нпр. разградња попречних ћелијских зидова у процесу настајања трахеја, разградња протоплазме током диференцијације трахеја, трахеида, ликиних влакана и др., разградња ћелија у зони одвајања приликом одбацавања листова, разградња истрошених ћелијских органела и сл.).

Важно је истаћи да је мембрана лизозома веома стабилна и отпорна на хидролитичко деловање сопствених ензима, па су на тај начин ензими затворени, локализовани па делују само на супстрат који се унесе у лизозом. У случају да дође до нарушавања мембране лизозома, ензими би могли да разложе бројне супстанце, органеле па и саму ћелију (аутолиза ћелије). У биљним ћелијама се налази много мањи број лизозома у односу на животињске, што се објашњава постојањем вакуоле у биљној ћелији која, поред осталог, има и улогу у хидролизи основних биополимера.

ВАКУОЛА

Вакуола је типична органела биљне ћелије. Младе, меристемске ћелије поседују веома ситне вакуоле – провакуоле (видљиве под електронским микроскопом), а растом и диференцијацијом ћелије, вакуоле се повећавају, док им се број смањује. Тако се, у потпуно диференцираној биљној ћелији, налази углавном само једна централно постављена, крупна вакуола. У овом случају, цитоплазма са органелама је притиснута уз ћелијски зид у уском слоју (Сл. 23). Присуство ћелијског зида омогућава биљним ћелијама да стварају велике вакуоле.

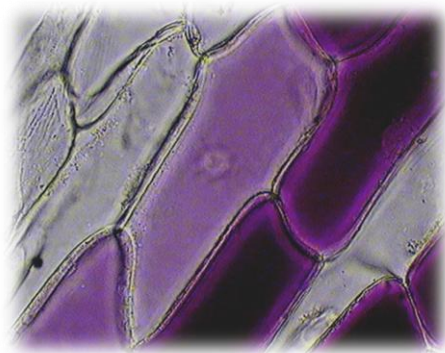
Постоје разне претпоставке о пореклу вакуола, међу којима највише доказа има она да вакуоле настају од цистерни ендоплазматичног ретикулума.

Вакуолу од цитоплазме одваја липопротеинска, селективно пропустљива мембрана **тонопласт**. Вакуола је испуњена садржајем који називамо **ћелијски сок** (Сл. 23 и 24).

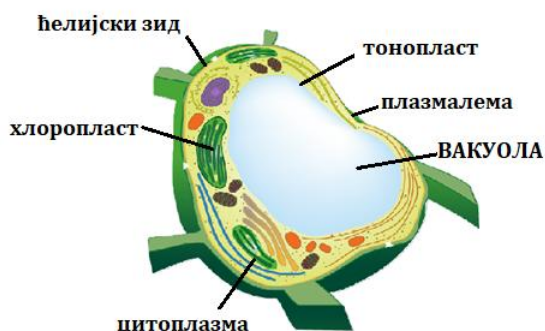
Основна компонента ћелијског сока је **вода** у којој су **растворене** разноврсне **неорганске** и **органске материје**, ређе су у чврстом стању. Које материје и у којој количини ће се наћи у ћелијском соку зависи од више фактора: од биљне врсте, од врсте органа, врсте ткива, па и од типа ћелија (понекад се у вакуолама специјализованих ћелија нагомилава само једна врста крајњег производа метаболизма, па налазимо нпр. танинске вакуоле, слузне вакуоле итд.), од старости ћелије, метаболичких процеса, фазе развића биљке итд. Бројна једињења у ћелијском соку су производи основних или интермедијерних производа метаболизма који се стално крећу између вакуоле и цитоплазме, док су друга једињења крајњи производи метаболизма или стране супстанце које се на дужи период или трајно одстрањују из цитоплазме у вакуолу.

Најважније материје у **саставу ћелијског сока** су: шећери, органске киселине, пигменти, алкалоиди, гликозиди, танини, етарска уља, кристали калцијум оксалата, биолошки активне материје.

Шећери из групе моносахарида (глукоза и фруктоза) и дисахарида (сахароза и малтоза) чести су састојци ћелијског сока. Глукоза и фруктоза су чести у ћелијском соку плодова воћа и винове лозе. Од дисахарида су чести сахароза и малтоза, од којих се сахароза као резервна материја налази у великим количинама у ћелијском соку корена шећерне репе. Од полисахарида се код неких представника главичарки (фам. Asteraceae) у ћелијском соку у већим количинама резервише полисахарид инулин (полимер фруктозе). Пектини су специфичан тип полисахарида



Слика 23. Крупне вакуоле са љубичасто обојеним ћелијским соком (епидермис луковице црвеног лука - *Allium cepa*)



Слика 24. Вакуола у биљној ћелији

(полимер естерификоване галактуронске киселине) који се могу наћи као резервне материје у ћелијском соку неких плодова (нпр. лимун, јабука и др.).

Органске киселине су присутне у ћелијском соку и управо због њих је ћелијски сок углавном киселе хемијске реакције. Имају важну улогу у стварању осмотског притиска у ћелији. Органске киселине (јабучна, лимунска, винска, оксална) су интермедијерни производи ћелијског метаболизма. Често се налазе у ћелијама незрелих плодова, док се у зрелим налази више шећера.

Пигменти дају боју ћелијском соку (Сл. 23). Најраспрострањенији су антоцијани који дају црвену, плаву и љубичасту боју цветовима и плодовима. Антоцијани су важни због тога што црвени пигменти јаче апсорбују топлотне зраке, што олакшава животне процесе при нижим температурама, као и због еколошког значаја (привлачење инсеката опрашивача или разношење плодова). Поред тога, у ћелијском соку се налазе и флавоноиди који дају жућу боју, најчешће круничним листићима, што такође има еколошки значај.

Алкалоиди се у вакуолама биљних ћелија углавном налазе у облику лако растворљивих соли. То су секундарни производи метаболизма ћелије, отровни, оштрог и горког укуса, па имају изузетан еколошки значај (биљке које их поседују, штите од биљоједа). Алкалоиди се не стварају код свих биљака. Алкалоиде садрже представници фамилија: Papaveraceae, Solanaceae, Ranunculaceae, Liliaceae итд. У једној биљци их може бити велики број (у млечном соку мака их има 23 – морфин, папаверин, кодеин, и др.). Велики број алкалоида се у малим дозама користе у медицини (нпр. атропин, стрихнин, кокаин, никотин, кофеин, и др.).

Гликозиди се могу наћи у ћелијском соку неких биљака. У састав многих гликозида улази отровна цијановодонична киселина, па отровно делују на човека и животиње. Гликозиди могу служити као резервне материје, али и као заштита против биљоједа. Неки гликозиди могу имати и лековито дејство. Чести су код представника фамилија Brassicaceae, Rosaceae, Caryophyllaceae. Тако се у семенима горког бадема, шљиве, и других представника рода *Prunus* (фамилија Rosaceae), у ћелијском соку налази гликозид амигдалин, који се разлаже на глукозу, цијановодоничну киселину и бензалдехид.

Танини су органске материје, блиске гликозидима, опорог укуса, па штите биљке од паразита. Ови секундарни производи метаболизма се налазе у ћелијском соку ћелија коре дрвенастих врста (храст, врба, јела, еукалиптус итд.), у листовима (чај), у семену (кафа), у плодовима (дуња, оскоруша итд.). Танини имају практичну примену у процесу штављења коже.

Етарска уља су ароматичне и лако испарљиве материје. Налазе се у ћелијском соку неких биљака (али и у цитоплазми). Одликује их интензиван мирис, па имају велики значај за привлачење инсеката опрашивача, али и за одбијање микроорганизама и биљоједа. Поред тога, због лаке испарљивости, смањују прегревање протоплазме, односно биљке. Етарска уља су честа код представника фамилија: Lamiaceae, Apiaceae, Pinaceae. Етарска уља имају

значајну примену у медицини, као и у низу техничких процеса (производња сапуна, парфема и сл.).

Кристали калцијум-оксалата се често налазе у ћелијском соку. Они представљају крајње производе метаболизма, помоћу којих се неутралише штетно дејство оксалне киселине. Наиме, током ћелијског дисања се ослобађа оксална киселина која има токсично дејство на ћелију. Код већине биљака она се везује за Са (нпр. из $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) и гради соли, Са-оксалате, који нису токсични, а кристалишу у кристале различитог облика.

Тако разликујемо појединачне кристале (често у облику призме, нпр. у заштитним листовима луковике црног лука), игличасте (рафиди) често сакупљени у снопиће - рафидни снопићи (у листу зумбула, агава итд.) кристални песак, појединачни, ситни многобројни кристалићи (у листу дувана) и

кристалну друзу која представља комплекс настао срастањем

основа већег броја кристала (лисна дршка ораха, стабло вучје јабучице итд.) - сл. 25.

Ови кристали се

интензивно образују приликом старења ћелија (нпр. пред опадање листова). Присуство кристала у ћелијском соку има и еколошки значај јер су биљни делови који их садрже неповољни за биљоједе.

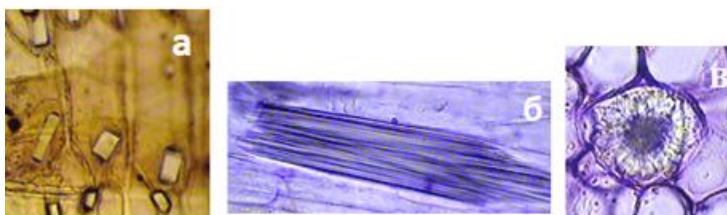
У ћелијском соку се могу наћи и **ензими, витамини и фитохормони**, веома значајне материје које регулишу све важне метаболичке процесе, као и раст и развиће биљке.

Основне **функције вакуоле** у биљној ћелији су:

1. **одржавање тургора** - захваљујући високој концентрацији осмотски активних материја у ћелијском соку (шећери, органске киселине, неорганске соли) вода улази у ћелију и одржава тургор,

2. **магационирање материја** - резервне материје, које се по потреби поново укључују у метаболизам и крајњи производи метаболизма (екскрети), чије би присуство било штетно за цитоплазму,

3. **учешће у хидролизи** основних биополимера (протеини, полисахариди, липиди), захваљујући присуству ензима. Због ове особине, сматра се да вакуола у биљним ћелијама обавља део функције лизозома, па се мањи број лизозома у биљним ћелијама (у односу на животињске), објашњава делимично и овом улогом вакуоле.



Слика 25. Кристали калцијум-оксалата: а - појединачни (црни лук), б - снопић игличастих кристала (агава), в - кристална друза (орах)

Немембранске ћелијске органеле

РИБОЗОМИ

Рибозоми су веома ситне органеле неправилног облика, димензија 20x30 nm. Универзалне су органеле за све ћелије, и еукариотске и прокариотске, и обављају веома важну функцију - **синтезу протеина**. У ћелијама се налазе у великом броју који може да износи и 100 000, а варира у зависности од типа ћелије и интензитета синтезе протеина. У биљним ћелијама се налазе у **цитоплазми, митохондријама** и у **хлоропластима**.



Слика 26. Рибозом

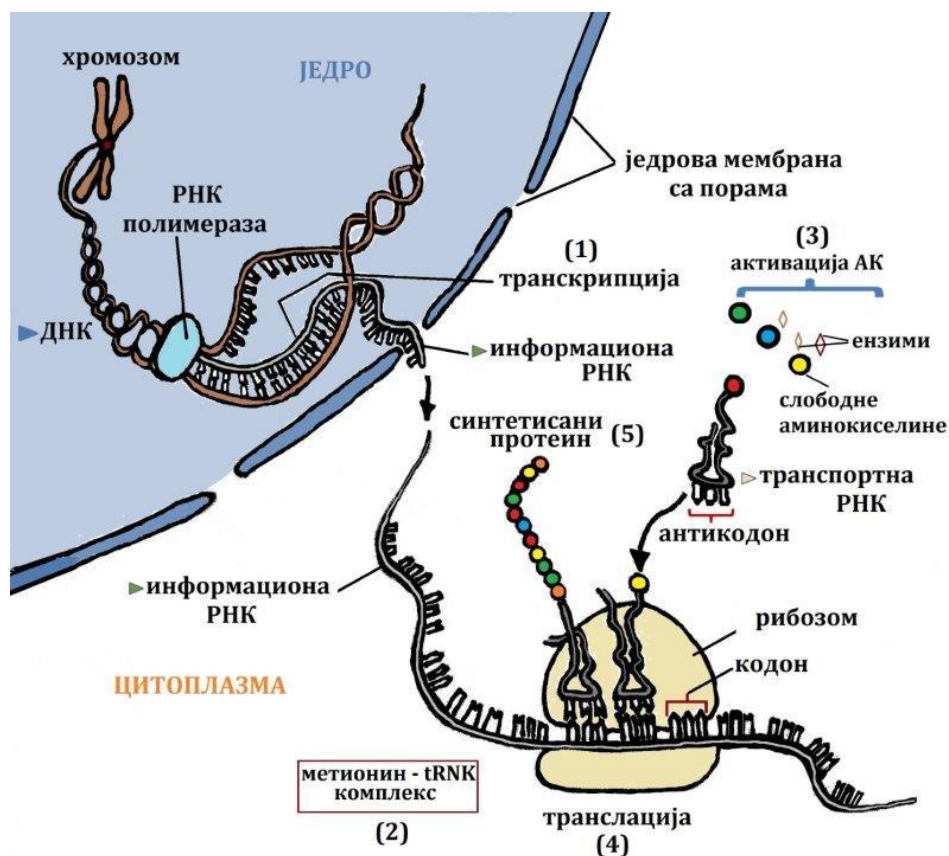
Рибозоми су изграђени од две неједнаке подјединице, веће и мање (Сл. 26) које су различите форме. Већа подјединица је два пута већа од мале. За време синтезе протеина, већа подјединица се спаја својим ширим крајем са малом подјединицом. Синтеза протеина, односно стварање пептидних веза могуће је само на морфолошки интегрисаном рибозому, када су присутне обе његове подјединице. Након завршене синтезе полипептидног ланца, одваја се информациона РНК од рибозома, али се раздвајају и подјединице рибозома.

Низ рибозома који су распоређени дуж једног молекула информационе РНК, називамо **полирибозом (полизом)** који су заправо **функционални центри синтезе протеина**. У низу их може бити 5-70 и на сваком од ових рибозома се синтетише идентичан полипептидни ланац, што омогућава брзу синтезу једног типа протеина. Рибозоми су изграђени од рибозомалне РНК (**50-65%**) и **протеина (50-35%)**, па их често називамо **рибонуклеопротеидне грануле**. Протеини (око 80 врста) и рибозомална РНК су у рибозому повезани водоничним везама (слични нуклеохистонима). Протеинске компоненте рибозома се синтетишу у цитоплазми, затим улазе у једру и једарце где се повезују са рибозомалном РНК, формирајући малу и велику рибозомску подјединицу. Овако формиране подјединице напуштају једру (кроз поре на једровој мембрани) и тек приликом припреме за синтезу протеина се повезују у целовиту органелу.

Постоје **две врсте рибозома** који се разликују по коефицијенту седиментације (80 S и 70 S). Рибозоми цитоплазме виших биљака имају коефицијент седиментације 80 S. Велика подјединица садржи три различита молекула рибозомалне РНК и око 50 различитих протеина, а мала један молекул рибозомалне РНК и око 30 различитих протеина. Рибозоми хлоропласта и митохондрија имају мањи коефицијент седиментације (70 S) и нешто другачији хемијски састав од рибозома цитоплазме. Такође је утврђено да рибозоми органела (хлоропласти и митохондрије) имају више сличности са бактеријским, него рибозомима из цитоплазме еукариотских ћелија.

ЦИТОЛОГИЈА

Процес **биосинтезе протеина** је предмет изучавања других научних области, па ће на овом месту бити само оквирно објашњен. Механизам биосинтезе протеина је веома сложен и одвија се кроз неколико фаза: (1) транскрипција („преписивање“) генетичке информације са ДНК на информациону РНК; (2) формирање иницијаторног комплекса метионин-tRNK; (3) активација аминокиселина и њихово повезивање са транспортном РНК; (4) транслација („превођење“) редоследа нуклеотида информационе РНК у редослед аминокиселина протеина и (5) одвајање синтетисаног полипептида (протеина) од рибозома (Сл. 27).



Слика 27. Биосинтеза протеина (шема)

У првој фази, транскрипције, **на молекулу ДНК се синтетише одговарајућа информациона РНК** (каталише је ензим РНК полимераза), која садржи део комплементарних база ДНК као информације (кодони). Кодони одређују редослед повезивања слободних аминокиселина из цитоплазме у полипептидни ланац, одређујући тиме специфичност грађе синтетисаног протеина. Синтетисана информациона РНК напушта једро, ступа у контакт са рибозомима у цитоплазми, организујући их у **полирибозоме**, који заправо и јесу **функционални центри синтезе протеина**.

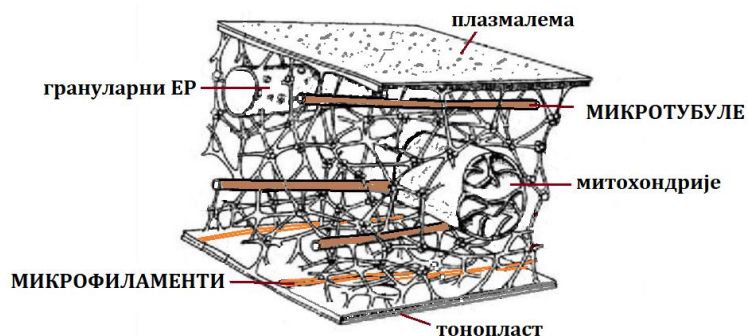
ЦИТОЛОГИЈА

Затим се формира **иницијаторни комплекс** стварањем везе између аминокиселине метионина и транспортне РНК (**met-tRНК**). Додатно му се прикључују протеини иницијаторног фактора, након чега се комплекс качи за малу подјединицу рибозома, која је тек тада у стању да препозна и веже информациону РНК, па клизећи дуж информационе РНК „чита“ кодоне, тражећи почетни кодон (**старт кодон, AUG**), за аминокиселину метионин (што и јесте разлог да синтеза било којег протеина у еукариотским ћелијама, почиње управо аминокиселином метионин).

Након кодон-антикодон повезивања (веза AUG кодона и информационе РНК и met-tRНК), одвајају се иницијаторни фактори са мале подјединице рибозома, везује се већа подјединица, **и рибозом добија морфолошки интегритет**, што представља први корак у синтези протеина (заједнички за било који протеински молекул).

Након ове фазе, почиње заправо синтеза протеина чији генетички запис (информацију) носи **iRНК**. Следи низ корака преко **активације аминокиселина** уз помоћ одређених активирајућих ензима, затим преношење активираних аминокиселина уз помоћ **tRНК** до рибозома, где се оне повезују у полипептидне ланце. Полипептидни ланци се одвајају од рибозома и последње пристигле tRНК, када рибозом, клизећи по iRНК, наиђе на **стоп кодон** (UAG, UAA или UGA). Тада се раздвајају и подјединице рибозома. Синтеза једног полипептидног ланца траје просечно 20-60 секунди.

ЦИТОСКЕЛЕТ представља тродимензионалну мрежасту структуру која даје потпору унутрашњости ћелије, одређује положај органела у цитоплазми, усмерава њихово кретање као и кретање макромолекула у ћелији, али и омогућава струјање цитоплазматичног матрикса (цитосола). Основне структурне компоненте цитоскелета су немембранске органеле - **микротубуле** и **микрофиламенти** (Сл. 28). Поред њих у структури цитоскелета учествује велики број **акцесорних (допунских) протеина**. Ова цитоскелетна мрежа је флексибилна и динамична структура, услед полимеризације и деполимеризације протеинских подјединица, што се остварује променом њихове дужине и распореда.



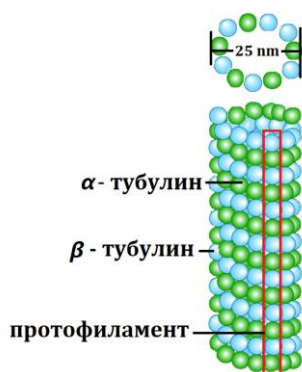
Слика 28. Цитоскелет

МИКРОТУБУЛЕ

Микротубуле су немембранске ћелијске органеле, присутне у свим еукариотским ћелијама. То су праве, цевасте структуре, променљиве дужине (и преко 10 μm), али сталног пречника (око 25 nm) – сл. 29. У цитоплазми су појединачне или груписане у снопиће.

Зид микротубуле гради глобуларни протеин – **тубулин**, димер сачињен од две субјединице, α -тубулина и β -тубулина. Ови димери се нижу формирајући 10-15 протофиламената (лат. *filament* – нит) који чине структуру зида микротубуле.

Микротубуле своју дужину мењају полимеризацијом - додавањем и деполимеризацијом – отпуштањем молекула тубулина. Код ових органела разликујемо брзорастући, позитиван (+) крај и спорорастући негативан (-) крај. Ова њихова особина је у вези са улогом коју имају у ћелији.

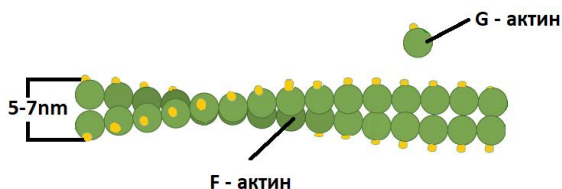


Слика 29. Микротубула

Микротубуле имају бројне улоге: одређују правце **унутарћелијског транспорта** и учествују у њему; учествују у **изградњи нити деобног вретена** током ћелијске деобе; у **формирању фрагмопласта** (ћелијске плоче) и **средње ламеле**, где регулишу довођење Голџи везикула које садрже материјал потребан за њихово формирање; имају и механичку улогу у ћелији служећи као **интрацелуларни скелет**; утичу и на **слагање целулозних и других микрофибрила** у процесу **дебљања ћелијских зидова**.

МИКРОФИЛАМЕНТИ

Микрофиламенти су нити променљиве дужине и константног пречника (око 6 nm). Изграђени су од протеина **актина** због чега се називају и **актински филаменти**. Настају полимеризацијом глобуларних подјединица (мономера) **G - актина**, које се нижу попут перлица, градећи два низа који се спирално увијају један око другог (Сл. 30). Овако формиран полимер означен је као **F - актин** или **актински филамент (микрофиламент)**.



Слика 30. Микрофиламент

Раст микрофиламената у дужину полимеризацијом (додавање) нових мономера актина, као и његово скраћивање (деполимеризација), одвијају се на оба краја, али различитом

брзином. Као и код микротубула, разликујемо брзорастући, позитиван (+) крај и спорорастући, негативан (-) крај. Код већине ћелија актински филаменти се брзо разграђују и поново формирају, што утиче на промену вискозитета цитоплазме.

Актинским филаментима, **важним елементима цитоскелета**, су веома често придружени бројни протеини који помажу испољавању њихове улоге у: **одржавању и мењању сол-гел стања** у ћелији, у **кретању органела**, **везикула** и **макромолекула** кроз цитоплазматични матрикс итд.

ЈЕДРО

Једро (лат. *nucleus*, грч. *karion*) заједно са цитоплазмом чини основну, живу компоненту ћелије, нераскидиво физиолошко јединство - протоплазму. Синтеза великог броја материја се одвија у цитоплазми, али под контролом једра, док се синтеза РНК одвија у једру. Једро обезбеђује одржавање равнотеже ћелијских функција и синтезу неопходних материја протоплазме. С друге стране, једро не може да се одржи без цитоплазме, јер су у њој смештени сви оксидациони системи.

Једро се налази у свим **живим еукариотским ћелијама**. Код виших биљака постоје мртви хистолошки елементи – мртве ћелије које немају једро (нпр. потпуно диференцирани елементи проводног ткива ксилема - трахеје и трахеиде, ћелије механичког ткива склеренхима, плутине ћелије итд.) Прокариотске ћелије не поседују формирано једро, већ слободан једров материјал који није одвојен од околне цитоплазме (еквивалент једра).

Једра се деле и на тај начин две новоформиране ћелије добијају део већ постојеће органеле („*Omnis nucleus e nucleo* – Свако једро од једра“). Материје које граде једро и које су потребне за његов раст, потичу из цитоплазме. У ћелијама виших биљака налази се по једно једро - **једноједарне**, али се срећу и **двоједарне ћелије** (у ћелијама тапетума, у поленовим кесицама) и **вишеједарне** (у секреторним ткивима - млечне цеви).

Облик једра зависи од облика, врсте и функције ћелије. Тако је у меристемским и паренхимским (изодијаметричним) ћелијама, једро углавном **лоптасто** (сферично) или **елипсоидно**. Међутим, у узаним, вретенастим (прозенхимским) ћелијама, једро је углавном **издужено**, а у жлезданим ћелијама може бити **режњевито**. Интересантно је истаћи, да чак у истим ћелијама једро може мењати облик, у зависности од физиолошког стања у ћелији, какав је случај са ћелијама затварачицама стоминог апарата (отворене стоме имају једро лоптасто-амебоидне форме, а код затворене стоме једро је вретенасто).

Величина једра варира, али је углавном сразмерна запремини цитоплазме. Однос запремине једра у односу на запремину цитоплазме називамо **нуклеоцитоплазматични однос (Н/Ц)**. У меристемским ћелијама Н/Ц однос је 0,5. Када дође до промене овог односа, наступа ћелијска деоба.

Диференцијацијом ћелија и њиховим преласком у адултно стање тај однос се смањује знатно испод 0,5. Метаболички активније ћелије имају већи Н/Ц однос (али нижи од 0,5).

Пречник једра у ћелијама виших биљака се у просеку креће од 10-50 μm . По правилу, ћелије дикотиледоних биљака имају ситнија једра од ћелија монокотиледоних биљака. Такође, једра која садрже већи број хромозомских гарнитуре, тзв. полиплоидна једра, су крупнија. Пример најкрупнијег једра код биљака, јесте једро женског гамета (јајне ћелије) биљке *Dioon edule* (цикас), чији је пречник 500-600 μm и може се уочити голим оком.

Положај једра се разликује и специфичан је за одређени тип ћелије. Тако је у ембрионалним и меристемским ћелијама смештено у средишњем делу ћелије. Код диференцираних ћелија са неколико или само једном централном вакуолом, једро бива померено уз ћелијски зид, као и сама цитоплазма. При овом померању долази и до мање промене облика једра, када оно поприма мање-више елипсоидан облик. Такође, положај једра зависи од процеса у ћелији, јер се једро увек налази на месту најинтензивнијих активности (нпр. у ћелији корена која прораста у коренску длаку, једро је увек на врху длаке која интензивно расте, или на месту где је најинтензивнији процес дебљања ћелијског зида итд.).

Физичке особине и хемијски састав једра су веома комплексни. Једро се одликује већом густином, вискозношћу и индексом преламања светлости од цитоплазме.

Хемијски састав једра је сложен, али доминантно учешће имају **протеини** и **нуклеинске киселине**. Поред различитих типова протеина, важно је нагласити значајно учешће базних протеина (протамини и хистони) у чијој грађи учествују базне аминокиселине (лизин, хистидин, аргинин). У једру су присутне обе нуклеинске киселине, ДНК и РНК. Основна хемијска компонента једра јесте ДНК, која улази у састав хромозома и чија је количина у једру релативно стална за одређену хромозомску гарнитуру. Управо ДНК је носилац генетичких информација, које се преносе са генерације на генерацију. Једрова РНК се налази у једарцету и хромозомима (у време деобе). Количина РНК у једру је променљива и зависи од физиолошког стања ћелије, за разлику од ДНК. У једру се налазе и бројни ензими, липиди, минералне соли итд.

Ћелија у свом животном циклусу пролази кроз две фазе, деобну (митотичку) и недеобну (немитотичку), при чему и само једро подлеже тим променама. Тако је могуће разликовати три различита стања једра:

- 1 - интерфазно једро** – једро између две деобе, одликује се бројним биохемијским процесима који подразумевају припрему за деобу;
- 2 - митотичко (деобно, кинетичко) једро** – једро у процесу деобе;
- 3 - радно (метаболичко) једро** – једро диференцираних ћелија, које се више не деле.

Интерфазно једро је изграђено од **једровог омотача**, **једровог сока**, **хроматина** (посебно стање хромозома који се појављују само у деоби) и једног или више **једараца** (Сл. 31).

Једров омотач (овојница, опна, кариотека, нуклеотека) чине две мембране дебљине 6-7 nm (спољашња и унутрашња), између којих се налази перинуклеусни (међумембрански) простор ширине 10-100 nm. Овај међумембрански простор се на неким местима директно наставља на лумен ендоплазматичног ретикулума, чинећи са њим јединствену целину. Иако исте дебљине, ове две мембране једра су другачијег састава. Спољашња је директни наставак мембране ендоплазматичног ретикулума (ЕР), па се на њеној површини налазе рибозоми, и то полирибозоми на којима се синтетишу трансмембрански протеини једрове мембране. На унутрашњој мембрани, за њене интегралне протеине, су причвршћени РНК и хроматин. Важно је истаћи да су на појединим местима ове две мембране спојене, формирајући отворе, односно **поре у једровом омотачу**, дијаметра 70 до 100 nm, које су важне за размену материја између једра и цитоплазме. Број



Слика 31. Грађа интерфазног једра

пора се креће од неколико десетина до неколико хиљада што зависи од величине једра, врсте ћелије као и њене метаболичке активности. Поре су углавном равномерно распоређене у једровом омотачу, али им број значајно опада на делу једровог омотача где су на унутрашњој мембрани причвршћени РНК и хроматин.

Поре нису прости отвори, већ веома сложене протеинске структуре (тзв. комплекс једрове поре - КЈП) које активно регулишу проток материја. Због специфичне структуре пора, нема директног контакта између нуклеоплазме и цитоплазме. Кроз поре једровог омотача, у зависности од величине и хемијских особина, материје пролазе различитим видовима транспорта (нпр. олакшана дифузија, активни транспорт). Тако се из једра у цитоплазму, активним транспортом, кроз КЈП транспортују велика и мала подјединица рибозома и различите РНК. Иако је транспорт по правилу двосмеран, за одређене супстанце је једносмеран (нпр. tRNA може прећи само из једра у цитоплазму, а хистони из цитоплазме у једро итд.).

Једров сок (нуклеоплазма, кариоплазма) је основна супстанца једра (матрикс), мало гушћа од цитоплазме, у којој су уроњени једарце и хроматин. Садржи воду, јоне, различите протеине, ензиме, различите метаболите итд. У једровом соку се одвијају процеси гликолизе, синтезе АТФ, синтеза NAD (никотин-амид-динуклеотид) и разне реакције интермедијерног метаболизма.

Хроматин је основна структурно-функционална компонента једра, комплекс изграђен од молекула **ДНК**, **хистона** и **нехистонских протеина**. У погледу хемијског састава хроматина у интерфази и хромозома у деоби, не постоји суштинска разлика, што значи да се ради о два појавна облика истог садржаја. Ипак, уобичајено је да термином хроматин означавамо облик хромозомског материјала у интерфази ћелијског циклуса, а термином хромозом означавамо структуру насталу променом конформације хроматина за време деобе једра. **ДНК** је генетички материјал ћелије, односно целог организма. У једровој ДНК садржан је огроман број функционалних сегмената – **гена**. **Гени су одговорни за синтезу протеина, а улога једра је да контролише активност гена.**

Хистони (базни протеини) су, поред ДНК, друга важна компонента хроматина (хромозома), који заједно са ДНК у једру већине еукариота образују **нуклеохистоне**. Наиме, осам молекула хистона, око кога се два пута увије ланац ДНК, образују **нуклеозом**. Образовање нуклеозома омогућава да се ДНК смести у што мањем простору, спречава запетљавање дугог и танког ланца ДНК, спречава кидање ДНК и одржава правилан редослед нуклеотида, што је основни предуслов за успешну репликацију и транскрипцију ДНК.

ДНК молекул са низом нуклеозома представља елементарну хромозомску фибрилу које се током деобе спирализују (кондензују, пакују), која увијањем образује нит (хроматинско влакно) чијим додатним увијањем (кондензовањем) настају **хромозоми**. Дакле, захваљујући неколико различитих нивоа кондензације, дугачки ланац ДНК се пакује у микроскопски видљиве хромозоме који су знатно краћи од њега.

Дакле, **хромозоми** су најважније компоненте једра које утичу на регулисање метаболичких и морфогенетских процеса у ћелији. Они су стално присутни у једру, одржавају своју индивидуалност и одликује их способност ауторепродукције, па се током деобе и сами деле, што омогућава њихов континуитет кроз ћелијске генерације, као и преношење наследних особина са генерације на генерацију. Назив хромозома потиче од грчке речи *hroma* (боја) и *soma* (тело), а у вези је са њиховом особином да се интензивно боје базним бојама и као такви се виде јасно у време деобе једра.

Облик хромозома је по правилу штапићаст, кончаст или ређе лоптаст, а зависи од дужине хромозома, од положаја примарног сужења и од присуства секундарног сужења и сателита.

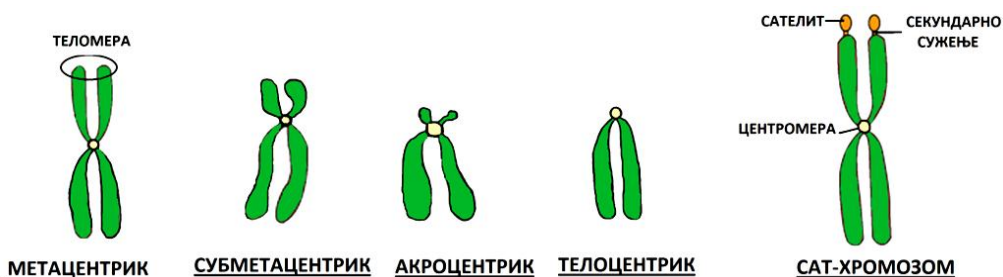
Хромозом поседује **примарно сужење** (примарна констрикција) у коме се налази центар за кретање хромозома – **центромера** за коју се, током деобе, причвршћују контрактилне нити деобног вретена. Центромера заузима одређено место у сваком хромозому и на тај начин дели хромозом на два крака. У зависности од положаја центромере и дужине кракова, разликујемо следеће облике хромозома: **метацентрик**, **субметацентрик**, **acroцентрик** и **телоцентрик**. Метацентрик има једнаке краке, јер се центромера налази на средини. Субметацентрик је хромозом код кога је један крак незнатно краћи, јер је центромера мало померена. Акроцентрик је хромозом са једним знатно краћим краком, од другог, јер је центромера значајно померена, и

ЦИТОЛОГИЈА

телоцентрик је хромозом са само једним краком јер је центромера на самом крају (Сл. 32).

У једру увек постоји хромозом (а понекад и већи број) који има и **секундарно сужење** (секундарну констрикцију) на коме се налази причвршћено мањевише округло телашце тзв. **сателит**, а овакав хромозом називамо **САТ-хромозом**. Секундарна сужења, за разлику од примарних, не учествују у транспорту хромозома у анафazi, али имају улогу у образовању једарца, па их називамо **организатори једарца**.

Хромозом се састоји од **две хроматиде**, које заправо представљају будуће хромозоме, јер се у митози хромозоми деле по дужини, односно долази до раздвајања хроматиде. Свака хроматиде се састоји од две **полухроматиде** где је једна заостала од претходне деобе једра, а друга је настала репликацијом у интерфази (пред деобу једра). Крајњи делови хромозома се одликују специфичним особинама и означени су као **теломере** (Сл. 33).



Слика 32. Облици хромозома

Хромозоми, у периоду интерфазе имају **способност репликације**, што се дешава захваљујући удвајању молекула ДНК при чему хромозоми у потпуности сачувају своје специфичне особине.



Слика 33. Делови хромозома

У погледу **хемијског састава**, хромозоми су изграђени углавном из ДНК (45%) и хистона (55%), који граде комплекс под називом **нуклеохистон**. Поред тога, у грађу хромозома улазе и РНК и нехистонски протеини. Комплетан генетички материјал еукариотске ћелије, садржан у једровој ДНК, распоређен је у одређени број хромозома (најмање два, а понекад и преко 100).

Број хромозома је карактеристичан за сваку врсту. Тако је диплоидан број хромозома код пшенице 42, луцерке 64, дуње 34, кукуруза 20, брескве 16, шљиве 48, грашка 14, ражи 14 итд. Међутим, код биљака није ретка појава да долази до увећања броја хромозомских гарнитуре, тзв. полиплоидије, што подразумева више пута поновљени сет гена (триплоиди – $3n$, тетраплоиди – $4n$ итд.).

Код организама који се полно размножавају, полне ћелије (гамети) имају **хаплоидан број хромозома (n)**. Хаплоидан број хромозома се назива **геном (хромозомска гарнитура)** и он представља основни, најмањи број хромозома који садрже комплетан сет гена неког организма. У телесним (соматским) ћелијама се налази дупло већи, **диплоидан** (удвојени, поновљени) **број хромозома ($2n$)**.

Код виших биљака се број хромозома редукује (смањи за пола) у **процесу спорогенезе** (која претходи формирању гамета), односно приликом образовања **микроспоре**, тј. **поленовог зрна** и **макроспоре**, тј. **ембрионске кесице**, у којима ће се даље одвијати процес гаметогенезе (образовање гамета - сперматичне ћелије у поленовом зрну или поленовој цевци и јајне ћелије у ембрионској кесци).

Дужина хромозома зависи од врсте, у биљним ћелијама се креће од 1 до преко 30 μm , али се разликује код функционално истих хромозома у различитим ћелијама (ткивима).

Једарце (лат. *nucleolus*) је округласта или елипсоидна структура у једру, његов најгушћи део. У једру се налази најчешће једно до три једарцета, а понекад и већи број.

Структуру једарца, које није одвојено мембраном од осталог једровог материјала, чине **ретко распоређене фибриле** (*pars amorfa*), **густо збијене фибриле** (*pars fibrilaris*, нуклеолонеме) и **грануле** (*pars granularis*). У хемијском погледу, једарце је изграђено од протеина, РНК и ДНК. Једарце активно учествује у синтези протеина и представља место синтезе РНК у ћелији и одговорно је за образовање подјединица рибозома.

Потребно је истаћи да једарце није стална структура јер ишчезава за време деобе једра (у профази), и да се поново образује (у телофази), на организаторима једарца, тј. на секундарном сужењу САТ – хромозома. У неким случајевима број САТ - хромозома не одговара броју једараца, јер може доћи до сједињавања једараца.

Једро је веома важна ћелијска органела, **контролни центар ћелије** који садржи **информације о ћелијској структури и функцији**.

Једро има **кључну улогу у чувању (одржавању) и преношењу наследног материјала (ДНК)**. Овај процес је сложен и обухвата одржавање наследне информације у релативно непромењеном облику (уз помоћ репарационих ензима који отклањају спонтане грешке током удвајања ДНК) и преношење генетичких информација кроз генерације (генетички континуитет).

Друга важна функција једра јесте **образовање апарата за синтезу протеина: различите iRNK, све врсте tRNK и rRNK и рибозоме**.

Контролну улогу у ћелији, ДНК (која не напушта једро и није директни калуп за образовање протеина), реализује преко рибонуклеинских киселина (РНК). Будући да су протеини кључне компоненте (као ензими и структурне материје), ДНК преко протеина одређује грађу и функцију ћелије.

Деоба ћелије (ћелијски циклус)

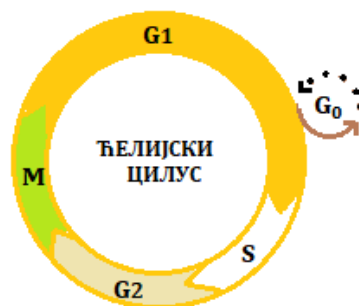
Ћелија постаје деобом, дакле свака ћелија, једноћелијског или вишећелијског организма потиче од претходне ћелије, што је дефинисао Virchow (1865) реченицом: „*Omnis cellula e cellula* - Свака ћелија од ћелије“. Ћелијску деобу чине два процеса, **деоба једра (кариокинеза)** и **деоба цитоплазме (цитокинеза)**, који су временски тесно повезани и углавном синхронизовани. Ови повезани процеси чине **ћелијски циклус**, у коме долази до деобе једра и деобе ћелије у целини. Ћелијски циклус заправо представља низ промена кроз које ћелија пролази од тренутка настанка до сопствене деобе или смрти.

Разликују се три различита начина деобе једра: **амитоза**, **митоза** и **мејоза**. **Амитоза** је директна деоба једра, када се једро издужи и путем констрикције (сужења) подели на два дела. Овај тип деобе једра је редак и код виших биљака је карактеристичан само за ћелије ткива привременог карактера (нпр. нуцелус, ендосперм, перисперм и сл.), али се може срести и код диференцираних ткива (нпр. паренхим кртоле, ћелије зида плодника и сл.).

МИТОЗА

Митоза је најчешћи тип деобе **једра (ћелије) телесних ћелија** на свим нивоима организације живих бића. Назив митоза потиче од грчке речи *mitos* – конач, која означава кончасте творевине – хромозоме. Биолошки смисао митозе огледа се у **равномерној расподели наследног материјала** (у хромозомима) између два новонастала једра. Дакле, митоза је деоба једра (ћелије) при чему **настају две ћерке ћелије које имају исти број хромозома као и мајка ћелија**. Митозом се дели зигот (оплођена јајна ћелија). Такође, захваљујући митози, жива бића расту (увећавањем броја ћелија) и обнављају своја ткива и органе, дакле карактеристична је деоба телесних (соматских) ћелија.

У оквиру митозе, ћелијски циклус обухвата **интерфазу** и **митозу (М)**. За деобу, ћелији је потребна одређена количина материја и енергије везане за одређене молекуле, које ћелија



Слика 34. Ћелијски циклус (фазе: **G₁** - пресинтетичка фаза, фаза раста ћелије; **S** - фаза синтезе ДНК, синтетичка фаза; **G₂** - друга фаза раста и припреме за деобу; постсинтетичка фаза и **М** - фаза деобе; **G₀** -фаза у коју улазе ћелије које се не деле

обезбеђује током процеса који називамо **интерфаза**. У интерфази се ћелија припрема за деобу и чине је веома важни биохемијски процеси. С обзиром на синтетску активност, интерфазу делимо на три фазе (периода): пресинтетички - G1, синтетички - S и постсинтетички - G2. У **пресинтетичком периоду** се врши синтеза РНК, протеина, липида и угљених хидрата што доводи до раста ћелије и обично траје 25-50% интерфазног времена. У **синтетичком периоду** се одвија синтеза ДНК и хистона (удвајање ДНК коју сада чине два молекула који ће се у почетку деобе упаковати у две хроматиде) и траје око 35-40% интерфазног времена. У **постсинтетичком периоду** се врши синтеза РНК и протеина, нарочито оних који граде нити деобног вретена и синтеза АТР-а као важног високоенергетског једињења које обезбеђује енергију потребну за деобу. Овај период је најкраћи и обично траје као и митоза (Сл. 34).

Важно је напоменути да постоји и **фаза G₀** која је непостојане дужине, а у коју ћелија улази одмах након деобе, и карактеристична је за ћелије које се не деле (престају са деобом), већ улазе у грађу ткива односно организма, процесом диференцијације (диференциране ћелије) што представља завршетак ћелијског циклуса. Већина ћелија вишећелијских биљака је у таквом стању, у њима се не одвија репликација ДНК, а синтеза РНК је веома слаба. Међутим, ако на ћелију која је у **G₀** фази делујемо одређеним фитохормонима или другим факторима раста, она може прећи у фазу **G1**. Ова особина диференцираних ћелија се назива **тотипотентност**, и нашла је значајну примену у техникама културе ткива.

Митоза је континуиран процес кога чине 4 фазе: **профаза**, **метафаза**, **анафаза** и **телофаза** (Сл. 35).

ПРОФАЗА је прва фаза митозе у којој се дешавају значајне промене једра. Наиме, на самом почетку профазе почиње **спирализација хромозома** и њихово скраћивање, које, идући ка крају профазе постаје максимално, да би им било олакшано кретање у наредним фазама деобе. Овакви хромозоми су удаљени међусобно и крећу се према периферији једра, и тада је већ видљива њихова структура – хроматиде и центромера. На самом крају профазе, **ишчезава једарце** и полако се **дезинтегрише једрова мембрана**. Поред тога, на супротним половима ћелије, почиње да се **формира митотички апарат – деобно вретено**.



Слика 35. Ђелијски циклус (интерфаза и митоза)

У **МЕТАФАЗИ** је у потпуности формирано деобно вретено (најважнији део митотичког апарата) кога чине влакна протеинске природе (микротубуле), која повезују два супротна пола ћелије. Деобно вретено граде два типа влакана: **потпорна** која иду са једног до другог пола ћелије и дају форму деобном вретену, и **повлачећа (контрактилна, хромозомска)** која се протежу од полова до центромера хромозома. Затим се, у метафази, хромозоми са јасно развојеним сестринским хроматидама, **распоређују правилно у екваторијалној равни** (у средишњем делу ћелије), у којој су строго распоређене центромере (док се остали делови хромозома могу налазити и ван равни).

АНАФАЗА почиње дељењем примарног сужења (центромере) и раздвајањем сестринских хроматида, када се оне већ могу сматрати хромозомима (хроматиде су будући хромозоми двеју ћерки ћелија које ће настати деобом). Након овог процеса, одвојене хроматиде се крећу ка супротним половима, тако да се на сваком полу нађе исти број хроматида/хромозома, који је имала ћелија у почетку деобе. Процес кретања хромозома је последица скраћивања (контракције) повлачећих влакана и издуживања потпорних влакана. Правилно кретање хромозома зависи од центромере (ако се на било који начин разори центромера, хромозоми постају дезоријентисани). На самом крају анафазе, деобно вретено се збија у **буретасту форму (фрагмопласт)**, која ће имати важну улогу приликом формирања преградног зида између две новонастале ћелије.

ТЕЛОФАЗА је четврта фаза митозе у којој се одвијају процеси супротни процесима у профазу. Наиме, образују се две компактне групе хромозома на супротним половима ћелије, одвија се **деспирализација хромозома**, када се полако губи њихова форма. Око обе групе хромозома, образују се једрове мембране и формирају се једарца. Једрове мембране настају од остатака једрове мембране која се дезинтегрисала на почетку деобе и од елемената ендоплазматичног ретикулума. Резултат деобе су два новонастала једра која су иста у квалитативном и квантитативном смислу.

Митоза траје у просеку од 30 минута до 3 сата. Профаза и телофаза су знатно дуже од метафазе и анафазе.

Након завршене деобе једра (митоза, кариокинеза) следи деоба **цитоплазме (цитокинеза)**, која је углавном прати.

Код виших биљака, најчешће се преградни зид између две ћелије формира од средине ћелије према периферији (центрифугално). Преградни зид (средња ламела, примордијални зид) настаје од фрагмопласта у коме се накопљају бројне везикуле Голџи апарата које садрже основну материју средње ламеле (пектинске материје), стапајући се у средњу ламелу. Од мембрана ових везикула, у обе ћелије, образују се плазматичне мембране.

Ћелијске органеле се током митозе различито понашају што је у вези са њиховом улогом у ћелији. Митохондрије и пластиди се слично понашају, налазе се изван митотичког апарата, углавном се равномерно распоређују између две новонастале ћелије. Голџи комплекс се дезинтегрише на

ЦИТОЛОГИЈА

диктиозоме који се такође равномерно распоређују. И ендоплазматични ретикулум мења структуру и има извесне везе са митотичким циклусом јер је једрова мембрана повезана са ендоплазматичним ретикулумом.

Деоба ћелијских органела не мора да се одвија истовремено са деобом једра и цитоплазме, обично је после. Мада се, понекад, повећање њиховог броја одвија пре деобе једра. Иако пластиди настају од пропластида, у извесним случајевима се пластиди деле, као и митохондрије.

Дакле, током митозе врши се равномерна расподела генетског материјала, цитоплазме и ћелијског зида између две новонастале ћелије. Две новонастале ћелије ће бити дупло мање од мајке ћелије, али ће одговарајућу величину достићи током интерфазе.

Ендомитоза представља атипичну деобу једра када долази до удвајања хромозома унутар једра, без формирања митотичког апарата (сви хромозоми остају у једном једру) при чему су очувани и једрова мембрана и једарца.

На овај начин, услед поновљених ендомитоза у ћелијама диференцираних ткива виших биљака, образују се гигантска једра која садрже неколико хромозомских гарнитуре (генома), што је означено појмом **полиплоидија**. Тако постоје једра са $4n$ хромозома – тетраплоидна, са $8n$ хромозома октаплоидна итд. Полиплоидна једра, као и ћелије у којима се она налазе, су крупнија, па ова појава може имати практичан значај.

МЕЈОЗА

Мејоза је **редукциона деоба једра (ћелије)** која, код виших биљака, претходи стварању **спора** у којима се образују **полне ћелије (гамети)**. Сваки организам који се размножава полним путем, поседује двојаке ћелије с обзиром на број хромозома у својим једрима, односно, једне поседују једнострук број хромозома – **хаплоидне (n)** и друге које поседују двоструко већи број хромозома – **диплоидне ($2n$)**. Диплоидне настају спајањем гамета (полних ћелија), а хаплоидне настају редукцијом (смањењем броја хромозома на пола) током **редукционе деобе – мејозе**.

Смисао мејозе јесте **одржавање сталног броја хромозома**, кроз генерације. Наиме, да би се спречило повећање броја хромозома из генерације у генерацију, долази до редукционе деобе. Поред тога, а не мање важно јесте, да током мејозе **долази до размене генетског материјала**, што за последицу има постанак генетски различитих гамета, односно разноликост јединки у оквиру врсте.

Код цветница, редукциона деоба (мејоза) се врши при образовању спора, тј. микроспора - поленових зрна и макроспоре - ембрионове кесице.

У животном циклусу биљних организама који се полно размножавају, дакле, смењују се две фазе које се разликују по броју хромозома: **хаплоидна (хаплофаза, полна)** и **диплоидна (диплофаза, бесполна)**, чије трајање је различито код различитих систематских група биљних организама.

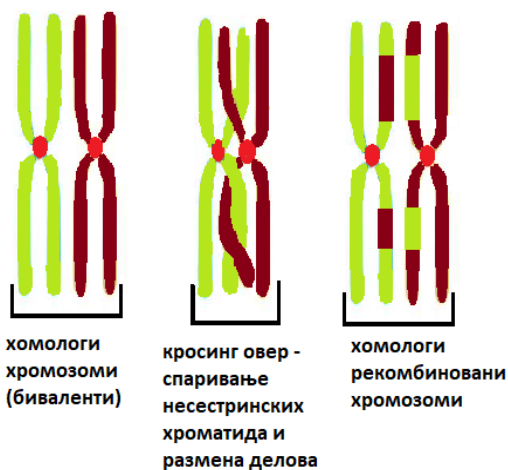
Пре мејозе, ћелија се налази у интерфази која има потпуно исте периоде (фазе) као што је наведено раније (Сл. 34), у којој се ћелија припрема за деобу на биохемијском (молекуларном) нивоу. Мејоза се састоји од две узастопне деобе, од којих је **прва редукциона и означава се - деоба I**, у којој се број хромозома смањи на половину (редукција броја хромозома) и **друга - деоба II**, која се одвија **по принципу митозе** (Сл. 37).

Деоба I

ПРОФАЗА I је изузетно сложена, временски најдуже траје и подељена је у пет стадијума: **лептотен, зиготен, пахитен, диплотен и дијакинезис**.

У **лептотену** су хромозоми распоређени без реда и испреплетани. Тек крајем овог стадијума почиње њихова кондензација и тенденција ка паралелном распоређивању.

У **зиготену** долази до спаривања хомологих хромозома, тј. до образовања **бивалената**. Биваленти су парови хромозома исте величине и облика, један пореклом од мушког, други од женског гаметата. Упаривање хромозома се назива **коњугација** и заснива се на привлачењу идентичних делова хомологих хромозома („рибонуклеопротеиди за препознавање“).



Слика 36. Кросинг – овер и рекомбинација између две хроматиде хомологих хромозома

У **пахитену** се хромозоми биваленти спирализују што доводи до њиховог скраћивања и дебљања. У овом стадијуму сасвим је видљива структура бивалената, које чине четири хроматиде (тетраде хроматида), где две хроматиде припадају хромозому пореклом од женског, а друге две припадају хромозому пореклом од мушког гаметата. На крају пахитена долази до **преплитања два хомолога хромозома бивалента**, тзв. **кросинг овер** (crossing over) – сл. 36. При овом преплитању, несестринске хроматиде хомологих хромозома размењују међусобно поједине делове.

Резултат кросинг овера јесу сада **измењене, рекомбиноване** хроматиде бивалената, односно измењени хромозоми.

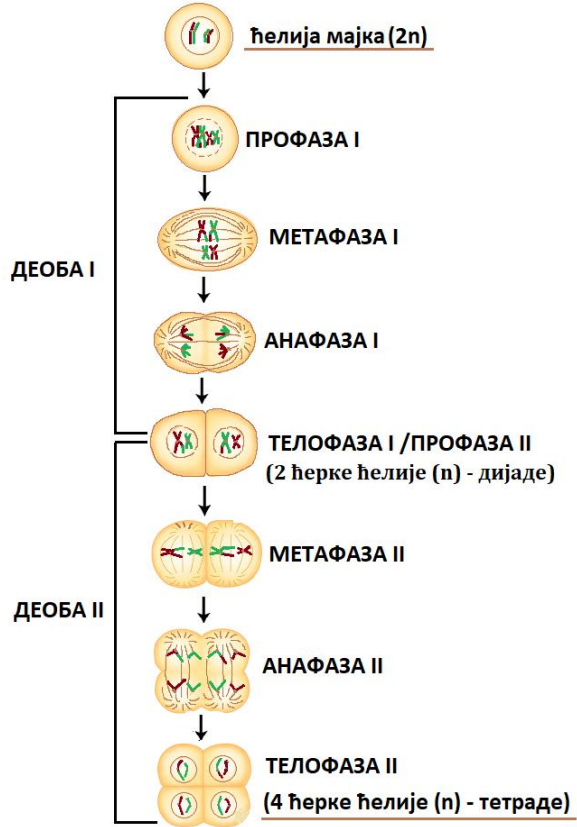
У **диплотену** се одвија додатна спирализација и скраћивање хромозома. Такође долази до **раздвајања хомологих хромозома** који остају повезани само у тачкама које називамо хијазме.

Дијакинезис је последњи, завршни стадијум профазе I, када се хромозоми максимално спирализују и распоређују по периферији једра чија се мембрана дезинтегрише, а ишчезава и једарце.

У **МЕТАФАЗИ I** једрова мембрана је дезинтегрисана, и формира се деобно вретено. Биваленти се распоређују у екваторијалну раван деобног вретена и то тако да је центромера једног хромозома бивалента окренута ка једном полу, а центромера другог хромозома бивалента, ка другом полу деобног вретена.

У **АНАФАЗИ I** хромозоми биваленти се раздвајају и на супротне половине деобног вретена одлазе **цели и рекомбиновани (измењени) хромозоми**, захваљујући контрактилним влакнима деобног вретена и привлачењу између половина деобног вретена и центромера.

ТЕЛОФАЗА I је последња фаза прве деобе и она почиње када хромозоми стигну на половине. У овој фази хромозоми могу остати груписани, са карактеристичним обликом (видљиве размакнуте хроматиде). У неким случајевима се у потпуности образују два једра, док у другим случајевима се једра не образују, већ убрзо наступају промене које по својим карактеристикама подсећају на интерфазу митозе.



Слика 37. Мејоза

Резултат деобе I су **две новонастале ћелије са редукованим бројем хромозома**, односно, од мајке ћелије са диплоидним бројем хромозома (**2n**), настају две ћерке ћелије, са хаплоидним бројем хромозома (**n**).

Деоба II

У оквиру мејозе, деоба II се одвија по принципу митозе и једина разлика је што се хроматиде хромозома који сада ступају у деобу, разликују у односу на полазне, услед размене генетског материјала током кросинг овер-а, у профази I. Деоба II се одвија синхронизовано у обе ћерке ћелије и почиње метафазом II јер је **телофаза I, заправо прелазна фаза и увод у деобу II** у којој се новонастала једра (хромозоми) припремају за нову деобу (деобу II).

ЦИТОЛОГИЈА

У **МЕТАФАЗИ II** се поново формира деобни апарат и хромозоми се распоређују правилно у екваторијалну раван деобног вретена.

У **АНАФАЗИ II** се разилазе половине хромозома и путују на супротне половине (а не цели хромозоми као у анафази I).

У **ТЕЛОФАЗИ II** се образују четири једра са хаплоидним бројем хромозома.

Након цитокинезе формиране су преграде између новонасталих ћелија и формира се недостајући део ћелијског зида.

Резултат мејозе (део I и деоба II) јесу четири ћелије са хаплоидним бројем хромозома, тзв. тетраде.

Дакле, из једне материнске (археспоријалне) диплоидне ћелије, образују се четири ћелије (споре) са хаплоидним бројем хромозома.

Мејоза је деоба једра/ћелије која поред редукције броја хромозома ($2n \rightarrow n$) омогућава и сасвим спонтано (случајно) распоређивање мушких и женских хромозома (биваленти/хомологи хромозоми) између две ћерке ћелије. Ова особина **доприноси различитим комбинацијама родитељских хромозома, односно наследних особина**, што обезбеђује образовање различитих полних ћелија у једном организму и настанак разноврсног потомства.

Процес мејозе зависи од више фактора и траје различито време. Тако, код ложице (*Tradescantia* sp.), процес образовања поленових зрна (микроспора) траје око 30 часова.

ПРОИЗВОДИ МЕТАБОЛИЧКЕ АКТИВНОСТИ ПРОТОПЛАЗМЕ

Све производе настале метаболичком активношћу живе протоплазме једним именом називамо **ергастични производи**. То могу бити резервне материје (углавном смештене у цитоплазми), физиолошки активне материје, крајњи производи метаболизма, ћелијски сок који испуњава вакуолу/е, као и структурне компоненте попут ћелијског зида. У оквиру производа метаболичке активности протоплазме, издвајамо **резервне материје, биолошки (физиолошки) активне материје и ћелијски зид**.

РЕЗЕРВНЕ МАТЕРИЈЕ

Резервне материје, смештене у цитоплазми, односно у ћелијским органелама, су важни производи рада живе протоплазме. Резервне материје су само привремено искључене из транспорта материја и метаболизма ћелије, да би након одређеног временског периода опет биле укључене.

Основне и најважније резервне материје биљне ћелије су: **скроб, масти и протеини**.

СКРОБ је најраспрострањенија, типична резервна материја биљака, образује се у пластидима. Полисахарид скроб је изграђен од огромног броја моносахарида глукозе ($C_6H_{10}O_5$)_n, повезаних кисеоничним мостовима.

У физиолошком смислу, разликујемо четири облика скроба: **асимилациони, транзиторни, резервни и штедни**. Скроб који се образује у хлоропластима, као производ фотосинтезе, назива се **аутохтони** или **асимилациони**. Овај скроб при повољним условима веома брзо испуњава хлоропласт, па га је потребно што пре транспортовати да не дође до његовог нагомилавања у хлоропластима и ћелијама листа. Међутим, скроб у овом облику не може да се транспортује (велики полимери), па се уз помоћ ензима амилазе трансформише у растворљиве шећере. Транспорт шећера кроз биљку се одвија на основу разлике у концентрацијама, за чије одржање је потребно да се један део простијих шећера преобрати у скроб, који називамо **транзиторни скроб**. Овај облик скроба се даље опет лако преобраћа у просте шећере и даље транспортује. Овај процес се може понављати више пута. Када шећер стигне у органе за магационирање (семе, ризом, кртола, и сл.), поново се у леукопластима (амилопластима) преобраћа у скроб, и то у **резервни скроб**.

Поред наведених типова скроба, биљке образују и **штедни скроб** (у скробним сарама у стаблу, у ћелијама коренове капе, у млечном соку) који је веома постојан и среће се код старијих индивидуа. Ишчезава само у екстремним ситуацијама (повреда кореновог врха, примена агресивних средстава, и сл.).

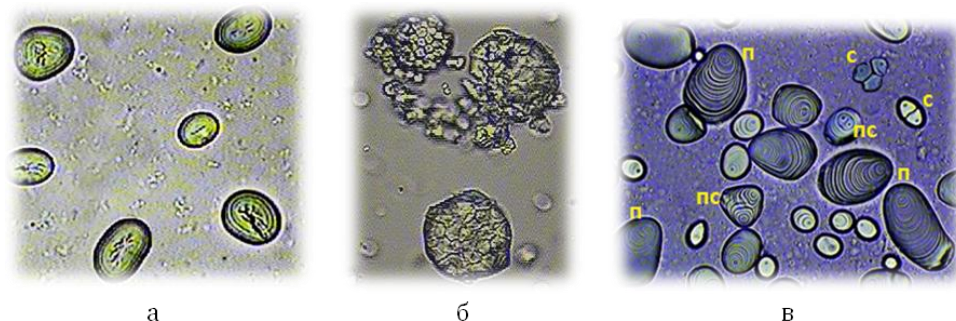
Резервни скроб се акумулира у семенима, подземним метаморфозираним изданцима попут кртола, луковица, ризома, затим у корену, надземним двогодишњим и трогодишњим изданцима. Резервни скроб се налази у форми **скробних зрна** која се разликују и величином и обликом код различитих врста (Сл. 38). Димензије скробних зрна могу износити тек неколико микрометара (нпр. код кукуруза), више од 100 μm код кромпира, па и преко 200 μm код паразитске врсте, потајница (*Lathraea* sp.).

Млада скробна зрна су углавном округлог облика, док се старија и крупнија зрна веома разликују обликом (елипсоидна, призматична, сочиваста и сл.).

Формирање скробних зрна се одвија у унутрашњости (строма) амилопласта и почиње од тачке која се назива **центар формирања**, тако што се резервни скроб слаже (апозицијом) наизменичним смењивањем гушћих и ређих слојева, који различито преламају светлост (услед различите количине воде у њима). Ако се центар формирања налази у средини амилопласта, слојеви скроба ће се правилно слагати и образоваће се **зрно концентричне слојевитости** (Сл. 38а). Међутим, ако је центар формирања померен ка једном крају амилопласта, тада се слојеви скроба неће равномерно слагати и настаће **зрно ексцентричне слојевитости** (Сл. 38в).

Према грађи, разликујемо: **проста, сложена и полусложена** скробна зрна (Сл. 38). Најзаступљенија су **проста** скробна зрна која настају ако се у строми леукопласта образује један центар формирања око кога се слажу слојеви

скроба. Међутим, ако се у строми леукопласта образују два или више центара формирања, тада ће се формирати **сложено скробно зрно**. Сложена зрна могу да буду изграђена од 2-3 проста (код кромпира), неколико стотина (код овса) или пак од десетине хиљада простих зрна (код спанаћа). Уколико се око два или више зачетака простих зрна формирају и заједнички слојеви скроба, који их потпуно обавијају, формираће се **полусложено скробно зрно**.



Слика 38. Скробна зрна: а - проста (пасуљ); б - сложена (овас); в - проста (п), сложена (с), полусложена (пс) (кромпир)

Скробна зрна су изграђена од два типа полимера скроба: **амилоза (неразгранате структуре)** и **амилопектин (разгранате структуре)**. Унутрашњост скробног зрна гради **амилоза** коју чине равни, неразгранати ланци (молекули глукозе повезани α (1→4) гликозидном везом), која се раствара у води, док периферне делове скробног зрна гради **амилопектин**, разгранатих ланаца (молекули глукозе повезани α (1→4) и α (1→6) гликозидним везама) који бубри, не раствара се у води.

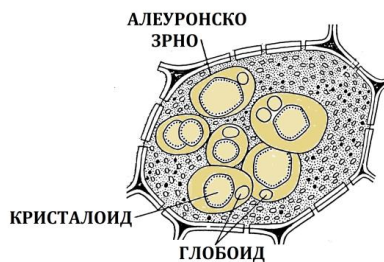
Скробна зрна имају специфичан изглед код различитих врста што има и практичан значај. Тако је анализом скробних зрна могуће утврдити од које биљне врсте потиче брашно, а исто тако је могуће утврдити да ли је у питању оригинална сировина или сурогат. Скробна зрна могу послужити и као таксономски карактер.

МАСНЕ МАТЕРИЈЕ се често јављају као резервне материје, а пошто су у биљним ћелијама углавном у течном стању (уља), виде се као ситне капљице у **цитоплазми - елајопласти** и у **вакуолама**. Будући да су у течном стању, лако испуњавају просторе у ћелији и представљају најјекономичније резервне материје биљне ћелије и одличне изворе енергије. Резервне масти се у већим количинама налазе у **семенима**. Поред тога, масти се образују и у кори неких дрвенастих врста, у ризомима, кртолама, у сочном делу оплодних листића (маслина) и др.

ПРОТЕИНИ се налазе код биљака и као резервне материје које могу послужити за синтезу сложених протеина или као извори енергије. Резервни протеини имају много простију грађу од конститутивних (оне које граде живу протоплазму). Налазе се у **аморфном** и **кристалном облику** (различите форме), али и у облику **алеуронских (протеинских) зрна**.

Алеуронска зрна се налазе у семенима трава, махунарки, лана итд. Посебно су крупна у семенима у којим се у истим ћелијама налазе и резервне масне материје (уља) као нпр. код рицинуса где је могуће уочити њихову специфичну структуру. Алеуронско зрно рицинуса је обавијено финим опном, унутар које се налази крупнији кристалоид и ситнији глобоид, унутар аморфне строге. Изузев глобоида који чини резерву минерала (Ca, Mg, P), остали делови су резервни протеини (Сл. 39).

У семену пшенице испод плодовог омотача и семењаче, налази се спољашњи слој хранљивог ткива – ендосперм, чије ћелије су веома богате алеуронским зрнима, што овај део семена пшенице и других житарица чини изузетно хранљивим (због садржаја протеина, минерала итд.).



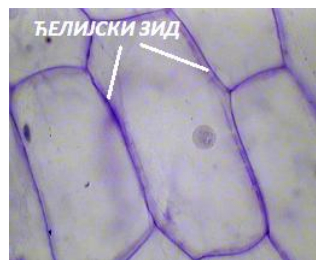
Слика 39. Алеуронска зрна у семену рицинуса

БИОЛОШКИ (ФИЗИОЛОШКИ) АКТИВНЕ МАТЕРИЈЕ

Током своје метаболичке активности и размене материја, жива протоплазма ствара најразличитије материје међу којим се, због њиховог значаја, издвајају физиолошки активне материје: **ензими**, **витамини** и **фитохормони**. Ове материје, иако различитог хемијског састава, сврставамо у категорију физиолошки (биолошки) активних материја, због њихове незаобилазне улоге у функционисању биљних организама (видети страну 12).

ЋЕЛИЈСКИ ЗИД

Све ћелије виших биљака (изузев полних ћелија) поседују **ћелијски зид**. (Сл. 40). Ћелијски зид даје **чврстину** и **облик** биљној ћелији и **штити** протоплазму. Основна материја ћелијског зида јесте **ЦЕЛУЛОЗА**. У живим ћелијама, ћелијски зид је увек прожет водом и налази се у набубрелом стању. Губитак воде доводи до смежуравања (скупљања) зида. Због специфичне грађе, ћелијски зид је потпуно пропустљив за воду и растворене соли, а није значајнија баријера ни за пролазак многобројних супстанци.

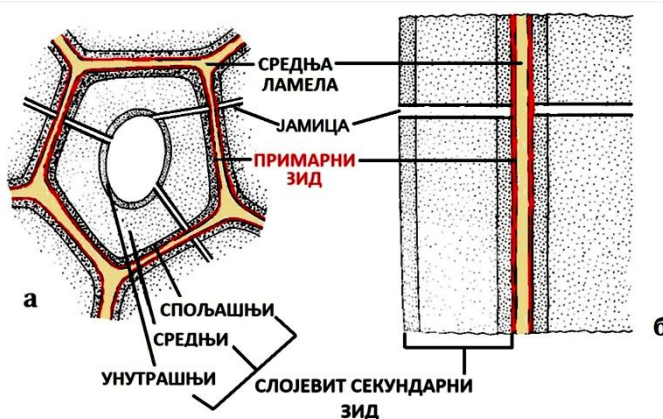


Слика 40. Ћелијски зид (епидермис лукавице црног лука - *Allium cepa*)

ЦИТОЛОГИЈА

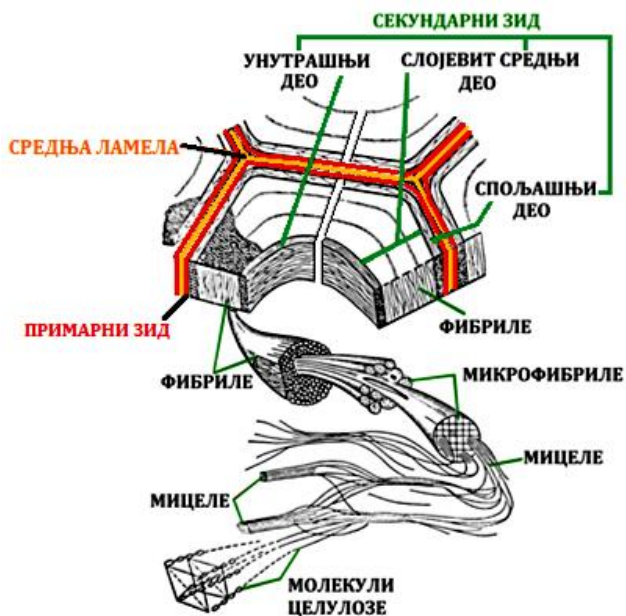
Формирање ћелијског зида између две новонастале ћелије, почиње након митозе, односно током цитокинезе када се од остатака деобног вретена формира **ћелијска плоча**

(фрагмопласт) у коју се сливају Голџи везикуле - фрагмосоми, одвојени од Голџи комплекса. Сматра се да овај процес регулишу микротубуле, које се такође концентришу у том региону. Већ у телофази митозе, фрагмосоми се у екваторијалној равни спајају образујући од својих мембрана две плазматичне мембране, које заједно са садржајем који се налази између њих, чине **ћелијску плочу**. Ћелијска плоча, основа за формирање средње ламеле, расте од средине ћелије и достиже бочне ћелијске зидове. У хемијском погледу, у највећој мери, чине је **пектинске материје**. Овај, заједнички пектински слој између две новонастале ћелије, чини **СРЕДЊУ ЛАМЕЛУ (ПРИМОРДИЈАЛНИ ЗИД)**. Дакле, средња ламела је прва преграда између две ћерке ћелије, али уједно и веза која их држи у контакту. Важно је напоменути да још у току формирања ћелијске плоче, остају поре кроз које су претходно пролазиле микротубуле деобног вретена, а у новонасталом зиду ће служити за пролаз плазмодезми (нити цитоплазме) између две суседне ћелије.



Слика 41. Ћелијски зид: а - попречни; б - уздужни пресек

На средњу ламелу, протоплазме обе ћерке ћелије, свака са своје стране, образују свој **ПРИМАРНИ ЗИД**. Основну структурну компоненту примарног зида чини



Слика 42. Шематски приказ структуре ћелијског зида (дрвено влакно)

На средњу ламелу, протоплазме обе ћерке ћелије, свака са своје стране, образују свој **ПРИМАРНИ ЗИД**. Основну структурну компоненту примарног зида чини

На средњу ламелу, протоплазме обе ћерке ћелије, свака са своје стране, образују свој **ПРИМАРНИ ЗИД**. Основну структурну компоненту примарног зида чини

целулоза, чије се микрофибриле неправилно распоређују градећи фину мрежу. У састав примарног зида улази и извесна количина хемицелулозе, пектина, гликопротеина.

Код ембрионалних ћелија (ћелије клице), меристемских ћелија као и код различитих трајних ткива (нпр. паренхимска, проводни елементи флоема итд.) ћелијски зид чини средња ламела и примарни зид. Међутим, код неких ћелија (нпр. елемената ксилема, склеренхима) ћелијски зид је комплекснији и састоји се од још једног дела, а то је **СЕКУНДАРНИ ЗИД**. Секундарни зид образују протоплазме ћелија, слагањем целулозе на примарни зид и тада ћелијски зид чине: **средња ламела, примарни и секундарни зид** (Сл. 41). У структури секундарног зида, поред целулозе, учествују и друге материје, нарочито хемицелулоза, лигнин и суберин, што значајно доприноси његовој функцији. Услед неједнаке густине целулозних фибрила, секундарни зид показује слојевитост. Када је секундарни зид јасно трослојан (нпр. код дрвених влакана, трахеида - ћелија проводног ткива ксилема) чине га три слоја: спољашњи (према примарном зиду), средњи и унутрашњи слој (према унутрашњости ћелије) – сл. 41 и 42.

Захваљујући електронском микроскопу, утврђено је да се ћелијски зид састоји из **основне масе** (матрикс) која је богата **водом**, а у чији састав највише улазе **пектини** и **хемицелулоза** (више типова). У матрикс се као најдоминантнија компонента укључује **целулоза**. Заправо, молекули **целулозе** формирају **мицеле**, које даље формирају **микрофибриле**, а ове формирају веће агрегате **фибриле**, које формирају структуру ћелијског зида – сл. 42. Између мицела целулозе остају мали простори (интермицеларни простори) у којима се могу сместити вода и други мањи молекули, док између фибрила остају нешто већи простори (интерфибриларни простори) где се, поред молекула воде, могу наћи знатно крупнији молекули попут лигнина, кутина итд.

У примарним зидовима, микрофибриле образују густе сплетове, распоређене без реда (**дисперзна текстура**). Између микрофибрила, у примарном зиду остају простори за пролаз плазмодезми. Захваљујући дисперзној текстури, као и високом садржају пектина, примарни зид се одликује еластичношћу. У секундарном зиду, фибриле се удружују у још дебље мицеларне снопове и углавном се распоређују у паралелне, густо збијене низове између којих остају знатно мањи простори. У зависности од врсте и функције ћелија, текстура секундарног зида се разликује, па може бити **влакнаста, спирална, прстенаста**.

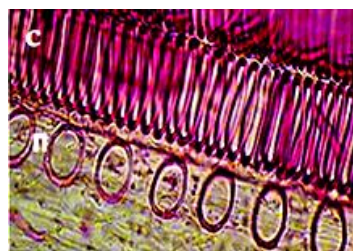
Фибриларна структура ћелијског зида доприноси отпорности зида на **истезање** и **притисак**, што пружа механичку заштиту нежној протоплазми. **Чврстина** ћелијског зида је важна особина зида, а последица је специфичне структуре и дебљине ћелијског зида.

Ћелијски зид може да **повећава своју површину** и на тај начин ћелије расту и повећавају своје димензије. Овај процес се назива **интусусцепција (уметање)**, а подразумева уметање нових молекула између постојећих,

углавном у примарном зиду. Уметање молекула може да буде равномерно, или само на појединим деловима зида, при чему настају ћелије различитог облика.

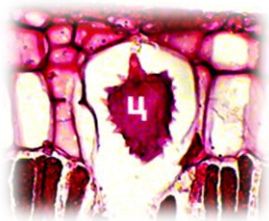
Дебљање ћелијског зида се одвија процесом **апозиције (слагање)**, а одвија се слагањем нових слојева целулозе. Овај процес додатно доприноси чврстини ћелијског зида. Дебљање ћелијског зида може да буде неравномерно (локално), односно да се одвија само на одређеном његовом делу. Ако ова задебљања ћелијског зида напредују ка унутрашњости ћелије, називамо их **центрипетална**, а ако се одвијају ка спољашњости – **центрифугална задебљања**.

Центрипетална задебљања ћелијског зида доприносе додатној чврстини и честа су код проводних елемената ксилема (трахеје и трахеиде, које проводе воду са раствореним неорганичким материјама) и могу бити различитог облика: спирална, прстенаста, мрежаста, лествичаста итд. (Сл. 43).



Слика 43. Елементи ксилема са прстенастим (п) и спиралним (с) задебљањима ћелијског зида (*Cucurbita pepo*)

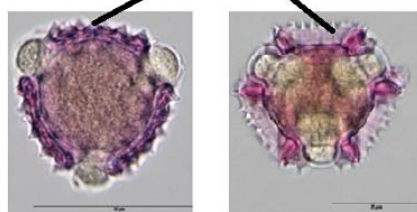
Специфичну форму локалног центрипеталног задебљања представља **цистолит**, који се образује у листовима различитих биљних врста (из фамилија Moraceae, Cucurbitaceae итд.) и доприноси њиховој чврстини (Сл. 44). Тело цистолита чини целулоза, импрегнирана калцијум-карбонатом, док је дршка прожета силицијумом.



Слика 44. Цистолит (ц) (у листу *Ficus elastica*)

Центрифугална задебљања обично настају интусусцепцијом и образују се на спољашњој површини поленових зрна (Сл. 45). Ова задебљања могу имати веома различиту форму, тако се могу користити као таксономски карактер јер су специфична за биљну врсту.

центрифугална задебљања
ћелијског зида

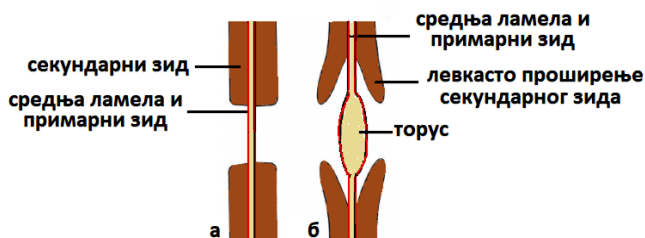


Cirsium sp.

Cichorium intybus

Слика 45. Центрифугална задебљања ћелијског зида на површини поленових зрна (микроспора)

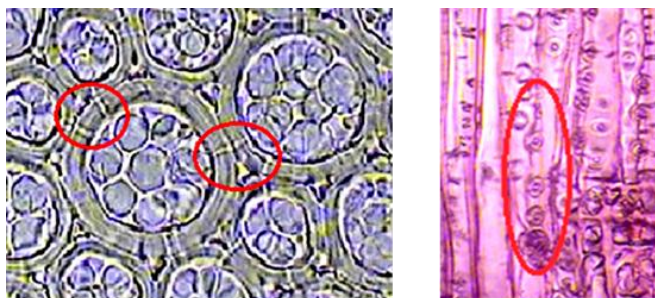
Приликом формирања секундарног зида, остају поједина незадебљала места, која током даљег дебљања зида добијају облик цевастих каналића. Та



Слика 46. Јамице: а – просте, б - опшанчене (шема)

локална, незадебљала места у секундарном зиду називамо **ЈАМИЦЕ**. Присуство јамица омогућава размену материја између ћелија. Јамице суседних ћелија стоје једна насупрот другој, а између њих се налази континуирана средња ламела са

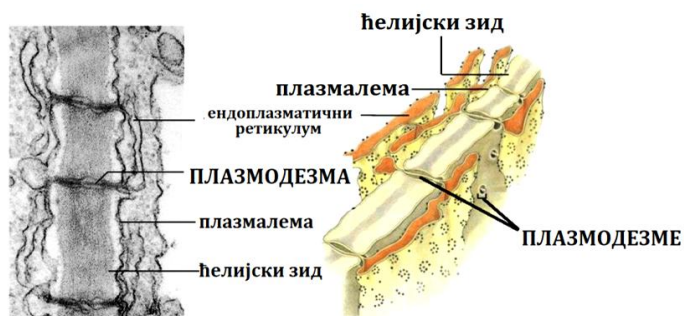
примарним зидом које чине **опну за затварање**. У опни за затварање налазе се ситни отвори тзв. **примарна поља јамица**, кроз које пролазе нити цитоплазме између суседних ћелија. Ако су каналићи јамица правилни, тада су **јамице просте** (Сл. 46а и 47а) Међутим, код четинара, у зидовима трахеида (проводни елементи ксилема)



Слика 47. Јамице у ћелијском зиду: а – просте (у задебљалом секундарном зиду стабла *Clematis vitalba*); б – опшанчене (на уздужном пресеку трахеида стабла *Pinus* sp.)

каналнићи јамица се левкасто проширују и такве јамице називамо **опшанчене** (Сл. 46б и 47б). Код ових јамица, средња ламела са примарним зидом је плочасто задебљала и назива се **торус**. Од торуса према зиду полазе радијално распоређене целулозне нити које га причвршћују за зид. Ако се торус налази на средини, вода несметано пролази. Ако се торус помери у једну страну и приљуби уз отвор јамице, тада је пролазак воде онемогућен.

ПЛАЗМОДЕЗМЕ су
фине нити
цитоплазме које
пролазе кроз јамице
у ћелијском зиду,
односно **кроз**
примарна поља
јамица (поре) у
средњој ламели и
примарном зиду
(Сл. 48). На тај
начин, постојање



Слика 48. Плазмодезме

плазмодезми,
омогућава повезивање протоплазми свих ћелија биљке у једну живу,
плазматичну целину коју називамо **симпласт**. У плазмодезмама се често
налазе елементи ендоплазматичног ретикулума који учествују и у
међућелијском транспорту. Дакле, **јамице са плазмодезмама омогућавају**
размену материја и комуникацију између живих ћелија биљке. Број
плазмодезми између суседних ћелија може бити изузетно велик (нпр. у
меристемској ћелији луковике црног лука може бити 10 000 - 20 000
плазмодезми).

У спољашњем зиду ћелија епидермиса се могу јавити специфична места
означена као **ектодезме**, која указују на местимичну порозност ћелијског
зида који је уобичајено превучен слојем кутикуле. Ова специфична места
имају и практични значај код фолијарне исхране биљака (преко листа).

Секундарне промене ћелијског зида

Процесом диференцијације и специјализације ћелија за обављање
специфичних функција, ћелијски зид може претрпети додатне промене у
својој структури што је дефинисано као **секундарна промена ћелијског**
зида. Тако, претходно формиран целулозан ћелијски зид, у набубрелом стању
савитљив и релативно еластичан, овим секундарним променама, у виду
прожимања зида другим материјама (инкрустација) или њиховим
таложењем, губи та својства, али постаје чвршћи, отпоран на притисак,
непропустљив за воду и гасове итд. Најважније и најчешће секундарне
промене ћелијског зида су: **одрвењавање, оплутавање, кутинизација,**
минерализација и ослузавање.

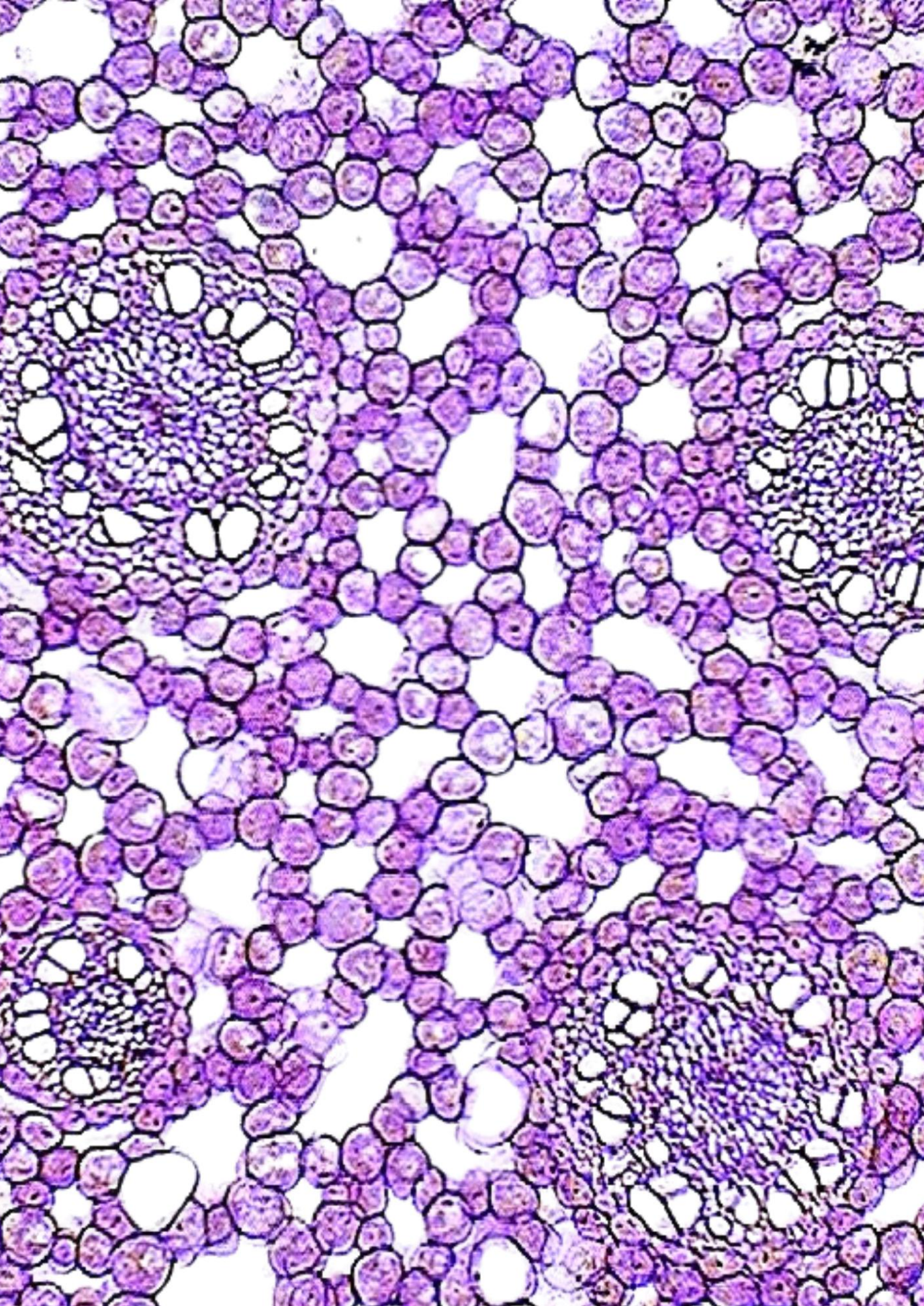
Одрвењавање (лигнификација) је прожимање или инкрустација ћелијског
зида **дрвеном материјом - лигнином**. Овај процес захвата секундарни зид.
Комбинацијом целулозе и лигнина, ћелијски зид постаје отпоран на истезање
(захваљујући целулози), а лигнин га чини отпорним на притисак. Процесу
одрвењавања подлежу ћелијски зидови механичких елемената (дрвена
vlakна) и проводни судови ксилема (трахеје и трахеиде).

ОПЛУТАВАЊЕ (СУБЕРИФИКАЦИЈА) је секундарна промена ћелијског зида која настаје када се **плута** или **суберин** (лат. *suber*,) лучи и у виду финих ламела таложи са унутрашње стране примарног зида (не прожима зид, као лигнин). Поред плуте таложи се и восак, и на тај начин се формира посебан облик секундарног ћелијског зида, па су овакви ћелијски зидови непропустљиви за воду и гасове. Овај процес се одвија у ћелијама које више не расту. Оплутавају ћелијски зидови плутиних ћелија перидермиса (секундарно кожно ткиво), егзодерма и ендодерма корена, као и зидови неких секреторних ћелија.

КУТИНИЗАЦИЈА је процес сличан оплутавању, али се код овог процеса **кутин** обично таложи на спољашњој површини ћелијских зидова покоричних ткива који су у контакту са ваздухом (ћелије епидермиса) и под утицајем ваздуха образује се кутикуларна превлака. Кутикула штити биљку од губитка воде транспирацијом. Иако кутикула по својим хемијским особинама не спречава у потпуности губитак воде (није потпуно хидрофобна), присуство воска у њеном саставу, значајно смањује губитке воде.

МИНЕРАЛИЗАЦИЈА је промена ћелијског зида која подразумева прожимање зида **минералним материјама**, најчешће са силицијум-диоксидом (SiO_2) и калцијум-карбонатом (CaCO_3). Овај процес доприноси чврстости ћелијских зидова. Минералне материје у ћелијском зиду могу бити аморфне или у кристалном облику. Понекад се минералне материје јављају као посебни израштаји зида. Са силицијум-диоксидом су често прожети ћелијски зидови епидермиса раставића (*Equisetum* sp.), оштрица (*Carex* sp.), неких трава (фам. Poaceae) итд. Минерализација са калцијум-карбонатом се среће код жарних длака коприве (*Urtica* sp.), као и у цистолитима (фам. Moraceae).

ОСЛУЗАВАЊЕ (ГЕЛИФИКАЦИЈА) је таква промена ћелијског зида која подразумева преобраћање дела или целог секундарног ћелијског зида у **желатинозни слој**, захваљујући образовању слузи и смоле. Ослузавање је природна појава карактеристична за семена водених биљака, лана, имеле, рогача, неких представника фамилије Brassicaceae итд. Ова појава је веома корисна у процесу упијања воде приликом клијања семена и причвршћивања за подлогу код неких биљака. Код семена рогача, нпр. ове слузне материје служе као резервне у процесу клијања семена. А код семена имеле, помажу причвршћивање за површину дрвенастих биљака на којима имела живи као полупаразит. Међутим, ослузавање се може појавити и као патолошка појава, тзв. **гумозис**, када се под утицајем микроорганизама читаве ћелије, ткива или делови органа, претварају у гумасту слуз (трешња, вишња, кајсија итд.).



ХИСТОЛОГИЈА

Током еволуције, биљке су прошле дуг период развоја и адаптација. Од простих, једноћелијских облика развиле су се у сложене, вишећелијске организме који су, првенствено, из воде прешли на копнени начин живота. Тако се, према морфолошкој диференцијацији биљног тела, разликују три основна организациона степена: протофите, талофите и кормофите, који су повезани бројним прелазним облицима.

ПРОТОФИТЕ представљају најнижи степен организације биљног тела, а обухватају једноћелијске биљке и растресите скупове биљних ћелија код којих нема поделе рада, већ је свака ћелија засебна и обавља све функције, тј. једна ћелија функционише као цео организам (Сл. 49а). Ћелијски скупови се могу распасти у самосталне једноћелијске облике. У овој групи биљака, разликују се три категорије: **једноћелијске биљке** - грађене од једне ћелије и најчешће су округлог облика без чврстог ћелијског зида, **ценобије** - скупови ћелија код којих, након деобе, ћерке ћелије остају међусобно повезане првобитним ћелијским зидом или слузавим омотачем (галертом), и **плазмодије** - голе, вишеједарне, амебоидно покретљиве, протоплазматичне масе.

Прелазни облик између протофита, тачније ценобија, ка талофитама, су **ћелијске колоније** које представљају функционалну јединицу која се не може раставити, а да се не изгуби карактер индивидуалног организма (нпр. *Volvox* sp.) - сл. 49б.



Слика 49. Нивои организације аутоτροφних (биљних) организама: а - протофита (*Chlorella* sp.); б - ћелијска колонија (*Volvox* sp.); в - кормоидна талофита (*Macrocystis pyrifera*)

Постепено су се, током еволуције, од протофита развиле **ТАЛОФИТЕ** - вишећелијске биљке простије организације, без правих ткива, чије је тело у виду **талуса**, тј. без развијених вегетативних органа (корена, стабла и листа). Вишећелијски талус настаје стапањем, раније слободних, појединачних биљних ћелија (нпр. код многих зелених алги) или непотпуним одвајањем ћерки ћелија после деобе када настаје прави талус (при чему је свака ћелија једнако вредна). Многе вишећелијске талофите (нпр. мрке алге) имају **ткивни талус** сложеније грађе и формирају права ткива чије су ћелије

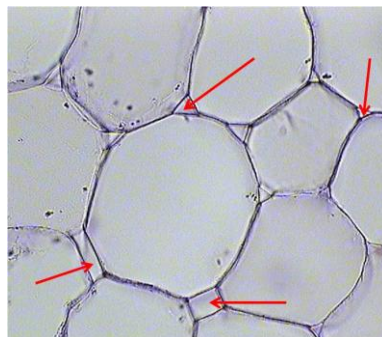
специјализоване за вршење одређених функција. Ове талофите називају се још и **кормоидне талофите**. Код морфолошки изразито развијених кормоидних талофита (нпр. *Macrocystis pyrifera*) долази и до спољашње диференцијације талуса и развоја делова сличних вегетативним органима кормофита, па се тако разликују: **филоид** - сличан листу и врши функцију листа, **каулоид** - сличан стаблу и функционише као стабло, и **ризид** - сличан корену и обавља функцију корена (Сл. 49в).

И протофите и талофите су прилагођене на живот у води. Међутим, како су, током еволуције, биљке полако освајале копно, нови, суровији услови спољашње средине довели су до интензивне диференцијације биљног тела на вегетативне органе, при чему су они постали специјализовани за вршење одређених функција. Тако су настале биљке са судовима – **ВАСКУЛАРНЕ БИЉКЕ**, које су познате и као **кормофите (више биљке)**, биљке на највишем степену организације, чије је тело - **кормус**, диференцирано на **корен, стабло и лист**. Ово је условило појаву значајних структурних и функционалних разлика између биљних ћелија које су се међусобно повезивале и груписале у **ТКИВА** - **скуп физиолошки и морфолошки истих или сличних ћелија које имају исто порекло и заједно врше одређену функцију у телу биљке**.

Развој ткива кормофита условљен је степеном њихове прилагођености животу на копну током којег је неопходно обезбедити заштиту од неповољних утицаја животне средине, потпору биљног тела, а пре свега примање, провођење и одавање воде. Због тога су се код кормофита развила ткива специјализована за обављање свих неопходних функција.

Ткива настају деобом ћелија, после чега ћелије остају у вези, а касније се диференцирају према положају и функцији коју ће вршити. **ДИФЕРЕНЦИЈАЦИЈА** је процес настајања специфичних и функционалних особина ћелије када она поприма одређени облик, величину и функцију. Тако се биљна ткива међусобно разликују по функцији, грађи и облику ћелија које их граде. Неке ћелије пролазе кроз веће промене од других и постају специјализоване за вршење одређене функције. Релативно мање специјализоване ћелије задржавају живу протоплазму и имају способност да, у одређеним условима, током свог живота мењају облик и функцију (нпр. ћелије паренхима). Више специјализоване ћелије могу развити дебеле ћелијске зидове, бити лишене живе протоплазме и изгубити способност за структурне и функционалне промене (нпр. елементи трахеја, ћелије склеренхима). Више различитих врста ткива, која обављају исту функцију, чине **систем ткива**. Биолошка дисциплина која проучава грађу и функције ткива назива се **ХИСТОЛОГИЈА**. Више различитих, међусобно функционално повезаних ткива чине **орган** - део вишећелијског организма који обавља једну или више сличних и повезаних функција.

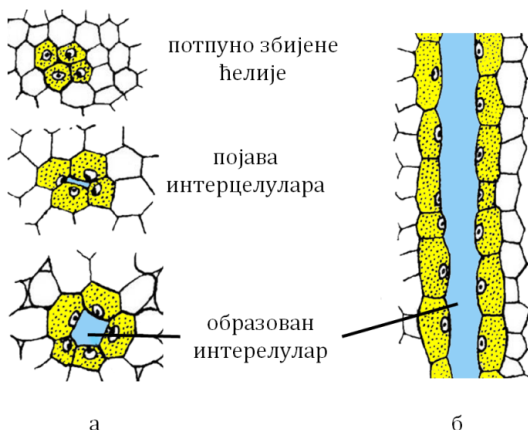
Током процеса диференцијације, између ћелија појединих ткива долази до образовања међућелијских простора - интерцелулара (Сл. 50). **ИНТЕРЦЕЛУЛАРИ** (лат. *inter* - између; *cellularis* - ћелија) су мањи или већи, шупљи простори између ћелија, најчешће испуњени ваздухом, ређе водом, или служе као резервоари секрета (слузи, смоле, етарских уља) и других продуката метаболизма ћелија. На уздужном пресеку виде се као уски канали. Број и величина интерцелулара зависи од врсте ткива и од услова станишта.



Слика 50. Интерцелулари између ћелија паренхимског ткива

Према начину постанка, интерцелулари се деле на шизогене, рексигене и лизигене интерцелуларе.

Шизогени интерцелулари настају размицањем (раздвајањем) ћелија, тј. ћелијских зидова (Сл. 51). Највећи број интерцелулара у биљном телу је управо шизогеног порекла (нпр. стомини отвори, интерцелулари у хлоренхиму листа). **Рексигени интерцелулари** настају цепањем и раскидањем ћелијских зидова услед неједнаке брзине раста суседних ћелија (нпр. шупљине у интернодијама стабла трава). **Лизигени интерцелулари** настају растварањем читавих ћелија, тј. ћелијских зидова групе ћелија, често и растварањем садржаја самих ћелија и углавном су округли на



Слика 51. Шематски приказ настанка шизогеног интерцелулара: а - попречни пресек; б - уздужни пресек

попречном пресеку (нпр. у спољашњем делу плода лимуна, интерцелулари код водених биљака).

Класификација биљних ткива

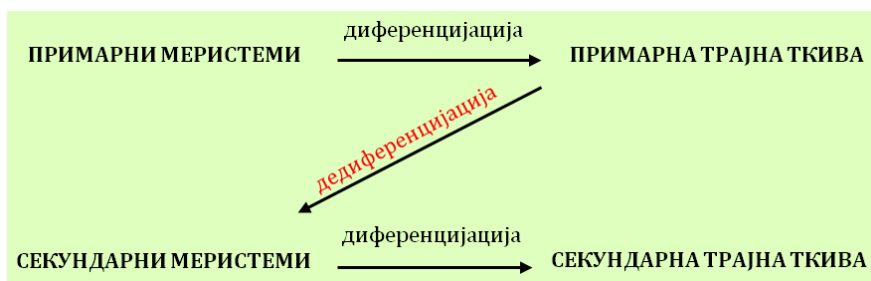
Велика разноликост облика и функција биљних ћелија условила је бројне потешкоће у класификацији биљних ткива. Додатне потешкоће настају и због тога што понекад не постоје јасно дефинисане морфолошке границе између типова ћелија. Наиме, неке ћелије су високо специјализоване за обављање одређене функције у биљном телу, док друге имају вишеструке функције и чак могу наставити раст, деобу и диференцијацију. Поред тога, нека ткива граде живе, друга граде мртве ћелије, неке ћелије могу имати исто порекло, а разликују се по грађи и функцији. С друге стране, нека биљна ткива су, на основу грађе ћелија, релативно хомогена (тзв. мономорфна, једноставна ткива), док су друга састављена од различитих типова ћелија (тзв. полиморфна, сложена ткива). Као резултат тога, покушаји да се биљна ткива класификују на основу грађе, функције или порекла ћелија и ткива, у једну јединствену поделу, показали су се веома захтевним. Треба напоменути да у овом тренутку не постоји општеприхваћена класификација биљних ткива. Класификације биљних ткива су углавном вештачке и донекле произвољне, те се могу веома разликовати у зависности од критеријума. Већина савремених класификација ткива базира се на основу следећих карактеристика: функције, порекла, грађе и положаја ткива у биљним органима. Тако се биљна ткива на основу порекла, грађе и функције могу класификовати на: **ТВОРНА ТКИВА (МЕРИСТЕМИ)** и **ТРАЈНА ТКИВА** (Сл. 52).



Слика 52. Подела биљних ткива

Једна од веома важних особина биљака, за разлику од животиња, је да оне расту читавог живота. Живот биљке почиње након оплођења и образовања зигота, када ћелије почињу интензивно и константно да се деле стварајући ткива која граде ембрион. Поједине ембрионалне ћелије задржавају способност деобе и диференцијације и представљају **примарна творна ткива (примарни меристеми, прамеристеми)**, док поједине ембрионалне ћелије, на одређеном степену развоја ембриона, диференцијацијом прелазе у **примарна трајна ткива** и губе способност деобе. Може се рећи да је основна

карактеристика творних ткива деоба и диференцијација ћелија, док ћелије трајних ткива могу потпуно или привремено да изгубе способност деобе. У одређеном периоду живота биљке, ћелије неких трајних ткива добијају меристемски карактер, тј. способност деобе, и прелазе у **секундарна творна ткива (секундарне меристеме)** што је означено као процес **диференцијације**. Активношћу секундарних меристема настају **секундарна трајна ткива** (Сл. 53).



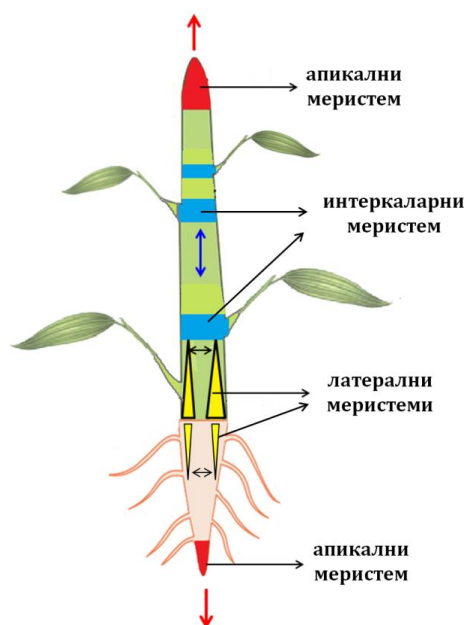
Слика 53. Шема настанка биљних ткива по пореклу

ТВОРНА ТКИВА (МЕРИСТЕМИ)

ТВОРНА ТКИВА или **МЕРИСТЕМИ** (грч. *meristos* – делити се; *stema* – ткиво) су, у физиолошко-анатомском смислу, изграђена од ћелија које имају способност деобе и диференцијације при чему настају трајна ткива. Код виших биљака, сва трајна ткива настају од творних ткива. Ћелије творних ткива имају танак, целулозни ћелијски зид, крупно једро, испуњене су густом цитоплазмом, немају или имају више ситних, тешко уочљивих вакуола, густо су збијене и између њих нема интерцелулара.

На основу места где се налазе у биљном телу, творна ткива су подељена на:

- **АПИКАЛНА (ВРШНА)** - смештена на врху изданка и корена,
- **ЛАТЕРАЛНА (БОЧНА)** – смештена бочно површини органа у коме се налазе,
- **ИНТЕРКАЛАРНА (УМЕТНУТА)** - смештена између зона трајних ткива и
- **ТРАУМАТИЧНА** - настају на местима повреде код биљака (Сл. 54).



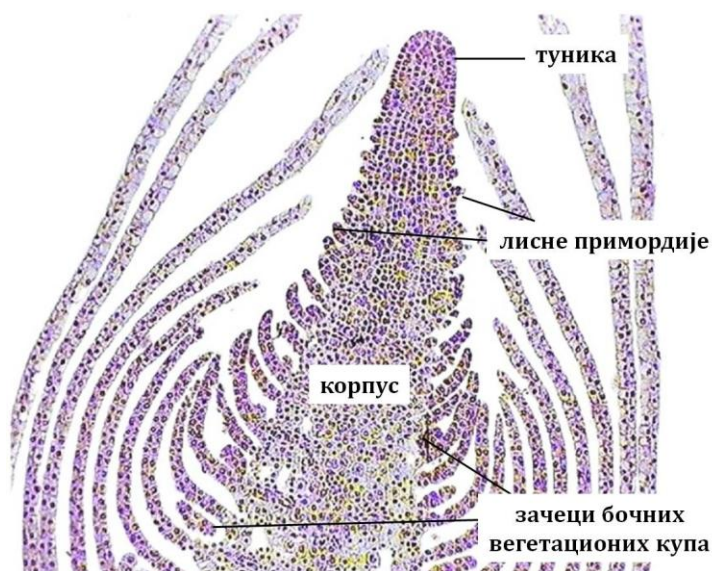
Слика 54. Шематски приказ положаја меристема у биљци

АПИКАЛНИ (ВРШНИ) МЕРИСТЕМИ

Раст биљака, током читавог живота, омогућен је деобом и диференцијацијом ћелија вршних меристема. **апикални** или **вршни меристеми** налазе се на врху изданка и на врху корена, имају облик купе, омогућавају њихов раст због чега се још називају и **ВЕГЕТАЦИОНЕ КУПЕ** (вегетациона купа изданка и вегетациона купа корена).

АПИКАЛНИ МЕРИСТЕМ ИЗДАНКА (ВЕГЕТАЦИОНА КУПА ИЗДАНКА) налази се на врху изданка, у пупољцима (Сл. 55). Ово нежно меристемско ткиво заштићено је листовима пупољка и деоба његових ћелија **доводи до раста изданка**.

У вршном региону вегетационе купе изданка налазе се **иницијалне ћелије** које деобама формирају меристем вегетационе купе конусног облика. Код скривеносеменица се на површини вегетационе купе изданка налази спољашњи **омотач** – **туника**, изграђена од једног (код моноцотила) или више слојева (код дикотила) густо збијених, танкозидних, табличастих ћелија. Унутрашњост вегетационе купе изданка испуњавају нешто крупније, полигоналне ћелије, између којих нема интерцелулара, а које граде **тело** – **корпус**. Од ћелија корпуса, процесом диференцијације, настаће трајна ткива која граде стабло.



Слика 55. Уздужни пресек апикалног меристема изданка (водена куга - *Elodea canadensis*)

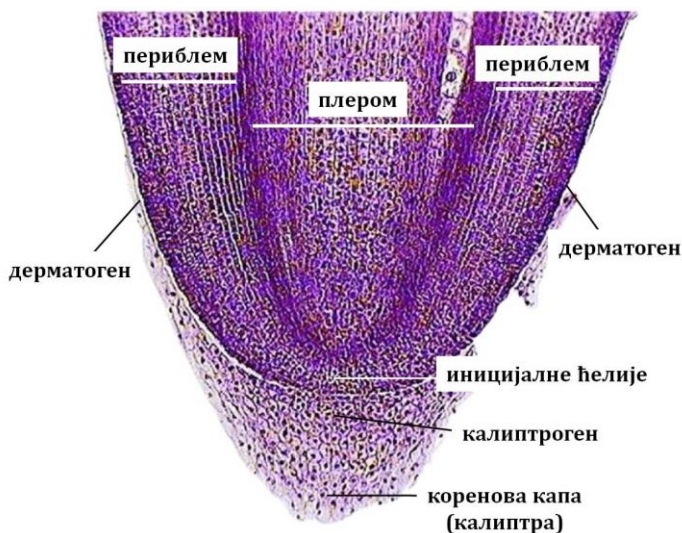
Код неких вегетационих купа изданка, на извесној удаљености од врха купе, могуће је разликовати: протодерм, основни меристем и прокамбијум. **Протодерм** (који води порекло од тунике) је површински слој густо збијених, танкозидних ћелија, без интерцелулара, из кога ће диференцијацијом настати примарно кожно ткиво (епидермис) које има

заштитну функцију. **Основни меристем** изграђен је од релативно крупних ћелија између којих се налазе мали интерцелулари, а његовом диференцијацијом ће настати паренхимска (основна) и механичка ткива изданка. У облику трака или цилиндра налази се **прокамбијум**, изграђен од издужених ћелија уског лумена, из кога ће касније диференцијацијом настати проводна и механичка ткива.

Ниже од врха, ка основи вегетационе купе изданка, деоба ћелија је интензивнија и долази до формирања **лисних примордија** или **лисних зачетака**, које ка основи купе постају све дуже. Из њих ће се развити листови будућег изданка и листови пулољка који имају заштитну улогу и штите нежно меристемско ткиво вегетационе купе изданка од повреда и неповољних спољашњих утицаја. Ткиво апикалног меристема до лисних примордија чини тзв. **прамеристем**. У пазусима већих лисних примордија формирају се групе ћелија (у облику квржице) које представљају **зачетке бочних вегетационих купа** из којих ће се развити будуће бочне гране изданка.

Уколико дође до, намерне или случајне, повреде врха изданка или бочне гране, они губе способност даљег раста. Ово се често примењује намерно приликом резивања биљака (у воћарству, виноградарству, пејзажној архитектури и сл.) у намери да оне поприме жељени облик, а уједно резање врхова изданка и бочних грана поспешује боље гранање биљке.

АПИКАЛНИ МЕРИСТЕМ КОРЕНА (ВЕГЕТАЦИОНА КУПА КОРЕНА) налази се на врху корена и деобом њених ћелија **корен расте у дужину**. Корен се, растом кроз земљу, пробија врхом те је вегетационој купи потребна заштита, а ту функцију обавља **коренова капа (калиптра)** која се налази на самом врху и пружа заштиту нежним меристемским ћелијама (Сл. 56). Калиптра је изграђена од више слојева крупних ћелија између којих су присутни интерцелулари. Ћелије површинских слојева калиптре, током раста корена кроз земљу и услед сталног трења са честицама земље, пропадају. Међутим, да ово нежно меристемско ткиво вегетационе купе корена не би остало незаштићено, образују се нове ћелије калиптре које настају активношћу **калиптрогена** (код монокотила) или **дерматогена** (код дикотила). У темену вегетационе купе корена налазе се **иницијалне ћелије** чијим деобама настају три хистогене зоне: дерматоген, периблем и плером. Ове хистогене зоне се разликују по облику и величини ћелија. **Дерматоген** је спољашњи део изграђен од једног слоја табличастих ћелија. Његовом диференцијацијом настаће апсорпционо ткиво - ризодермис, који се у зони усвајања корена налази на његовој површини и има функцију усвајања воде и минералних материја. Испод дерматогена се налази вишеслојни **периблем**, изграђен од изодијаметричних или мање-више спљоштених, густо збијених ћелија без интерцелулара, чијом диференцијацијом ће настати ткива примарне коре корена. У централном, средишњем делу вегетационе купе корена је вишеслојни **плером**, изграђен од ћелија издужених у правцу уздужне осе корена. Од ћелија плерома, диференцијацијом ће се формирати ткива централног (проводног) цилиндра корена. Уколико дође до повреде врха корена, он ће изгубити способност даљег раста.



Слика 56. Уздужни пресек апикалног меристема корена
(кукуруз - *Zea mays*)

ЛАТЕРАЛНИ (БОЧНИ) МЕРИСТЕМИ

Латерални или **бочни меристеми** постављени су бочно у стаблу и корену. У ове меристеме спадају **КАМБИЈУМ** и **ФЕЛОГЕН**. Њиховом деобом и диференцијацијом омогућено је **секундарно дебљање стабла и корена**.

Камбијум

У основном меристему стабла (испод протодерма), из ћелија прамеристема, у виду трака или континуираног цилиндра, формира се **прокамбијум** - примарни латерални меристем. Граде га издужене ћелије чијом деобом и диференцијацијом настају примарна проводна ткива. У стаблима дрвенастих дикотила, ћелије прокамбијума ће претрпети извесне промене диференцирајући се у **КАМБИЈУМ** - бочно постављено творно ткиво. Ћелије камбијума имају танке ћелијске зидове и распоређене су у правилне низове (Сл. 57). Иако су на попречном пресеку камбијалне ћелије правилног четвороугаоног облика,



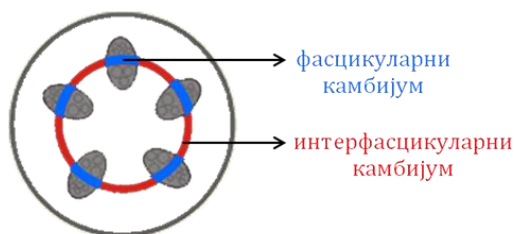
Слика 57. Камбијум

разликују се издужене ћелије са зашиљеним крајевима - фузиформне иницијале, и краће, скоро изодијаметричне ћелије - иницијале зракова (Сл. 118б). Тангенцијалним деобама камбијалних ћелија (у равни паралелној површини стабла) и њиховом диференцијацијом образоваће се ткива секундарног флоема (секундарне коре), ка периферији, и секундарног ксилема (секундарног дрвета) према унутрашњости органа.

Код зељастих биљака, прокамбијум се кроз стабло пружа у облику прстена (у примарној грађи стабла неких дикотила) или у виду трака (испрекиданог цилиндра) од којих ће настати проводна ткива која граде колатералне проводне снопиће. У стаблу монокотила, ове прокамбијалне врпце потпуно се издиференцирају у проводна ткива при чему се формирају колатерални затворени проводни снопићи (Сл. 91).

С друге стране, код зељастих дикотила, део прокамбијума се у стаблу задржава унутар колатерално отворених проводних снопића као **ФАСЦИКУЛАРНИ КАМБИЈУМ** (Сл. 90). У одређеној фази развића великог броја зељастих дикотила, накнадно, дедиференцијацијом паренхимских ћелија у нивоу два фасцикуларна камбијума (између проводних снопића) формира се **ИНТЕРФАСЦИКУЛАРНИ КАМБИЈУМ**, секундарног порекла. Спајањем интерфасцикуларног камбијума са фасцикуларним камбијумом, формира се континуиран **камбијални прстен** (Сл. 58). Треба напоменути да је ово само један од начина формирања камбијалног прстена.

Код вишегодишњих дрвенастих биљака, камбијум се у виду континуираног цилиндра протеже дуж стабла. Његовим радом настају елементи секундарног флоема и секундарног ксилема, односно секундарне коре и секундарног дрвета, што доводи до секундарног дебљања стабла дрвенастих биљака.



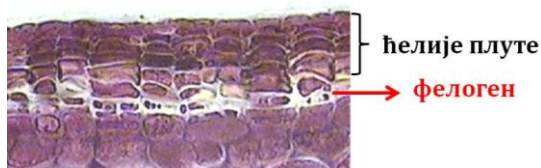
Слика 58. Шематски приказ формирања камбијалног прстена у стаблу код неких зељастих дикотила

У корену примарне грађе, формира се прокамбијум чијом активношћу настаје радијални проводни снопић корена (Сл. 93). Међутим, код корена голосеменица и дрвенастих дикотила, након одређеног времена, формира се камбијални прстен који омогућава његово секундарно дебљање.

И за листове је карактеристично присуство прокамбијума. Он се задржава до потпуног образовања проводних ткива листа која настају његовом активношћу.

Фелоген (плутин камбијум)

Поред камбијума, на стаблу, корену, неким подземним метаморфозираним изданцима, неким плодовима вишегодишњих биљака образује се бочни меристем - **ФЕЛОГЕН** или **ПЛУТИН КАМБИЈУМ** (Сл. 59). Фелоген се



Слика 59. Фелоген

формира на стаблу испод епидермиса (субепидермално) или у нешто дубљим слојевима коре, дедиференцијацијом најчешће паренхимских ћелија примарне коре. Изграђен је од једног слоја ћелија које, узастопним деобама и диференцијацијом ка површини, формирају више слојева **ћелија плуте**, а ка унутрашњости један, два или више слојева ћелија **фелодерма** који ће заједно формирати комплексно секундарно кожно ткиво **перидермис**.

У корену голосеменица и дрвенастих дикотила који секундарно дебља, на специфичан начин – ендогено, такође се формира фелоген који ће образовати плуту на његовој површини.

ИНТЕРКАЛАРНИ (УМЕТНУТИ) МЕРИСТЕМИ

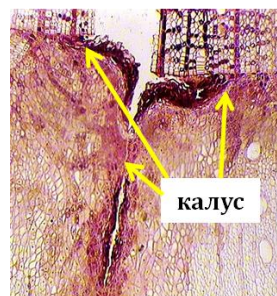
Интеркаларни или **уметнути меристеми** су посебне зоне меристема, уметнуте између трајних ткива. Налазе се углавном у стаблу трава (фамилија Poaceae) изнад сваког нодуса или чвора (места на стаблу одакле полази лист) - сл. 54. Деобом и диференцијацијом ћелија интеркаларног меристема, интернодије се издужују и **биљка расте у висину**, док се од апикалног меристема изданка на време формирају цветови, односно цвасти. На овај начин извршена је подела рада између апикалног и интеркаларног меристема. Интеркаларни меристем се такође налази и при основи листова који расту, и деобама и диференцијацијом његових ћелија **развија се лисна дршка**. Интеркаларни меристем веома је важан за једногодишње траве јер омогућава да биљка, и током цветања и плодоношења, и даље наставља са растом. Поред тога, захваљујући овом меристему, многе **полегле биљке исправљају своја стабла**, посебно житарице.

ТРАУМАТИЧНИ МЕРИСТЕМИ

Приликом механичких повреда биљке (орезивања, намерног или случајног оштећења), деобама ћелија које се налазе на месту повреде, формира се беличаста или жућкаста маса слабо диференцираног паренхимског ткива које називамо **КАЛУС (ТРАУМАТИЧНИ МЕРИСТЕМ)**. Ово ткиво омогућава **зарастање повреде** и заштиту унутрашњих ткива од патогених организама, претераног загревања, исушивања и сл. Ћелије трауматичног меристема се

одликују крупним једрима, малобројним вакуолама и нешто дебљим примарним ћелијским зидом.

Иако се калус може образовати дедиференцијацијом сваке живе ћелије, ипак се најбрже образује од ћелија камбијума или фелогена. Диференцијацијом ћелија калуса касније се формирају друга трајна ткива (нпр. кожна или проводна) чије ћелије имају нешто другачији облик у односу на типично формиране ћелије ових ткива. Калус се формира и приликом калемљења при чему омогућава срастање калема и подлоге (Сл. 60).



Слика 60. Калус формиран приликом калемљења

ТРАЈНА ТКИВА

Диференцијацијом ћелија творних ткива настају трајна ткива. Изграђена су од ћелија које попримају специфичан облик и врше одређену функцију у биљном телу, а потпуно или привремено су изгубиле способност деобе. Трајна ткива се, према грађи и функцији, деле на пет основних система ткива:

- **ПАРЕНХИМСКА (ОСНОВНА) ТКИВА**
- **КОЖНА (ПОКОРИЧНА) ТКИВА**
- **МЕХАНИЧКА ТКИВА**
- **ПРОВОДНА ТКИВА**
- **СЕКРЕТОРНА ТКИВА.**

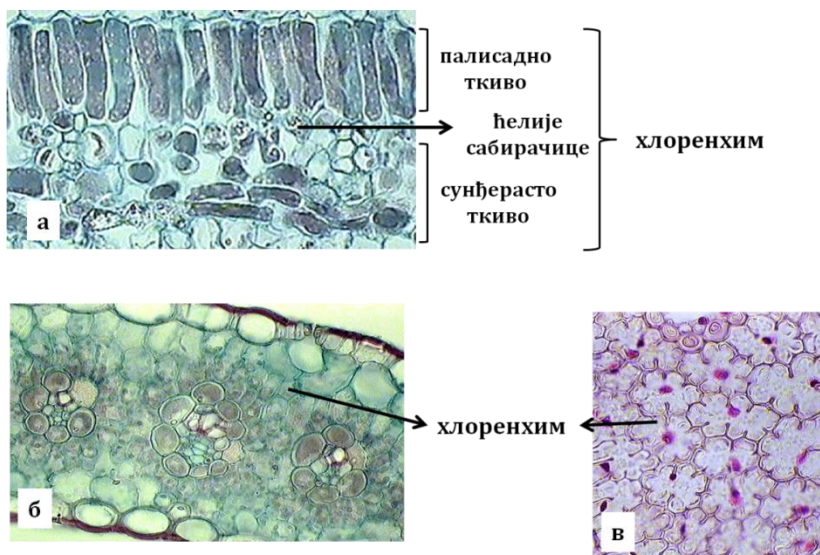
ПАРЕНХИМСКА ТКИВА

Највећу и основну масу органа виших биљака чине **паренхимска** или **основна ткива**. Филогенетски су најстарија ткива, најмање су диференцирана и хистолошки су најсличнија ембрионалним ткивима. Изграђена су од живих изодијаметричних, мање-више издужених или округлих ћелија, танких целулозних ћелијских зидова, а између ћелија су присутни интерцелулари. Паренхимске ћелије могу обављати различите функције, па се на основу тога разликују следеће врсте паренхимских ткива:

- паренхим за фотосинтезу (хлоренхим)
- паренхим за резервисање (магационирање)
- паренхим за резервисање ваздуха (аеренхим)
- паренхим за апсорпцију (апсорпциони паренхим)
- паренхим за провођење (проводни паренхим).

Паренхим за фотосинтезу (хлоренхим)

Биљке, као аутотрофни организми, имају способност да из неорганске материје, уз помоћ Сунчеве светлости и воде, процесом фотосинтезе, створе органску материју (и уједно ослободе кисеоник) коју користе оне саме, али и други хетеротрофни организми. Ова способност биљака омогућена је присуством **паренхима за фотосинтезу (хлоренхима)**. Граде га живе ћелије, танких ћелијских зидова, испуњене хлоропластима, а између ћелија су присутни интерцелулари. У листовима дикотила, хлоренхим је диференциран на **ПАЛИСАДНО** и **СУЊЕРАСТО ТКИВО**, док код већине монокотила и већине голосеменица није тако диференциран и граде га паренхимске ћелије приближно сличног облика (Сл. 61а и 61б). Палисадно ткиво чине издужене, густо збијене ћелије усправно постављене у односу на површину листа, са узаним интерцелуларима, док је сунђерасто ткиво изграђено од ћелија неправилног облика између којих се налазе крупни интерцелулари који омогућавају интензивну размену гасова између хлоренхима и спољашње средине. Функција палисадног ткива је првенствено синтеза органске материје и усвајање светлости, док сунђерасто ткиво, поред фотосинтезе, има важну улогу у размени гасова и одвођењу продуката фотосинтезе. Често се, као први слој ћелија сунђерастог паренхима, образују **ћелије сабирачице** левкастог облика које имају функцију да сакупљају продукте фотосинтезе и транспортују их до флоемских проводних елемената листа.



Слика 61. Паренхим за фотосинтезу (хлоренхим) у листу: а – дикотила (винова лоза – *Vitis vinifera*); б – монокотила (кукуруз – *Zea mays*); в – четињара (бор – *Pinus sp.*)

Код четинара се образује тзв. **НАБОРАНИ ХЛОРЕНХИМ**, чије ћелије имају изувијане ћелијске зидове, чиме се значајно повећава активна површина овог ткива у игличастим листовима (Сл. 61в).

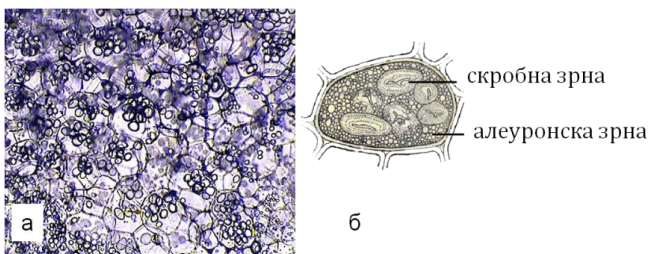
Иако је хлоренхим најприсутнији у листу, треба напоменути да процес фотосинтезе није искључиво везан за ћелије хлоренхима листа, већ га могу обављати и други биљни органи као што су паренхим стабла зељастих биљака или, као споредну функцију, паренхим незрелих плодова, кожна ткива и др.

Паренхим за резервисање (магационирање)

Биљке процесом фотосинтезе стварају органске материје, а током метаболизма даље синтетишу најразличитије материје (сложене угљене хидрате, протеине, масти, органске киселине, кристале и др.) које не троше у потпуности, већ их, у чврстом или течном стању, резервишу у ћелијама **паренхима за резервисање (магационирање)**. Вишак органских материја биљка може да резервише у унутрашњости ћелије и то: у пластидима (нпр. скроб у амилопластима), у ћелијском соку (нпр. шећер у корену шећерне репе) или пак у ћелијском зиду (хемицелулоза). Касније, ове материје, биљка троши по потреби.

Ћелије паренхима за магационирање су живе, крупне, округле, танких ћелијских зидова, а између ћелија се налазе ситни интерцелулари. Ово ткиво се код биљака налази у дубљим деловима биљке: у стаблима, подземним метаморфозираним изданцима (кртолама, луковицама, ризомима), коренима, плодовима, семенима и котиледонима.

Скроб, као најраспрострањенија резервна материја код биљака, резервише се у виду **скробних зрна**, протеини у виду **алеуронских зрна**, док се масти најчешће налазе у виду ситних **уљаних капљица**. У једној ћелији ткива за магационирање може се резервисати једна (нпр. скроб у кртоли кромпира – *Solanum tuberosum*) или више врста резервних хранљивих материја (скроб и протеини у котиледонима пасуља – *Phaseolus vulgaris*) - сл. 62.



Слика 62. Паренхим за резервисање: а - са скробним зрнима (у кртоли кромпира - *Solanum tuberosum*); б - са скробним и алеуронским зрнима (у котиледонима пасуља – *Phaseolus vulgaris*)

Неке биљке резервишу воду у ћелијама ткива за магационирање. **Резервисање воде** карактеристично је за **сукулентне биљке (сукуленте)** које живе у условима суше и високих температура, што условљава ниску влажност земљишта и ваздуха, те ове биљке резервишу воду у стаблу или

листовима и економично је користе. Ово ткиво се може наћи у стаблу код тзв. **стаблових сукуленти** (кактуса) или у листовима код тзв. **лиснатих сукуленти** (чуваркуће).

Паренхим за резервисање ваздуха (аеренхим)



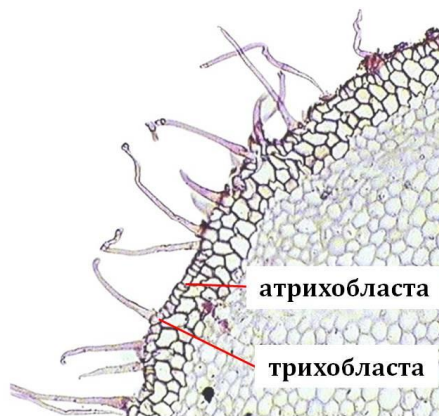
Слика 63. Аеренхим (ризом иђирота - *Acorus calamus*)

Код биљака које живе у условима недовољне количине ваздуха (у муљу или води), као што су мочварне и водене биљке, развијен је **паренхим за резервисање ваздуха** или **аеренхим**. Аеренхим је грађен од ситних, округлих, живих паренхимских ћелија између којих се налазе изузетно крупни интерцелулари који имају функцију резервисања ваздуха (Сл. 63). Ово ткиво се код водених биљака може наћи у стаблу, листовима и корену, а уједно **омогућава биљкама потпору и одржавање у усправном положају или на површини воде**.

Паренхим за апсорпцију (апсорпциони паренхим)

Да би могле да усвајају (апсорбују) воду и у њој растворене неорганичке материје, копнене биљке су, током еволуције, образовале **паренхим за апсорпцију (апсорпциони паренхим)**. Овај паренхим се образује на површини корена, у зони апсорпције, па га означавамо и као **РИЗОДЕРМИС**. Међутим, с обзиром на његово порекло и положај, неки га аутори сврставају у кожна ткива. Гради га један слој живих, паренхимских ћелија, танких ћелијских зидова, без интерцелулара. Поједине ћелије ризодермиса се издужују и формирају коренове длачице и називају се **трихобласте**

(Сл. 64). На тај начин се повећава њихова апсорпциона површина, али се и омогућава боље причвршћивање корена за подлогу. Облик, дужина, дебљина, број и век трајања коренових длачица је различит, а зависи од услова средине у којој се корен развија. Ћелије ризодермиса које немају способност



Слика 64. Паренхим за апсорпцију (корен перунике - *Iris* sp.)

да израсту у коренове длачице називају се **атрихобласте**. Често корен лучи различите материје (ензиме, киселине) које повећавају растворљивост материја које ће, на тај начин, бити лакше апсорбоване ризодермисом.

Поред ризодермиса, код неких биљака се налази и **паренхим за апсорпцију органских материја**. Тако на пример паразитске и полупаразитске биљке образују посебне израштаје – **хаусторије** које урастају у биљку домаћина. Помоћу паренхима за апсорпцију у хаусторијама, паразитске биљке (нпр. вилина косица – *Cuscuta* sp.) усвајају растворене органске материје из флоема, док полупаразитске биљке (нпр. имела – *Viscum album*) усвајају воду са раствореним неорганским материјама из ксилема биљке домаћина.

Паренхим за провођење (проводни паренхим)

У састав проводних ткива, ксилема и флоема, улази и **паренхим за провођење (проводни паренхим)**. Ово ткиво граде живе паренхимске ћелије, танких ћелијских зидова које су издужене у правцу провођења материја. Понекад може да садржи хлоропласте, а често се у њему резервишу и разне материје што му постаје главна функција у доба мировања биљке. Овај паренхим се може наћи и у листу, око проводних снопића, образујући паренхимску сару.

КОЖНА (ПОКОРИЧНА) ТКИВА

Да би се заштитиле од различитих утицаја спољашње средине (претераног загревања, испаравања, ниских температура, механичких повреда и сл.), биљке су током еволуције, на површини свога тела, развиле **кожна или покорична ткива**. Шире посматрано, свако ткиво које се у појединим фазама развоја биљке нађе на њеној површини може се сматрати кожным ткивом (туника, дерматоген, ризодермис итд.), али њихова примарна улога није заштитна. Међутим, посматрано у ужем смислу, кожна ткива су ткива чија је примарна функција у **заштитни биљних органа**. Поред ове функције она омогућавају **комуникацију и размену гасова са спољашњом средином и испаравање воде**. Кожна ткива су:

- **епидермис (епидерм)**
- **перидермис (перидерм)**
- **мртва кора (ритидома)**.

Епидермис (епидерм)

ЕПИДЕРМИС је примарно кожно ткиво које води порекло од основног меристема – протодерма, односно од тунике вегетационе купе изданка. Има заштитну функцију због чега је нарочито добро развијен код копнених биљака. Налази се на површини листова, стабла зељастих биљака, цветних делова, многих плодова и семена. Код вишегодишњих биљака, које



Слика 65. Епидермис (на попречном пресеку листа кукуруза - *Zea mays*)

пластида, ћелије епидермиса најчешће садрже леукопласте, док су хлоропласти присутни само код сасвим потопљених водених биљака или код биљака које живе у сенци (нпр. у шуми у приземним спратовима). Дебљина ћелијског зида епидермских ћелија се разликује што је повезано са његовом функцијом. Тако су бочни и унутрашњи ћелијски зидови епидермских ћелија најчешће танки, док је спољашњи зид, непосредно изложен спољашњим утицајима, знатно дебљи и прекривен превлаком од кутина – **кутикулом**, која је слабо пропустљива за воду и гасове. Дебљина кутикуле зависи од услова у којима биљка живи. Тако, водене биљке и оне које живе у условима високе влажности, имају тању кутикулу, док биљке сушних станишта имају дебелу кутикулу која додатно појачава заштитни ефекат епидермиса.

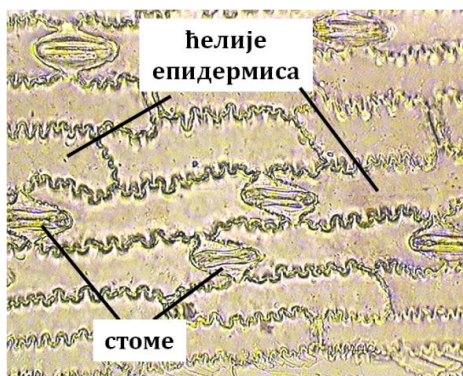


Слика 66. Восак на површини: а - плодова (винова лоза - *Vitis vinifera*); б - листова (воштани цвет – *Rosa* sp.)

Неке биљке пак импрегнирају **восак** у ћелијском зиду или га, у виду воштане превлаке (на листовима, плодовима, стаблима), излучују на површину епидермиса (преко кутикуле) како би се потпомогла заштитна функција епидермиса (Сл. 66). Поред тога, воштане превлаке смањују транспирацију и омогућавају заштиту биљкама од инсеката.

секундарно дебљају, епидермис се налази на површини младих биљних органа и с временом бива замењен секундарним кожним ткивима. Типичан епидермис грађен је најчешће од једног слоја (код неких биљака од више слојева) живих, чврсто спојених, табличастих ћелија између којих нема интерцелулара (Сл. 65). Унутрашњост ћелије испуњава крупна вакуола, док је цитоплазма у виду танког слоја уз ћелијски зид. Од

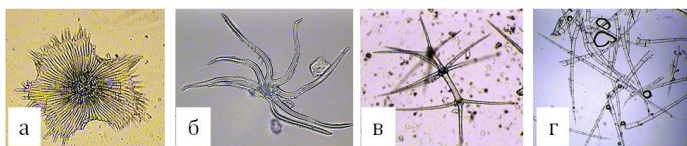
Ћелије епидермиса неких биљака (нпр. код кукуруза - *Zea mays*) имају таласасте ћелијске зидове, што доприноси још чвршћој вези између ћелија (Сл. 67).



Слика 67. Епидермис (површина листа кукуруза - *Zea mays*)

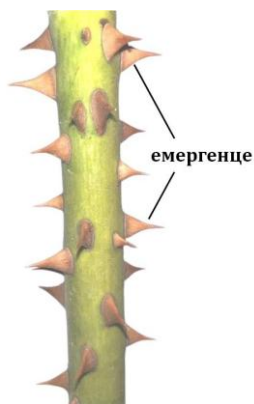
Код многих монокотила, између типичних ћелија епидермиса лица лиске, налазе се групе крупнијих ћелија тзв. **моторне** или **мехурасте ћелије** поређане у правилне низове (линије) - сл. 65. Ове ћелије, мењањем тургора, олакшавају увртање листа приликом суше при чему се смањује транспирација, и обрнуто, у условима повољне влажности, исправљају лист утичући на повећање транспирације (нпр. лист кукуруза - *Zea mays*).

Код великог броја биљака, на ћелијама епидермиса се налазе **длаке (трихоме)**. Длаке, које су мртве, додатно појачавају заштитни ефекат



Слика 68. Епидермалне длаке листа: а - дафине (*Elaeagnus* sp.); б - липе (*Tilia* sp.); в - дивизме (*Verbascum* sp.); г - афричке љубичице (*Saintpaulia* sp.)

епидермиса јер су често беличасте и испуњене ваздухом па одбијају Сунчеве зраке и смањују прегревање. Облик и грађа длака су карактеристичне за биљну врсту, а могу бити: једноћелијске, вишећелијске, негранате, гранате, живе, мртве итд. - сл. 68.



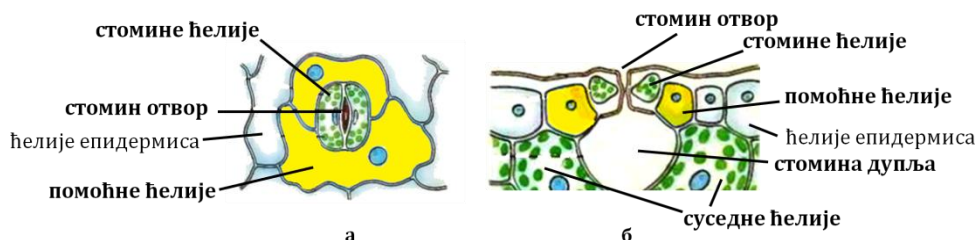
Слика 69. Емергенце на стаблу (ружа - *Rosa* sp.)

Поједине биљке формирају израштаје - **емергенце** које воде порекло делом од епидермиса, а делом од субепидермалног ткива. Имају заштитну функцију и омогућавају биљкама прихватање и ослонац. Код неких биљака, формирају се на стаблу у виду трнова (нпр. ружа - *Rosa* sp.; купина - *Rubus* sp.) - сл. 69.

Епидермис, поред функције заштите унутрашњих ткива, мора да обезбеди биљци и несметану размену гасова са спољашњом средином. Процеси **размене гасова** (кисеоника и угљен-диоксида) и **транспирације** (одавање воде у облику водене паре) одвијају се преко **СТОМА** које се налазе у епидермису. Сваку стому граде: две **стомине ћелије (ћелије затварачице)** између којих се налази **стомин отвор**, две или више **помоћних ћелија** које

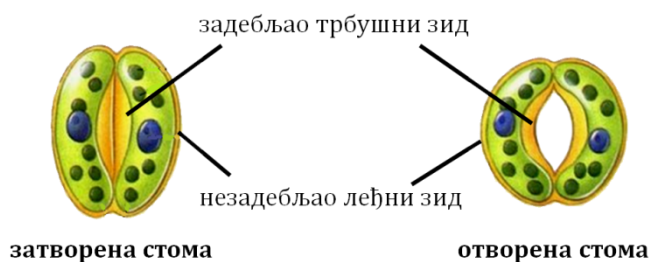
ХИСТОЛОГИЈА

прате стомине ћелије и субепидермалне **суседне ћелије** које формирају крупан интерцелулар - **стомину дупљу** (Сл. 70). Због сложене грађе и начина отварања и затварања, стоме још називамо и **СТОМИН АПАРАТ**.



Слика 70. Грађа стоминог апарата: а) одозго; б) на попречном пресеку

Неравномерно задебљали ћелијски зидови стоминих ћелија и промена тургора у њима омогућавају **отварање и затварање стома** (Сл. 71). Тако нпр. у условима повољне влажности ваздуха и земљишта, количина воде у стоминим ћелијама расте и повећава се притисак воде на њихов ћелијски зид (повећава се тургор) при чему се незадебљали делови ћелијског зида истежу, а стомина отвор се шири/отвара и одвија се процес транспирације. Супротно, у условима високих температура и смањене влажности ваздуха и земљишта, количина воде у стоминим ћелијама се смањује (тургор опада) и долази до затварања стома при чему се смањује или потпуно изостаје транспирација. На овај начин биљке, активним отварањем и затварањем стома, регулишу одавање и транспорт воде. Треба напоменути да тургор није једини који регулише отварање и затварање стома, већ да је то сложен процес у физиолошком смислу. Зависно од грађе стоминих ћелија и правца истезања њихових зидова те положаја стома у односу на површину епидермиса, постоје различити типови стома.

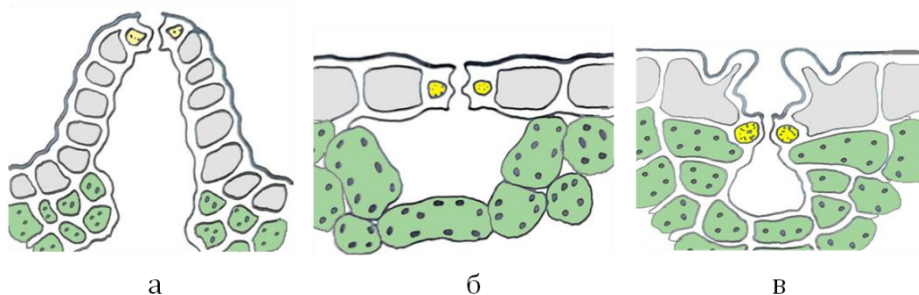


Слика 71. Стоме

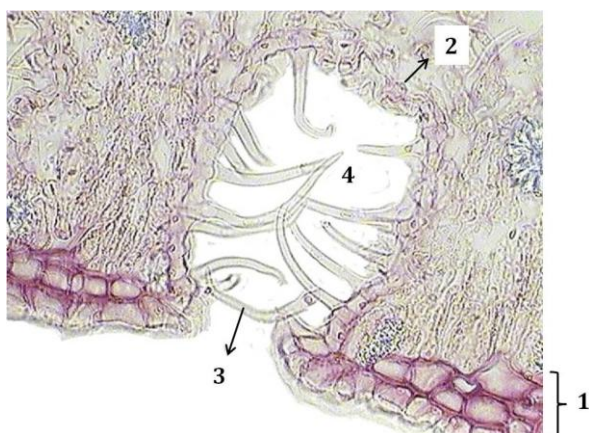
Стоме су најзаступљеније у епидермису листа, а њихов број, облик, величина и положај (у односу на површину епидермиса), условљени су карактеристикама врсте и еколошким условима станишта (влажношћу, особинама земљишта, температуром, светлошћу итд.). Код хидрофита (водених биљака), стоме су већином издигнуте изнад нивоа епидермиса листа (потпољене хидрофите их уопште немају) - сл. 72а. Код мезофита (биљака умерено влажних станишта), стоме се већином налазе у нивоу епидермиса (Сл. 72б), док су код ксерофита (биљака сушних станишта) стоме

ХИСТОЛОГИЈА

углавном увучене испод нивоа епидермиса како би се смањила транспирација (Сл. 72в).



Слика 72. Положај стома у односу на епидермис: а – изнад епидермиса (код хидрофита); б - у нивоу епидермиса (код мезофита); в - испод епидермиса (код ксерофита)



Слика 73. Вишеслојни епидермис листа лијандера (*Nerium oleander*): 1 - вишеслојни епидермис налицја; 2 - стома; 3 - длака, 4 - коморица

Поред овога, многе ксерофите образују и разне друге адаптације на сушне услове станишта. Тако је на листовима неких ксерофита **епидермис вишеслојан** (нпр. *Nerium* sp. - лијандер), што овим биљкама омогућава бољу заштиту од високих температура и јаког интензитета светлости, и често у овим ћелијама резервишу воду. Поред тога, вишеслојни епидермис налицја листа лијандера формира и удубљења (коморице), са

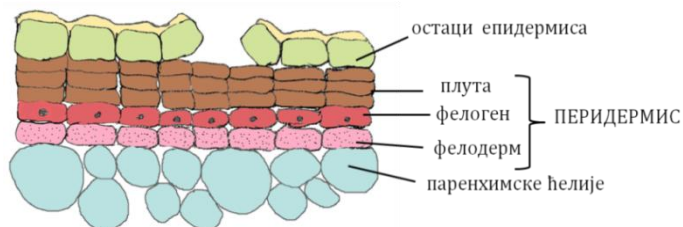
једнослојним епидермисом, у коме су смештене стоме (дубоко испод нивоа епидермиса), а на неким ћелијама епидермиса налазе се длаке које додатно смањују прегревање и интензитет транспирације (Сл. 73).

Перидермис (перидерм)

ПЕРИДЕРМИС је секундарно кожно ткиво које има заштитну функцију и функцију размене гасова са спољашњом средином. Формира се на површини стабла вишегодишњих дрвенатих биљака, приликом секундарног дебљања, замењујући епидермис по положају и функцији (епидермис не може да прати дебљање стабла те пуца и пропада). Перидермис се образује и на подземним метаморфозираним изданцима (нпр. на кртоли кромпира, на ризому

ђумбира и сл.) као и на површини корена секундарне грађе (у зони провођења) код вишегодишњих дрвенастих биљака. Настаје деобом и диференцијацијом секундарног бочног меристема - **фелогена (плутиног камбијума)**. Збијене ћелије фелогена се узастопним тангенцијалним деобама деле и, ка површини, образују више слојева ћелија плуте. Потпуно диференциране **ћелије плуте** су мртве, непропусне за воду и гасове, и најчешће испуњене ваздухом. Између њих нема интерцелулара, те оне постају добра заштита од исушивања, механичких повреда, температурних

колебања и штеточина. Код неких биљака, ка унутрашњости, ћелије фелогена формирају један, два или више слојева ћелија **фелодерма** које имају живу



Слика 74. Шематски приказ перидермиса

протоплазму. Фелоген, заједно са плутом и фелодермом, гради комплексно кожно ткиво – перидермис, секундарног порекла јер настаје радом секундарног меристема фелогена (Сл. 74).

У перидермису постоје специфични отвори - **ЛЕНТИЦЕЛЕ** који служе за пасивну размену гасова са спољашњом средином. Лентицеле се могу уочити као квржице сочивастиг облика на површини перидермиса (Сл. 75). Настају радом специфичних групација меристемских ћелија тзв. **фелогена лентицеле**, а које су бочно повезане са фелогеном. Његовим деобама и диференцијацијом

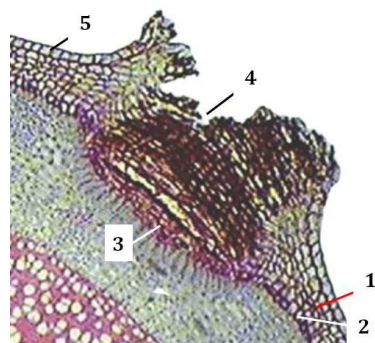
настају ћелије, између којих су присутни бројни интерцелулари, а које испуњавају лентицелу чинећи растресито **ткиво за попуњавање** (Сл. 76).

Управо преко интерцелулара се одвија пасивна размена гасова. При крају вегетационог периода, фелоген лентицеле постаје збијенији и формира се опна за затварање која се ресорбује на пролеће

и фелоген лентицеле наставља са радом и следеће сезоне. Крајем вегетационог периода, ћелије фелогена и фелогена лентицеле престају са



Слика 75. Лентицеле на перидермису стабла (хибискус - *Hibiscus* sp.)



Слика 76. Грађа лентицеле (перидермис на стаблу зове - *Sambucus nigra*): 1 - плута; 2 - фелоген; 3 - фелоген лентицеле; 4 - ткиво за попуњавање; 5 - остаци епидермиса

деобама, а формирани перидермис и ткиво за попуњавање штите унутрашња ткива од штетних спољашњих утицаја.

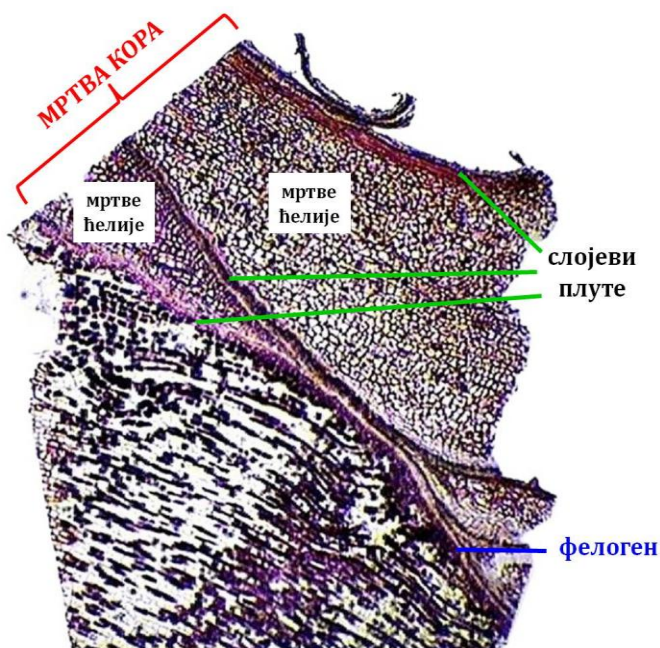
Мртва кора (ритидома)

Само код неких дрвенастих биљака, перидермис се задржава до краја живота захваљујући дуготрајној активности фелогена. Много чешће, фелоген након одређеног периода губи способност деобе и диференцијације, па се и сам диференцира у ћелије плуте. Тада се дубље у стаблу, дедиференцијацијом најчешће паренхимских ћелија примарне коре стабла, формира нови фелоген. Деобом и диференцијацијом овог новог фелогена, ка периферији, настају нови слојеви плуте. Сва ткива примарне коре која се налазе изнад новонасталих ћелија

плуте ће изумрети, услед онемогућеног дотока воде и хранљивих материја. Овај процес формирања новог фелогена, плуте и изумирања ћелија примарне коре се сукцесивно понавља, и образује се ново, моћније секундарно кожно ткиво - **МРТВА КОРА (РИТИДОМА)**. Може се рећи да мртва кора настаје захваљујући образовању фелогена у дубљим слојевима стабла, а чине је **слојеви плуте**

између којих се налазе **мртве ћелије ткива примарне коре** (паренхима, коленхима и др.) - сл. 77. На тај начин, перидермис бива замењен мртвом кором, моћним покоричним ткивом на површини стабала вишегодишњих дрвенастих биљака.

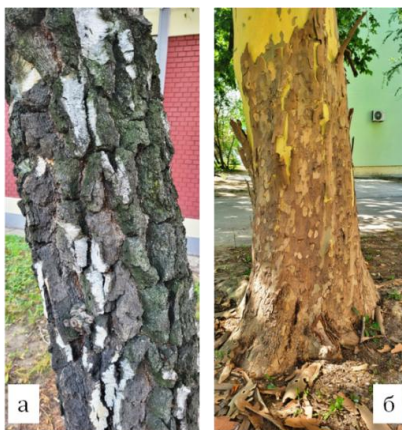
При формирању мртве коре, нови фелоген се ствара местимично у облику лучних плоча или ређе као континуирани цилиндар, па на тај начин настају два различита типа мртве коре - **љуспаста** (нпр. код бора, храста итд.) која је чешћа, и **прстенаста** која се ређе јавља (нпр. код винове лозе). Услед секундарног дебљања стабла, долази до пуцања и спонтаног одбацивања најстаријих површинских делова мртве коре, па је она груба и рапава. Ове пукотине у мртој кори служе за пасивну размену гасова и називају се



Слика 77. Мртва кора (стабло липе – *Tilia* sp.)

пукотине за проветравање (Сл. 78а). Код неких биљака, пак, постоје посебне ћелије тзв. **фелоиди**, пореклом од фелогена, које служе за одбацивање мртве коре (Сл. 78б).

Образовање мртве коре почиње код различитих биљака у различито време (врба и бели бор након 8-10 година, липа након 10-12 година, храст 25-35 година, јела након 50 година). Боја, изглед, структура и дебљина мртве коре разликују се од врсте до врсте па чак и код јединки исте врсте, а зависе од спољашњих утицаја, густине популације, здравственог стања биљке, садржаја танина и др. Иако се ове особине разликују, често се изглед и боја мртве коре користе за детерминацију дрвенастих биљака (посебно у време листопада). Због својих особина, мртва кора и плута имају велику употребну вредност (у пољопривреди, грађевинарству, индустрији).



Слика 78. Мртва кора: а - пукотине на мртој кори (бреза - *Betula* sp.); б - одбацивање мртве коре у виду љуспи (платан - *Platanus* sp.)

МЕХАНИЧКА ТКИВА

Биљке су стално изложене деловању различитих утицаја спољашње средине који могу отежавати њихов раст и развој. Ветрови повијају и могу да сломају биљку, водене биљке трпе струјања воде, дрвенасте биљке су додатно оптерећене тежином велике крошње, плодовима и сл. И поред чврстих ћелијских зидова и тургора, за несметан раст, развој и обављање биолошких функција, биљке су током еволуције развиле **механичка ткива** која им дају **додатну потпору, чврстину и еластичност**. Такође, она им омогућавају усправан положај, али и отпорност на физичке утицаје спољашње средине. Потребну чврстину и еластичност механичким ткивима обезбеђују специфична задебљања и структура ћелијских зидова њихових ћелија. На основу типа и места задебљања, те присуства, односно одсуства живе протоплазме, механичка ткива се деле на **коленхим** и **склеренхим**.

Коленхим

КОЛЕНХИМ је механичко ткиво, присутно у младим биљним органима који још расту, чија је функција да биљкама даје потпору, чврстину и еластичност. Граде га живе ћелије, широког лумена, чији су ћелијски зидови местимично (неравномерно) задебљали. Ова задебљања онемогућују међућелијску комуникацију. Ипак, на местима где ћелијски зид није задебљао врши се несметана размена материја и комуникација између суседних ћелија, па ове

ХИСТОЛОГИЈА

ћелије задржавају живу протоплазму. Према месту задебљања разликују се плочасти, угласти и растресити колехим (Сл. 79).

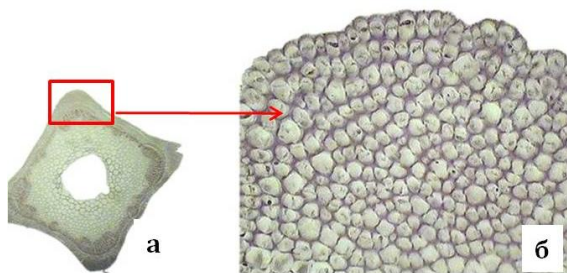
Плочасти колехим граде ћелије чији су тангенцијални ћелијски зидови (паралелни са периферијом органа) задебљали, док су радијални (бочни) незадебљали (нпр. у стаблу зове – *Sambucus nigra*). **Угласти колехим** је најчешћи тип колехима и изграђен је од ћелија чији су ћелијски зидови задебљали само по угловима ћелија (нпр. у стаблу мртве коприве – *Lamium maculatum*) - сл. 80.

Најређи тип је **растресити колехим** чије ћелије имају задебљале



делове ћелијских зидова уз интерцелуларе (нпр. у стаблу кромпира – *Solanum tuberosum*).

Усправан положај биљака, нарочито зељастих, колехим може да обезбеди само када су околне паренхимске ћелије добро снабдевене водом (када су тургесцентне). Коленхим се формира близу периферије стабла (испод епидермиса), код младих биљака може да врши и фотосинтезу, а код неких се може дедиференцирати у фелоген. Већином је присутан код дикотила, док је код монокотила редак.



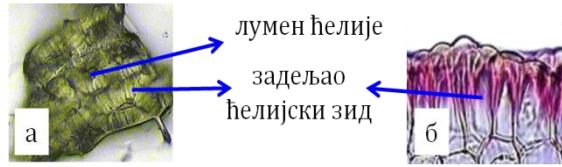
Слика 80. Угласти колехим (у стаблу мртве коприве - *Lamium maculatum*): а – попречни пресек стабла; б – угласти колехим

Склеренхим

СКЛЕРЕНХИМ је механичко ткиво које, као и колехим, даје потпору, чврстину и еластичност биљкама и њиховим органима. За разлику од колехима, граде га мртве ћелије чији су ћелијски зидови потпуно (равномерно) задебљали (често одрвенели) што има за последицу изумирање протоплазме јер је онемогућена размена материја и комуникација између ћелија. У унутрашњости ћелија, на месту некад живе протоплазме, остаје лумен ћелије, испуњен најчешће ваздухом. Склеренхим је углавном присутан у старијим деловима биљке који су завршили раст.

Према облику ћелија које га граде, разликују се склеренхимске ћелије (склереиде) и склеренхимска влакна. **СКЛЕРЕНХИМСКЕ ЋЕЛИЈЕ (СКЛЕРЕИДИ)** су углавном изодијаметричне ћелије, веома и равномерно задебљалих и одрвенелих ћелијских зидова који показују јасну слојевитост. У ћелијским зидовима се налазе остаци јамица у виду уских, често разгранатих каналића.

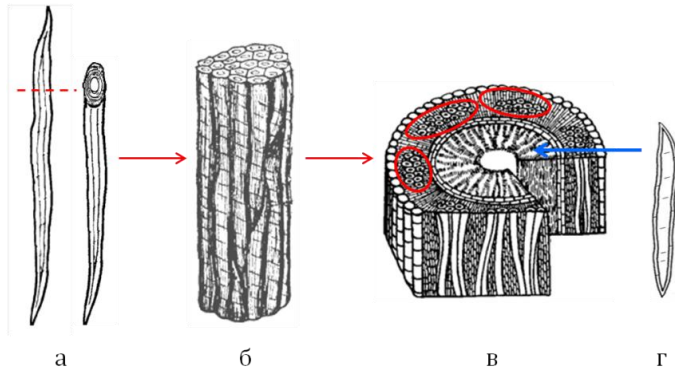
Склереиди могу бити присутни као **појединачне ћелије** (идиобласти – ћелије које одударају од околних ћелија обликом, а често и садржајем), **групације ћелија** (нпр. у мезокарпу плода крушке, дуње итд.) или као **компактно ткиво** (у семењачама).



Слика 81. Склереиди: а - брахисклереиди (плод крушке – *Pyrus* sp.); б - макросклереиди (семењача пуцавца – *Silene* sp.)

Најчешћи облици склереида су: брахисклереиди, макросклереиди, остросклереиди и астеросклереиди (Сл. 81). **Брахисклереиди** или **камене ћелије** су вишеугаоне, изодијаметричне ћелије, присутне у већим или мањим групама, чији су ћелијски зидови јако и равномерно задебљали, а ћелијски лумен сведен на узак простор (у мезокарпу плода крушке – *Pyrus* sp., дуње – *Cydonia* sp.). **Макросклереиди** су цилиндричне ћелије са уским луменом, најчешће се јављају у слојевима, усправно постављене у односу на површину органа у којем се налазе (у семењачи пуцавца – *Silene* sp., пасуља – *Phaseolus* sp., егзокарпу плодова и др.). **Остросклереиди** су цилиндричне ћелије чији су крајеви проширени и заобљени (слично као бутна кост човека) и искључиво се јављају као идиобласти; честе су у мезофилу листа, у семењачама и у плодовом омотачу (нпр. у махуни соје – *Glycine hispida*). **Астеросклереиди** су јако разгранате, појединачне звездасте ћелије, честе су у мезофилу листа (нпр. у листу белог локвања – *Nymphaea* sp.).

СКЛЕРЕНХИМСКА ВЛАКНА су јако уске и издужене (прозенхимске) ћелије, зашиљене на врховима, са веома задебљалим ћелијским зидом и уским луменом који, након изумирања протоплазме, углавном испуњава ваздух. Разликују се две врсте склеренхимских

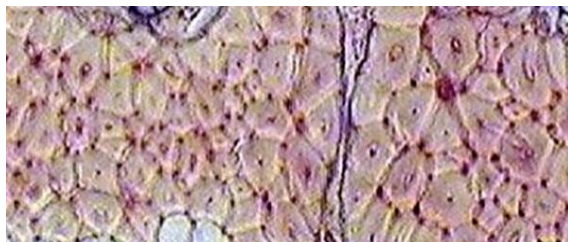


влакана: **ликина** и **дрвена влакна (либриформ)** - сл. 82.

Слика 82. Ликина и дрвена влакна: а – ликино влакно; б – групација ликиних влакана; в – положај ликиних и дрвених влакана у стаблу дрвенасте дикотиле; г – дрвено влакно

Ликина влакна су издужене, вретенасте ћелије зашиљене на врховима, уског лумена и веома задебљалих целулозних зидова (ретко су одрвенели). Спадају у једне од најдужих биљних ћелија (од неколико стотина микрометара до неколико центиметара).

Ликина влакна расту крајевима и утискују се међу остале ћелије, а између њих нема интерцелулара. Налазе се у вегетативним органима биљака у виду групација ћелија (трака, снопића, сара и сл.) - сл. 83. Захваљујући грађи, ликина влакна



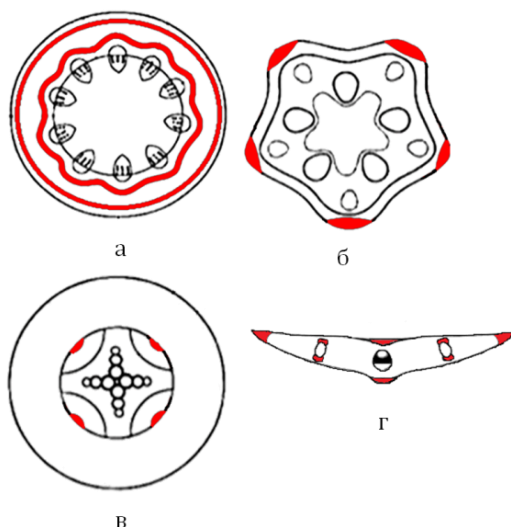
Слика 83. Ликина влакна на попречном пресеку (стабло ораха – *Juglans regia*)

одликује велика еластичност и издржљивост на истезање. Ликина влакна улазе у састав коре стабла, проводног ткива флоема, али понекад и у грађу листа (нпр. новозеландског лана, трава ...).

Дрвена влакна (либрифом) су знатно краћа, са нешто већим луменом и дебелим одрвенелим (лигнификованим) ћелијским зидовима, па су чвршћа, али мање еластична од ликиних влакана. То су, такође, издужене, уске ћелије зашиљене на врху (Сл. 82г). Улазе у састав дрвета, односно проводног ткива ксилема.

Распоред механичких ткива

Чврстина и отпорност биљних органа зависе од специфичних особина ћелија механичких ткива, али у знатној мери и од распореда механичких ткива у њима. У распореду механичких ткива је максимално заступљен принцип економичности у изградњи биљних органа који се огледа у постизању максималне чврстине са што мањим утрошком механичког ткива. Ово је тесно повезано са изложеношћу биљних органа различитим покретима. Тако је надземни део биљке изложен интензивном савијању, истезању и сабијању - притиску (нпр. под утицајем ветра), док је корен најчешће изложен истезању услед покрета надземног дела биљке. Формирање механичких ткива зависи од спољашњих утицаја, а пре свега влажности и кретања ваздуха, али и особина земљишта. У неким случајевима чак и вештачки изазвани притисци и истезања могу довести до образовања механичких ткива. Код биљних органа изложених савијању (стабло, лисна дршка), једна страна се истеже, док се друга сабија, па су механичка ткива груписана ближе периферији органа (Сл. 84а). Код биљака које имају троугласто (оштрице – *Surpegaseae*), четвороугаоно (уснатице – *Lamiaceae*) или вишеугаоно стабло (тиква – *Cucurbita pepo*), механичка ткива налазе се испод епидермиса по угловима стабла (Сл. 84б).



Слика 84. Шематски приказ распореда механичких ткива (обележено црвеном бојом): а - ближе површини стабла (вучија јабука – *Aristolochia clematitis*); б - по угловима стабла (ткива – *Cucurbita pepo*); в - у централном делу корена (*Phaseolus vulgaris*); г - у листу

Међутим, код органа изложених савијању и истезању, као што је корен, механичка ткива су смештена у његовом централном делу (Сл. 84в). Код листова, механичка ткива улазе у састав проводних ткива и граде лисне нерве (нерватура листа) и тако прожимају лиску штитећи је од кидања. Поред тога, код неких биљака, спољашњи зидови епидермалних ћелија, по ободу лиске, су задебљали и у неким случајевима ојачани субепидермалним слојем коленхима или склеренхима (Сл. 84г).

Механичка ткива настају деобом и диференцијацијом прокамбијума (заједно са

проводним ткивима), а могу настати и од протодерма или основног меристема. Склеренхимска влакна, у саставу секундарне коре и секундарног дрвета, настају активношћу камбијума.

Неки аутори механичка ткива чак сматрају посебно специјализованим паренхимским ткивима са задебљалим ћелијским зидовима, или пак проводним ткивима (склеренхимска влакна) на шта указује њихов положај, порекло и постојање прелазних облика од трахеида до дрвених влакана.

ПРОВОДНА ТКИВА

Провођење воде и хранљивих материја од кључног је значаја за живот биљке. Копнени начин живота условио је настанак проводних ткива:

- **ксилема** - ткива које проводи воду са раствореним неорганским материјама од корена ка надземним деловима биљке и
- **флоема** - ткива које проводи растворене органске материје од места стварања органских материја, тј. од фотосинтетски активних органа, до свих осталих делова биљке.

Ова ткива непрекидно се протежу кроз целу биљку и тиме повезују места усвајања воде (корен) и синтезе органске материје са местима раста, развоја и складиштења материја. Стога, може се рећи да појава корена и проводних

ХИСТОЛОГИЈА

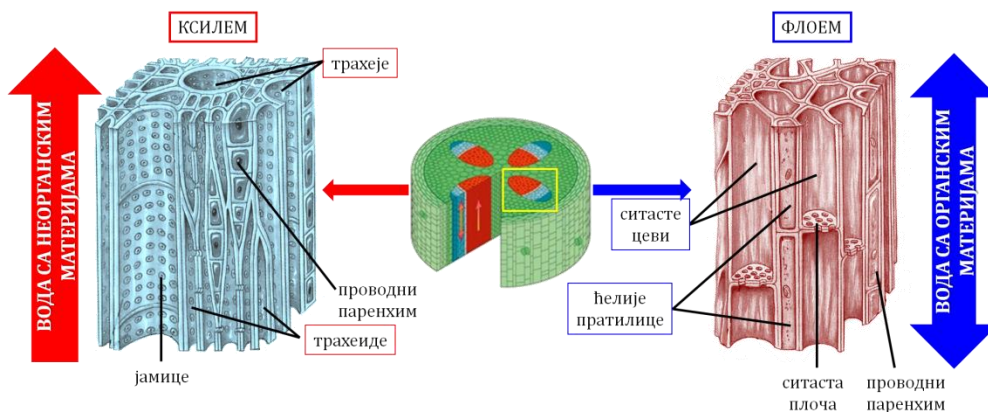
тквива представља прекретницу у еволуцији биљног света која је омогућила настанак и опстанак копнених биљака.

Биљке које поседују потпуно диференцирана проводна (васкуларна) ткива окарактерисане су као **васкуларне биљке** (лат. *vas* – суд, цев). Проводна ткива су, у погледу грађе, најсложенија биљна ткива изграђена од живих и неживих елемената, појединачних ћелија и ћелијских фузија (спајање ћелија). По пореклу разликујемо примарна проводна ткива настала деобама и диференцијацијом прокамбијума, док секундарна проводна ткива (у стаблима и коренима са секундарним дебљањем) настају деобама и диференцијацијом камбијума.

Ксилем

КСИЛЕМ – хадром, вазални део (грч. *xylon* – дрво; *hadros* – тврд, густ; *vaza* – суд) је комплексно проводно ткиво које **проводи воду са раствореним неорганским материјама**, усвојеним од стране корена ка свим надземним деловима биљке. Диференцијацијом прокамбијума основног меристема, настаје примарни ксилем, док се диференцијацијом камбијаног прстена формира секундарни ксилем, тј. секундарно дрво.

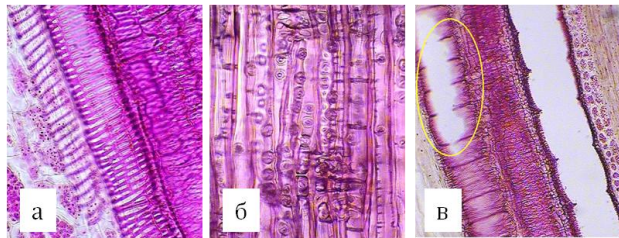
Основни елементи који граде ксилем скривеносеменица су **трахеје** и **трахеиде**. Поред њих, у састав ксилема улазе и **проводни паренхим ксилема**, који потпомаже функцију провођења, и **дрвена влакна (либриформ)**, механички хистолошки елементи који штите проводне судове од притиска околних живих ћелија (Сл. 85). У појединим биљкама постоји читав низ прелаза између трахеја и трахеида, између трахеида и дрвених влакана и др. Трахеје и трахеиде, поред основне улоге у провођењу, имају и механичку улогу у грађи биљних органа услед одрвених зидова.



Слика 85. Елементи проводних ткива

ТРАХЕЈЕ представљају ћелијске фузије, тј. низове издужених ћелија, између којих су потпуно или делимично нестали (ресорбовани) попречни ћелијски зидови, те оне на тај начин чине јединствен суд, већег промера, који проводи

воду и минералне материје од корена ка надземним деловима биљке. Потпуно диференциране трахеје имају задебљале, одрвенеле (лигнификоване) ћелијске зидове и мртви су хистолошки елементи. У циљу успешнијег провођења и веће чврстине, њихови ћелијски зидови су на различите начине, локално задебљали (прстенасто, спирално, мрежасто, јамичасто, лествичасто) - сл. 86а, 86б. Поред овога, олакшавање функције провођења воде и хранљивих материја омогућавају и крупни отвори – **перфорације**



Слика 86. Трахеје: а – мрежаста и прстенаста; б – јамичаста задебљања трахеида; в – перфорације

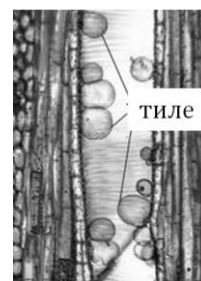
које се налазе на ћелијском зиду трахеја (Сл. 86в).

Дужина и ширина трахеја је различита, а карактеристична је за сваку дрвенасту врсту те представља таксономски карактер. Што је врста на вишем степену развоја, има краће трахеје. Са растом стабла, димензије трахеја се повећавају. Могу бити присутне појединачно, у радијалним/тангенцијалним низовима (што је веома ретко код дрвећа) или у групама, а најчешће су заступљене комбиновано (и појединачно и у групама).

ТРАХЕИДЕ представљају појединачне, издужене, мртве ћелије, зашиљене на врху, са лигнификованим и локално задебљалим ћелијским зидовима и великим бројем опшанчаних и простих јамица преко којих се врши транспорт воде и минералних материја. Због тога је транспорт кроз трахеиде знатно спорији него кроз трахеје. Трахеиде су проводни елементи присутни код свих васкуларних биљака. Међутим, њихова дужина и облик се разликују у стаблу голосеменица од стабла скривеносеменица.

Трахеје и трахеиде нису у свим биљкама подједнако развијене. Тако код биљака сушних станишта, ксилем је веома добро развијен, док код неких водених биљака га уопште нема (јер водене биљке усвајају воду целом површином тела). Већина папрати и голосеменица имају само трахеиде (настале раније током еволуције), док се код већине скривеносеменица јављају и трахеје и трахеиде.

Ксилем показује периодичност у функционисању. Наиме, интензивно провођење се дешава у пролеће и током лета када су вегетативне функције најизраженије, а слабије се одвија, или чак прекида, током јесени и зиме. Трахеје и трахеиде након неког времена престају са функцијом провођења и могу да буду испуњене ваздухом. Код трахеја се често формирају мехурасте творевине – **тиле**, које их затварају. Тиле настају урастањем околних живих паренхимских ћелија у трахеје (Сл. 87). Ћелијски зидови тила могу накнадно



Слика 87. Тиле у трахеји

да задебљају, а у унутрашњости се нагомилавају резервне хранљиве материје. Тиле, у трахејама стабла, настају и након ломљења и/или намерног одсецања изданака (нпр. након резидбе). Формирањем тила спречава се неконтролисани губитак воде.

Флоем

ФЛОЕМ – лептом, **крибрални део** (грч. *phlois* – кора; *leptos* – мекан; *cribrum* – сито) је такође комплексно проводно ткиво које **проводи воду са раствореним органским материјама** од фотосинтетски активних органа до свих осталих делова биљке (корена, листова, цветова, плодова, семена итд.). Слично као и ксилем, и флоем настаје диференцијацијом прокамбијума основног меристема, када је примарног порекла, док се диференцијацијом камбијума формира секундарни флоем у стаблима и коренима који секундарно дебљају.

Основни елементи флоема скривеносеменица су **ситасте цеви** и **ћелије пратилице**, а поред њих, у састав флоема, улазе и **проводни паренхим флоема**, који поспешује функцију провођења, и **ликина влакна** која, као механичка потпора, штите проводне елементе од притиска околних живих тургесцентних ћелија (Сл. 85).

Ситасте цеви и ћелије пратилице настају од једне заједничке матичне ћелије (пореклом од камбијума) која се уздужном деобом дели на две ћелије различите величине. Већа ћелија диференцираће се у ћелију ситасте цеви, док ће се мања ћелија диференцирати у ћелију пратилицу. Ћелија пратилица се понекад поново дели и образује неколико оваквих издужених ћелија пратилица. Ситаста цев и ћелије пратилице остају у структурној и функционалној вези тако да сваку ситасту цев „прате“ 2-4 ћелије пратилице и између њих се врши несметан транспорт, размена материја и комуникација.

СИТАСТЕ ЦЕВИ су низови издужених, танкозидних ћелија међусобно спојених преко **ситастих плоча** које садрже бројне ситне јамице или праве отворе (перфорације) кроз које пролазе плазмодезме преко којих се врши транспорт растворених органских материја. У младим ћелијама, у елементима ситастих цеви, налази се цитоплазма са једром, леукопластима и скробним зрнима, а у потпуно диференцираним ситастим цевима нестаје једро, док цитоплазма остаје функционална (денатурирана протоплазма) захваљујући вези са ћелијама пратилицама које поседују једро. Ситасте цеви функционишу релативно кратко и периодично. Наиме, активне су у пролеће, али пред јесен престају са провођењем јер се на ситастим плочама формира безбојан слој калозе која затвара отворе на њој. У пролеће се ова материја раствара и ситасте цеви поново показују активност у провођењу. Ово се дешава само једном до два пута јер затварање ситасте плоче обично подразумева искључивање из функције провођења целе ситасте цеви која се потом спљошти и убрзо нестаје.

Ћелије пратилице имају танак, целулозан ћелијски зид, густу цитоплазму, ситну вакуолу и крупно једро које координише и метаболичке процесе цитоплазме у елементима ситасте цеви. Сматра се да у ћелијама пратилицама настају ензими, који делују на шећере, и фитохормони под чијим се утицајем формира плута након повреда. Као елементи флоема, ћелије пратилице су се у еволуцији појавиле касније па су присутне само код скривеносеменица.

Проводни снопићи

Проводна ткива чине јединствен проводни систем који заузима специфичан положај у биљном телу формирајући групације проводних елемената које називамо **проводни снопићи**. Проводни снопићи који садрже ксилем и флоем су **сложени (потпуни) проводни снопићи**. Ређе су код биљака присутни **прости (непотпуни) проводни снопићи** који су изграђени само од флоема (флоемски) или само од ксилема (ксилемски) и углавном су карактеристични за биљке на нижем степену организације.

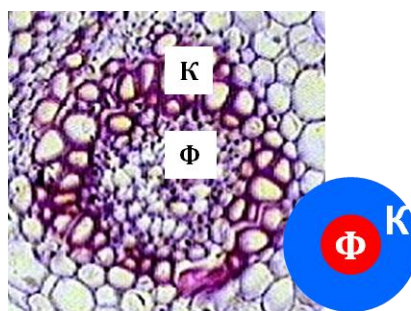
Проводни снопићи настају диференцијацијом меристема прокамбијума. Ако се прокамбијум потпуно издиференцира у проводна ткива (ксилем и флоем), тада је снопић **затворен**. Међутим, ако се прокамбијум не издиференцира у потпуности у проводна ткива, већ се део меристемских ћелија задржи унутар снопића чинећи тзв. **фасцикуларни камбијум**, тада је снопић **отворен**, а ћелије фасцикуларног камбијума могу образовати нове проводне елементе.

У проводним снопићима, ксилем и флоем заузимају специфичан положај па се у односу на њихов положај проводни снопићи деле на три основна типа: **концентричан, колатералан и радијалан**.

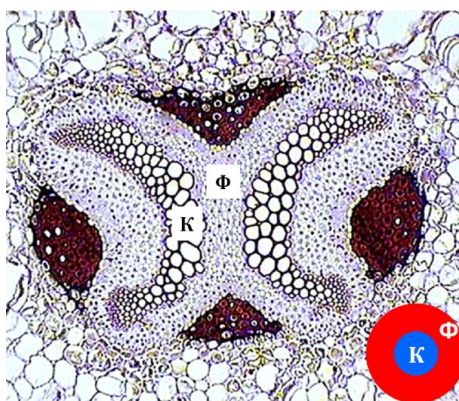
Концентрични проводни снопићи

Концентричне проводне снопиће карактерише присуство елемената једног проводног ткива у средишњем (централном) делу снопића које је окружено другим проводним ткивом. Концентрични проводни снопићи се најчешће налазе код папрати (ређе код скривеносеменица), у надземним и у подземним метаморфозираним изданцима монокотила (ризому).

Уколико је флоем у средишту, окружен ксилемом, реч је о **ФЛОЕОЦЕНТРИЧНОМ ПРОВОДНОМ СНОПИЋУ** (лептоцентричном, амфивазалном), а налази се у надземним изданцима и у ризомима монокотила (Сл. 88).



Слика 88. Флоемоцентричан проводни снопић (у ризому ђурђевка – *Convallaria* sp.)



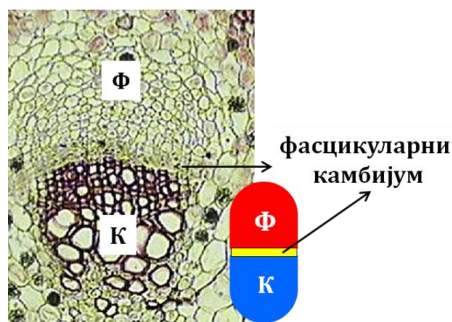
Слика 89. Ксилемоцентричан проводни снопић (у лисној дршци папрати - *Asplenium* sp.)

ксилем окренут ка лицу, а флоем ка наличју листа. Уколико у проводном снопићу, између ксилема и флоема, остаје зона прокамбијума тзв. фасцикуларног камбијума, такав проводни снопић је **КОЛАТЕРАЛАН ОТВОРЕН ПРОВОДНИ СНОПИЋ** јер је то још увек биолошки активан систем где се наставља деоба и диференцијација ћелија фасцикуларног камбијума у нове проводне елементе (Сл. 90). Овај тип проводног снопића присутан је у примарној грађи стабла зељастих дикотила.

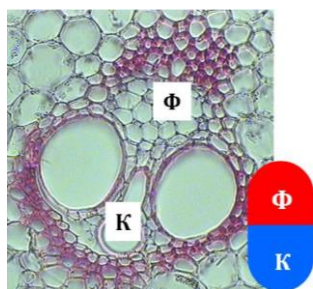
Обрнуто, када је ксилем у центру, а окружен је флоемом, говоримо о **КСИЛЕМОЦЕНТРИЧНОМ ПРОВОДНОМ СНОПИЋУ** (хадроцентричном, амфикрибралном) који је чест код папрати (Сл. 89).

Колатерални проводни снопићи

Код **коллатералних проводних снопића** елементи флоема и ксилема се налазе на истом радијусу (један поред другог). У стаблу зељастих биљака, флоем је окренут ка периферији, а ксилем ка унутрашњости стабла, док је у листу



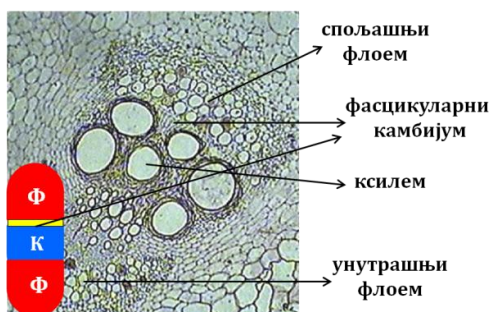
Слика 90. Коллатералан отворен проводни снопић (стабло вучије јабуке - *Aristolochia clematitis*)



Слика 91. Коллатералан затворен проводни снопић (стабло кукуруза - *Zea mays*)

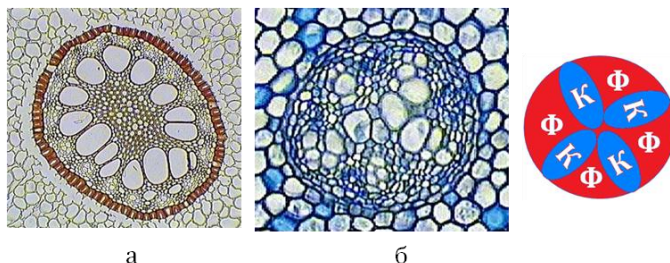
Међутим, уколико се прокамбијум потпуно издиференцира у елементе флоема и ксилема (па се флоем и ксилем бочно додирују) такав снопић називамо **КОЛАТЕРАЛАН ЗАТВОРЕН ПРОВОДНИ СНОПИЋ** (Сл. 91). Овај тип проводног снопића карактеристичан је за листове семеница и стабла која секундарно не дебљају.

Посебан тип коллатералног снопића је **БИКОЛАТЕРАЛАН ПРОВОДНИ СНОПИЋ** у којем се, центрипетално (ка унутрашњости) од ксилема коллатералног отвореног проводног снопића, формира још једна групација елемената флоема, тако да овај проводни снопић садржи два флоема (спољашњи и унутрашњи), а фасцикуларни камбијум се задржава између спољашњег флоема и ксилема (Сл. 92). Овај тип проводног снопића



Слика 92. Биколатералан проводни снопић (лисна дршка тикве - *Cucurbita pepo*)

флоемских плоча чине један радијалан проводни снопић. Број ксилемских једнак је броју флоемских плоча у радијалном проводом снопићу. У зависности колико се плоча ксилема, односно флоема налази у радијалном проводном снопићу разликују се: **диархан** (две ксилемске и две флоемске плоче), **триархан** (три ксилемске и три флоемске плоче), **тетрархан** (четири ксилемске и четири флоемске плоче) итд. **Полиархан** тип радијалног снопића има више ксилемских и флоемских плоча, а карактеристичан је за корен монокотила. У корену дикотила присутан је радијалан проводни снопић са мање ксилемских и флоемских плоча. Између ксилемских и флоемских плоча налази се, најчешће двослојан, проводни паренхим.



Слика 93. Радијалан проводни снопић у корену: а - монокотила (перунике - *Iris* sp.); б - дикотила (љутића - *Ranunculus* sp.)

СЕКРЕТОРНА ТКИВА

Настанак **секреторних ткива (жлездана, ткива за лучење)** код биљака значајан је у физиолошком и еколошком смислу. Наиме, током метаболизма, биљке, односно њихове специфичне **секреторне (жлездане) ћелије**, стварају продукте лучења – **секрете** (нпр. етарска уља, танине, гуме, смоле, слузи, алкалоиде, гликозиде, кристале и др.) који могу имати различите функције као што су: заштита биљака од хербивора, од превеликог прегревања дању, и обрнуто превеликог хлађења ноћу, привлачење инсеката опрашивача, заштита биљке и сл.

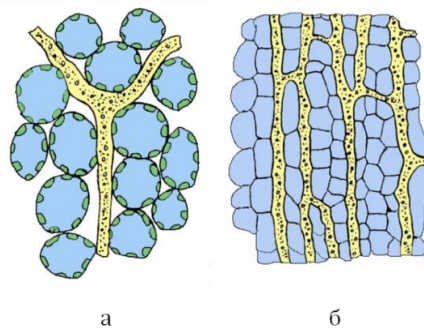
Секреторне ћелије могу да функционишу појединачно или као део ткива за лучење. Секреторне ћелије или секреторна ткива, која често настају из паренхима, налазе се на различитим деловима биљака. У зависности од места где ослобађају своје продукте лучења, делимо их на **унутрашња (ендгогена) секреторна ткива** и **спољашња (егзогена) секреторна ткива**.

Унутрашња (ендгогена) секреторна ткива

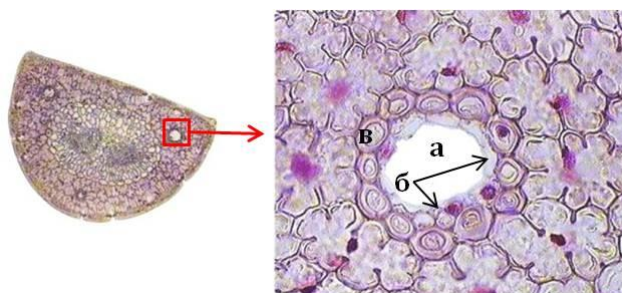
Код **унутрашњих секреторних ткива**, **секрети остају у унутрашњости биљног тела** и нагомилавају се у ћелији или у интерцелуларима. Смештена су непосредно испод епидермиса или у дубљим деловима биљке. Јављају се као низови ћелија, групе ћелија или као појединачне ћелије. Понекад се појединачне ћелије јављају као **идиобласти** и, обликом и садржајем, разликују се од околних ћелија. Могу да образују и ћелијске низове као што су **млечне цеви** испуњене специфичним садржајем – млечним соком (латексом). По начину постанка, млечне цеви могу бити нечланковите и чланковите. **НЕЧЛАНКОВИТЕ МЛЕЧНЕ ЦЕВИ** су, на попречном пресеку, округле и јако разгранате цеви, без попречних ћелијских зидова, садрже много једара, издужују се током раста биљке и садрже бели млечни сок (Сл. 94а). Присутне су код представника фамилија млечника (*Euphorbiaceae*) и дудова (*Moraceae*). Ове млечне цеви су једне од најдужих ћелија у биљном телу уопште. **ЧЛАНКОВИТЕ МЛЕЧНЕ ЦЕВИ** представљају ћелијске фузије настале растварањем попречних зидова између секреторних

ћелија (Сл. 94б). Честе су код неких представника фамилија главичарки (*Asteraceae*) и макова (*Papaveraceae*).

Код четинара се налазе специфични системи „ходника“ које називамо **СМОЛНИ КАНАЛИ** (Сл. 95). Смолни канал чини један слој живих, танкозидних жлезданих ћелија које опкољавају крупан интерцелулар у који ове ћелије луче смолу. Овај жлездани епител опкољен је механичком саром



Слика 94. Шематски приказ млечних цеву: а – нечланковите; б- чланковите млечне цеви



Слика 95. Смолни канал (у листу бора *Pinus* sp.): а – смолни канал; б - жлездно ткиво; в – механичка сара

која га, у виду тунела, штити од притиска околних живих, тургесцентних ћелија.

Унутрашњим секреторним ткивима припадају и **СЕКРЕТОРНЕ ШУПЉИНЕ**, лоптастог облика или издужене у виду секреторних канала, најчешће лизигеног порекла, настале разлагањем (лизом) групе секреторних-ћелија. Садрже етарска уља, а присутни су у плодовом омотачу цитруса (фамилија Rutaceae – наранџе, лимуна, лимете итд.).

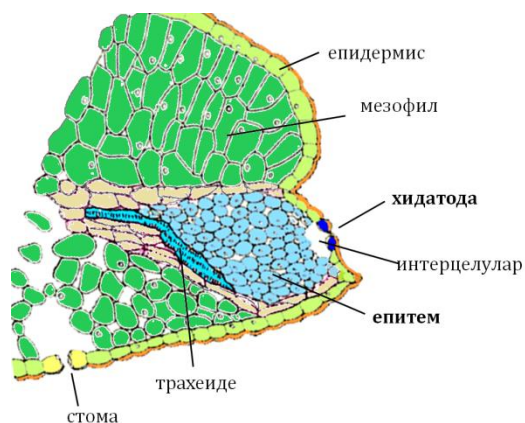
Спољашња (егзогена) секреторна ткива

Спољашња секреторна ткива своје секрете **избацују на површину биљног тела**. Налазе се на површини биљних органа. Могу се јавити као појединачне ћелије или као групе ћелија. Обликом су веома разнолике. У зависности од врсте секрета, разликују се: жлездане длаке, хидатоде (водене стоме) и нектарије.

ЖЛЕЗДАНЕ ДЛАКЕ су спољашње жлезде које најчешће излучују етарска уља, али и смолу и слуз, а углавном се налазе на епидермису листа (нпр. жарне длаке коприве – *Urtica* sp., жлездане длаке мушкатле – *Pelargonium* sp.) - сл. 96. Код биљака су присутне веома разноврсне жлездане длаке. Код вишећелијских жлезданих длака, функцију секреције обавља једна или више вршних ћелија.



Слика 96. Жлездане длаке на листу: а - коприве (*Urtica* sp.); б - мушкатле (*Pelargonium* sp.)



Слика 97. Хидатода (водена стома)

лисни нерви који садрже трахеиде. Функција хидатода је нарочито изражена код биљака тропских кишних шума које преко хидатода излучују велике количине воде што је једна од адаптација ових биљака на повећану влажност земљишта.

ХИДАТОДЕ или **ВОДЕНЕ СТОМЕ** излучују воду у течном стању, у виду капљица (гутација). Углавном се налазе на врховима или дуж обода листова (Сл. 97). Ћелије водене стоме су стално отворене. Испод њиховог отвора се налази велика интерцелуларна шупљина, испуњена водом, испод које је ткиво **епитем** (ткиво за излучивање воде) које функционише као жлезда у којој се завршавају

Многе биљке имају **НЕКТАРИЈЕ**, жлезде које излучују **нектар** - водени раствор шећера и великог броја других материја. Нектар привлачи инсекте и поспешује опрашивање биљака. У зависности од места где се налазе, разликују се **флоралне нектарије**, које се налазе у цвету, и **екстрафлоралне нектарије** смештене ван цвета, на другим биљним органима: на лисној дршци (шљива – *Prunus domestica*, трешња – *Prunus avium*, вишња – *Prunus cerasus*), на лисним залисцима (грахорица – *Vicia* sp.), на лисним нервима (лула-дрвета – *Catalpa* sp.) итд. (Сл. 98).



Слика 98. Екстрафлоралне нектарије на лисној дршци трешње (*Prunus avium*)

Треба поменути да постоје и мишљења да ткива за лучење не треба издвајати као посебна ткива, јер су често део епидермиса (нпр. жлездане длаке) или неке врсте паренхима (нпр. млечне цеви) па их треба у том контексту и проучавати. Такође, постоје и ткива која, као споредну функцију, имају способност лучења, попут ризодермиса корена који лучи угљену киселину, ћелија штитића клице монокотила који лучи разне ензиме итд.

Може се закључити да је копнени начин живота биљака довео до развоја различитих, више или мање, специјализованих ткива која им омогућавају да опстану, живе и прилагоде се различитим условима које им намеће живот на копну.

ХИСТОЛОГИЈА

Преглед биљних ткива према пореклу, грађи и функцији

БИЉНА ТКИВА	ФУНКЦИЈА
ТВОРНА ТКИВА (МЕРИСТЕМИ)	
АПИКАЛНИ (ВРШНИ) МЕРИСТЕМИ	
апикални меристем изданка	раст изданка
апикални меристем корена	раст корена
ЛАТЕРАЛНИ (БОЧНИ) МЕРИСТЕМИ	
камбијум	образовање проводних и механичких ткива; секундарно дебљање стабла и корена
фелоген (плутин камбијум)	образовање перидермиса (плуте и фелодерма)
ИНТЕРКАЛАРНИ (УМЕТНУТИ) МЕРИСТЕМ	раст изданка трава; формирање лисне дршке
ТРАУМАТИЧНИ МЕРИСТЕМ (калус)	зарастање рана
ТРАЈНА ТКИВА	
ПАРЕНХИМСКА (ОСНОВНА) ТКИВА	
паренхим за фотосинтезу (хлоренхим)	фотосинтеза
паренхим за резервисање (магационирање)	резервисање хранљивих материја
паренхим за резервисање ваздуха (аеренхим)	резервисање ваздуха
паренхим за провођење (проводни паренхим)	помаже провођење воде и растворених материја
паренхим за апсорпцију (усвајање)	усвајање воде и растворених материја
КОЖНА (ПОКОРИЧНА) ТКИВА	
епидермис	заштита од спољашњих утицаја и размена гасова са спољашњом средином
перидермис	
мртва кора	
МЕХАНИЧКА ТКИВА	
коленхим	давање потпоре, чврстине и еластичности биљним органима
склеренхим	
ПРОВОДНА ТКИВА	
ксилем	провођење воде са раствореним неорганским и органским материјама
флоем	
СЕКРЕТОРНА ТКИВА	
унутрашња секреторна ткива	лучење продуката метаболизма ћелија
спољашња секреторна ткива	





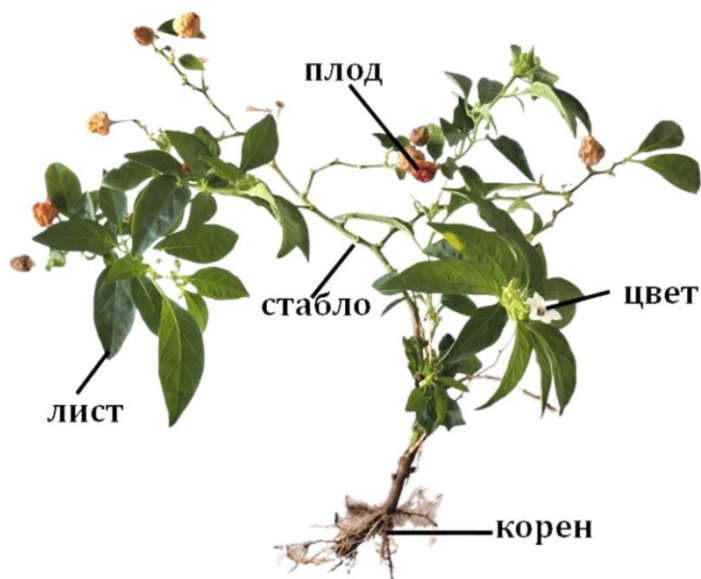
ОРГАНОГРАФИЈА

ОРГАНОГРАФИЈА биљака је биолошка дисциплина која описује **ГРАЂУ БИЉАКА**, односно **БИЉНИХ ОРГАНА** и то њихову спољашњу грађу - **морфологија у ужем смислу** и унутрашњу грађу - **анатомија** или **унутрашња морфологија**. Сваки биљни организам код којег постоји полно размножавање, настаје из оплођене јајне ћелије - зигота, а деобама зигота настаје **ембрион (клица)** у процесу који се назива **ембриогенеза**. Клица је изграђена од ембрионалног, меристемског ткива чијом ће деобом и диференцијацијом настати сви органи биљке, процесом **органогенезе**.

ОРГАНИ су делови биљке који имају специфичну грађу и функцију. Сваки орган се састоји из више ткива. Тело виших биљака – кормофита је **КОРМУС**, а граде га вегетативни и генеративни органи (Сл. 99).

ВЕГЕТАТИВНИ ОРГАНИ су **корен, стабло** и **лист** и служе одржавању индивидуалног живота биљке, тј. исхрани, расту и развићу. Стабло и листови чине надземни део биљке - **изданак**, а корен је подземни део биљке.

ГЕНЕРАТИВНИ или **РЕПРОДУКТИВНИ ОРГАНИ** су **цвет, семе** и **плод** и служе размножавању биљака и опстанку врста.



Слика 99. Вегетативни и генеративни органи биљака
(паприка - *Capsicum annuum*)

Код талофита не постоји диференцираност на корен, стабло и лист, већ је њихово тело у форми **талуса**. Талус неких алги и маховина састоји се из делова сличних корену - ризоиди, стаблу - каулоид и листовима - филоиди.

Органи виших биљака, осим из клице могу да настану и из другог дела биљке и називају се **адвентивни органи**. У односу на типично образоване органе, они се разликују по пореклу, али не и по функцији. Стварање адвентивних органа заснива се на процесу регенерације, тј. могућности обнављања изгубљених органа. На израженој способности регенерације заснива се вегетативно размножавање биљака, врло пожељно у биљној производњи.

Хомологни органи биљке су они органи који имају исто порекло, али обављају различите функције. Тако су од лисних зачетака настали: фотосинтетички листови, чашични листићи, крунични листићи, прашници, оплодни листићи итд. Дубоке и значајне промене хомологнух органа у грађи и функцији називају се метаморфозе, а органи су **метаморфозирани органи** (кртола, луковица, рашљика, трн, стolon, органи за хватање инсеката и др).

Аналогни органи биљке су они који имају исту грађу и функцију, али различито порекло. Тако су аналогни органи: кртола кромпира - пореклом из изданка и кртола георгине - пореклом од корена, затим трнови постали од стабла, листа и ретко од корена.

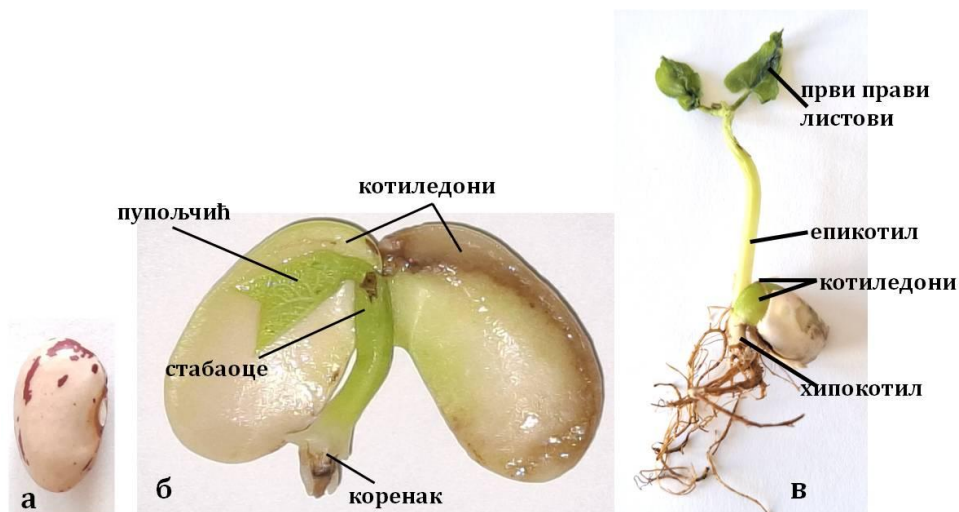
КЛИЦА

Потпуно освајање свих типова копнених станишта, додатно је убрзала појава семена, органа за расејавање и размножавање семеница.

Семе је генеративни орган биљака који се састоји из **клице, хранљивог ткива/хранљивих материја и семењаче**.

КЛИЦА (ембрион) представља зачетак нове биљке и хетеротрофни је стадијум будуће аутотрофне биљке. Зачеци свих вегетативних органа биљке чине делове клице. Хранљиво ткиво је у форми ендосперма, перисперма или су хранљиве материје у деловима саме клице (котиледонима).

Клицу чине: клицин коренак, клицино стабаоце, клицин пупољчић и један или више котиледона (Сл. 100). **Клицин пупољчић (*plumula*)** грађен је од вегетационе купе изданка заштићене листићима пупољчића. **Клицино стабаоце** је издужени део клице на ком су формиран клицини листићи (котиледони). Код монокотила се развија само један котиледон, код дикотила два, а код голосеменица више **котиледона**. Код клице дикотила јасно се уочава место на клицином стабаоцету на ком су причвршћени котиледони - ЧВОР или НОДУС (коленце). Део клициног стабаоцета изнад чвора назива се ЕПИКОТИЛ, а испод ХИПОКОТИЛ. Суужењем које се назива врат, клицино стабаоце прелази у клицин коренак. **Клицин коренак (*radicula*)** на врху поседује вегетациону купу, заштићену кореновом капом (калиптром).



Слика 100. Развој вегетативних органа из семена/клице код дикотила (пасуљ – *Phaseolus vulgaris*); а – семе; б – развијена клица; в – млада биљка пасуља

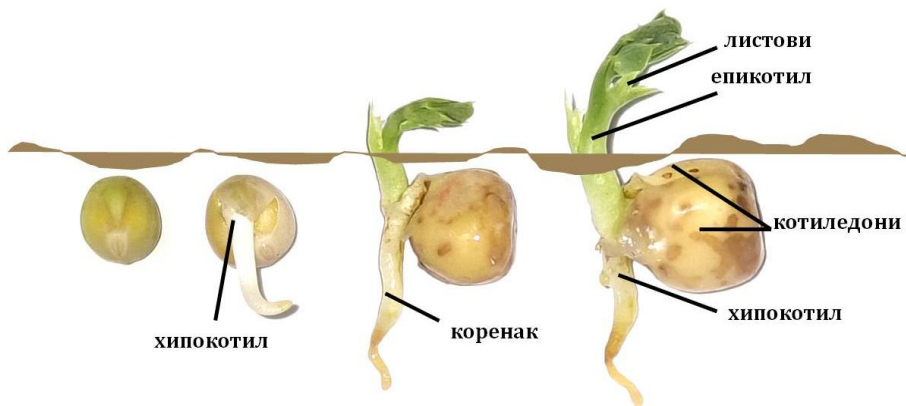
Клијање семена

Клијање семена је процес који почиње бубрењем семена, а завршава се почетком процеса фотосинтезе клијанца. Семе почиње да клија обично после извесног периода мировања и када се стекну повољни спољашњи услови. Процес клијања везан је за неопходну количину **воде, кисеоника, одговарајуће температуре**, а код неких семена и **светлости**. Процес клијања ће бити описан на примеру клијања пасуља. Семењача пасуља је глатка и чврста и на њој се уочава пупак (*hilum*), ожиљак на месту где је семе одвојено од плаценте или врпце (*funiculus*). Уз пупак, налази се и мали отвор, микропила. После периода мировања, семе пасуља усваја воду кроз микропилу и семењачу, након чега семењача пуца, семе омекша и почиње да бубри. Врх клице пробија се кроз микропилу и развија се у главни корен, а на њему се убрзо формирају и бочни корени. Коренима се млада биљка причвршћује за подлогу и почиње са апсорпцијом воде и неорганичких материја. Недуго затим, почиње и издуживање хипокотила који се лучно подиже, износећи и котиледоне изнад површине земље (Сл. 101). Овакав начин клијања, са **котиледонима изнад површине земљишта**, окарактерисан је као **ЕПИГЕИЧНО КЛИЈАЊЕ (НАДЗЕМНО)**. Након тога формирају се и први прави листови и отпочиње процес фотосинтезе, чиме је завршен процес клијања.



Слика 101. Епигеично клијање (семе пасуља - *Phaseolus vulgaris*)

Код неких биљака (нпр. грашак) приликом клијања котиледони остају **испод површине земљишта**, а изданак се растом епикотила издиже изнад површине земљишта (Сл. 102). Овакав начин клијања окарактерисан је као **ХИПОГЕИЧНО КЛИЈАЊЕ (ПОДЗЕМНО)**.



Слика 102. Хипогеично клијање (семе грашка - *Pisum sativum*)

Грађа семена и клице код монокотиледоних биљака се разликује у односу на дикотиле (Сл. 103). Код пшенице, највећу масу семена чини хранљиво ткиво - ендосперм, док је бочно постављена клица веома мала (семе са ендоспермом). Клицу чини пупољчић, стабаоце и коренак, и један метаморфозирани котиледон. **Пупољчић** је формиран од неколико листића и заштићен је **колеоптилом** (*coleoptilis*), пореклом од дела котиледона. **Штитић** (*scutellum*), настао од већег дела котиледона, разлаже, усваја и спроводи хранљиве материје из ендосперма до клице. Део котиледона који повезује колеоптил и штитић, и срста са скраћеним хипокотилом је **мезокотил**, испод кога се развија **коренак клице**, заштићен **колеоризом**

ОРГАНОГРАФИЈА

(*coleorrhiza*) која је део метаморфозираоог котиледона. Клијање се одвија тако што се изнад површине земље појављује колеоптил који обавија и штити пупољчић приликом проласка кроз земљиште. Код трава главни коренчић брзо престаје са растом, али се из мезокотила формирају бројни адвентивни корени.



Слика 103. Клијање монокотила: а - г - пшеница (*Triticum vulgare*); д - клијанац кукуруза (*Zea mays*)

Принципи изградње биљног тела

Облици данашњих биљака су веома разнолики почев од једноћелијских до сложених вишећелијских, али неки основни обрасци изградње тела заједнички су за све биљке.

Принцип формирања што веће спољне површине један је од пресудних принципа у процесу раста и развића биљног организма, с обзиром на ауотрофан начин исхране. Наиме, боље усвајање угљен-диоксида, воде, минералних материја и сунчеве светлости постиже се великом површином. Код нижих једноћелијских организама то се постиже издуживањем лоптастих ћелија, чиме се повећава однос површине и запремине ћелије. Наиме, свако одступање од најпростије форме лопте, повећава релативну површину биљке. Постепено су еволуирале форме биљака цилиндричног, кончастог, плочастог, штапићастиог и другог облика. Код виших биљака овом процесу знатно доприноси **гранање биљке** и спљоштеност биљних органа.

Принципом физиолошке поделе функција међу органима биљке постиже се боље и успешније обављање свих животних процеса. Док су код једноћелијских организама делови ћелије и ћелијске органеле вршиле

различите функције, код вишећелијских организама ту функцију су преузели **биљни органи**.

Принцип чврстоће је веома изражен у изградњи биљног организма. Код једноћелијских организама, поред **тургора**, **чврст ћелијски зид** често прожет калцијум-карбонатом и силицијум-диоксидом, доприноси чврстости ћелије. Усложњавањем и растом биљних организама прилагођених сувоzemним условима живота, тургор који зависи од количине воде у спољашњој средини и ћелијски зидови, нису били довољни да биљка има усправан положај и несметано обавља животне функције. Тако су се током еволуције диференцирала **механичка ткива**, чије ћелије са задебљалим ћелијским зидовима дају сталну и неопходну чврстину биљним органима.

Принцип економичности подразумева да се ћелије и ткива што боље и штедљивије распореде у изградњи биљног организма. Упечатљив пример овог принципа је распоред механичког ткива које се у различитим биљним органима, у зависности од њиховог облика, образује у виду континуираног прстена, група ћелија, носача, у центру органа или ближе површини органа.

Важну законитост у изградњи биљног тела представља и **поларност**, тј. разлика у грађи и функцији између супротних тачака биљног тела, врха и основе (нпр. листова и корена), органа и ћелија.

Особина биљних органа је и **симетрија**, односно распоред биомасе у изградњи биљних органа, па органи могу да буду симетрични и асиметрични. Симетричан је орган кроз који се може повући једна (моносиметричан), две (бисиметричан) или више равни симетрије (полисиметричан). **Моносиметрични** су листови већине биљака (једнаке су лева и десна половина листа, а разликује се лице од наличја, тј. лист је дорзивентралне грађе). Моносиметрични су и цветови представника фамилије уснатица (Lamiaceae) и махунарки (Fabaceae) и оваква симетрија цвета окарактерисана је називом зигоморфан цвет. **Бисиметрично** је стабло кактуса свекрвин језик (*Opuntia* sp.) и цвет минђушице (*Dicentra spectabilis*). **Полисиметричност** или радијална симетрија органа присутна је у грађи корена, већине стабала и цветова (оваква симетрија цвета окарактерисана је називом актиноморфан цвет). Кроз **асиметричан** орган не може се повући ни једна раван симетрије јер имају неправилан облик (цвет кане, лист бегоније, бреста итд.).

ВЕГЕТАТИВНИ ОРГАНИ

ИЗДАНАК

МОРФОЛОГИЈА ИЗДАНКА

Изданак је стабло са листовима и пупољцима. Код сувоземних биљака типичан изданак је надземан (фотофилан и аерофилан). Код многих вишегодишњих зељастих биљака формира се и подземни (геофилни), метаморфозирани изданак. Код водених биљака изданак се налази у води или је делимично у води, а делимично изнад воде.

Место на стаблу на којем се развија лист је **ЧВОР (НОДУС)**, а растојање између два чвора је **ЧЛАНК (ИНТЕРНОДИЈА)**. Сваки лист је причвршћен за стабло под одређеним углом који је дефинисан као **пазушни угао**. Чланци су према врху стабла све краћи, те су листови све гушћи. На самом врху стабла, листићи се прекривају штитећи тако нежно меристемско ткиво вегетационе купе изданка, образујући пупољак (Сл. 104).

Већина биљака образује две врсте изданака који, у зависности од дужине интернодија, могу бити **кратки** и **дуги изданци**. Дуги изданци имају дуге интернодије, а кратки изданци, веома скраћене интернодије. Тако, код већине лишћара, дуги изданци носе асимилационе листове, а кратки изданци цветове и плодове (Сл. 105а). Код маслачка (*Taraxacum officinale*), кратки изданак носи листове распоређене у розети, док дуги изданак носи цваст главицу (Сл. 105б).



Слика 104. Изданак



Слика 105. Дуги и кратки изданци: а - јабука (*Malus domestica*); б - маслачак (*Taraxacum officinale*)

Пупољак

На врху изданка, испод заштитних листова, налази се тврдно ткиво, вегетациона купа изданка, чије се ћелије интензивно деле, те изданак расте. На вегетационој купу изданка, бочно се развијају лисне примордије - зачеци будућих листова. Лисне примордије су при основи све дуже, те услед интензивније деобе њихове доње стране, оне се савијају навише покривајући вегетациону купу изданка. Ови листови опкољавају нежно меристемско ткиво купе и штите га од неповољних спољашњих утицаја. У пазуху старијих и дужих лисних примордија, налазе се зачеци бочних вегетационих купа, тј. зачеци нових пупољака. **Вегетациона купа изданка и њени заштитни листови чине пупољак.** Дакле, пупољак је млад, још неразвијен изданак.



Слика 106. Пупољци

У зависности од места на коме се налазе, пупољци су темени и бочни (Сл. 106). **ТЕМЕНИ ПУПОЉЦИ** налазе се на врховима изданака, док се **БОЧНИ ПУПОЉЦИ** (пазушни) формирају бочно, у пазусима листова. У пазуху листа се најчешће образује један, али код неких биљака може се образовати и већи број пупољака. Већи број бочних пупољака у пазуху листа може бити распоређен **КОЛАТЕРАЛНО** (један пупољак поред

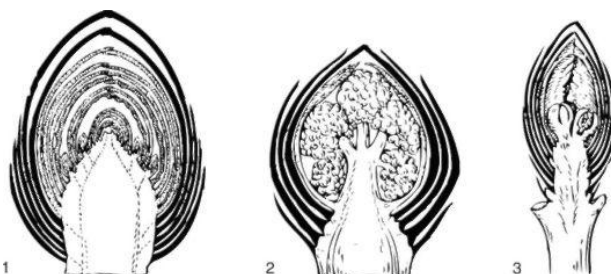
другог) или **СЕРИЈАЛНО** (један изнад другог). Број бочних пупољака и њихов распоред карактеристика су биљне врсте (Сл. 107).

Пупољци у којима је зачето стабло са листовима су **ВЕГЕТАТИВНИ ПУПОЉЦИ**, а пупољци у којима су зачети цвет или цваст су **ГЕНЕРАТИВНИ ПУПОЉЦИ** (цветни). Код биљака се развијају и **МЕШОВИТИ ПУПОЉЦИ** (вегетативно-генеративни) у којима се налазе зачеци стабла са листовима и цветовима (Сл. 108).



Слика 107. Распоред пупољака: а - колатералан; б - серијалан

Код двогодишњих и вишегодишњих биљака, пупољци се развијају током наредног вегетационог периода у односу на период формирања и окарактерисани су као **мирујући пупољци**. У нашем поднебљу, мирујуће пупољке на вишегодишњим зељастим биљкама називамо **пупољци за обнављање** (налазе се испод земље), а код вишегодишњих дрвенастих биљака, **зимски пупољци**. На површини зимских пупољака најчешће се налазе заштитни љуспасти листићи, који штите пупољак од неповољних климатских утицаја. Код неких биљака се формирају **голи пупољци**, тј. зимски пупољци без заштитних листова.



Слика 108. Пупољци: 1 - вегетативни; 2 - мешовити; 3 - цветни

Неке биљке образују пазушне пупољке који се не развијају више година већ остану у фази мировања, то су **успавани пупољци**. При секундарном дебљању стабла њих прекрива кора. Старост успаваних пупољака може достићи и до 100 година (храст, буква), али се под одређеним условима могу и покренути на развиће. У воћарској производњи, у случају јачег орезивања стабла, у повољним условима средине из успаваних пупољака могу масовно настати дуги изданци, тзв. водопије. С обзиром да бујне водопије формирају мали број цветних пупољака, а троше воду и хранљиве материје, потребно их је уклањати резидбом. Нпр. истраживања успаваних пупољака код винове лозе упућују на то да су они неродни или слабо родни, односно већина водопија (јаловака) не формира плодове или уколико их формира, веома су

ситни и неквалитетни. Ипак, треба истаћи да успавани пупољци представљају последњу и врло важну резерву чокота за његову регенерацију. Код неких тропских биљака (какаовац) из успаваних пупољака на стаблу формирају се цветови и ова појава се назива **каулифлорија**.

У нашем подручју, у неповољном периоду године, листопадно дрвеће одбацује листове. На месту опалог листа на стаблу остаје траг који се назива **ЛИСНИ ОЖИЉАК** (Сл. 109). Облик лисног ожиљка и **трагова лисних нерава** (прекинути проводни снопићи који из стабла прелазе у лист) су карактеристика биљне врсте и важан су таксономски карактер у периоду листопада.



Слика 109. Лисни ожиљак

Листови који штите терминални пупољак опадају у пролеће. Када опадну заштитни листићи зимских пупољака остају многобројни лисни ожиљци. Како су интернодије између ових заштитних листића биле врло кратке, опадањем листића остају збијени лисни ожиљци. Лисни ожиљци настали опадањем заштитних листића терминалног пупољка формирају **ПРСТЕНОВЕ ПУПОЉКА**. Бројањем прстенова пупољака, који означавају границе годишњих прираста, може се одредити старост вишегодишњег изданка (Сл. 106).

Пупољци, осим из вегетационе купе, могу да настану и из неког другог дела биљке. Пупољци који се образују из корена, стабла или листа називају се **АДВЕНТИВНИ ПУПОЉЦИ**, а изданци који се из њих развијају су адвентивни изданци. Често, адвентивни пупољци настају од творног ткива након повреде (калус) и на тај начин се постепено затвара рана. Тако, код посечене дрвенасте биљке, из пања се образује већи број нових изданака, из адвентивних пупољака. Често се и на корену формирају адвентивни пупољци. Из њих се формирају адвентивни изданци који се називају **КОРЕНОВИ ИЗДАНЦИ**. Код неких биљака ови изданци се образују након повреде корена (дивљи кестен, леска, платан, јабука), а код других се развијају спонтано (топола, јаблан, глог). Адвентивни пупољци и у калусу и на корену настају ендогено, у унутрашњости органа, па тек касније пробијају периферна ткива и појављују се на површини органа. Образовањем адвентивних пупољака на корену неке коровске биљке се могу врло успешно вегетативно размножавати (код паламиде из дела корена од само 3cm може се развити нова индивидуа). Адвентивни пупољци на лишћу су ређа појава и настају из ћелија трајних ткива (бегонија, неке папрати). Тако код бегоније, једна епидермална ћелија се дедиференцира у меристемску ћелију, која ће се развити у адвентивни пупољак.

СТАБЛО

МОРФОЛОГИЈА СТАБЛА

СТАБЛО (*caulis*) је осовина изданка која повезује и носи све делове биљке. Овај вегетативни орган неограниченог раста, путем гранања знатно увећава површину, образује листове, проводи воду и хранљиве материје до свих органа биљке.

Стабло је на попречном пресеку најчешће кружног облика, а може бити и четвртасто код представника фамилије *Lamiaceae*, троугласто код *Suraceae*, многоугаоно код *Cactaceae*, а неке врсте имају ребрasto или окриљено стабло.

Гранање

Раст стабла, корена, као и других биљних делова, прати њихово гранање. Гранање стабла омогућава повећање површине биљног тела, формирање већег броја листова и њихов равномернији распоред. Овим процесом биљка, одговарајућим распоредом органа у простору, тежи да што оптималније искористи ресурсе спољашње средине за свој раст и развој. Основни типови гранања код виших биљака су: моноподијално, симподијално и лажно дихотомо гранање (Сл. 110).



Слика 110. Типови гранања

МОНОПОДИЈАЛНО ГРАНАЊЕ подразумева непрекидни раст главне осовине активношћу темене вегетационе купе. Ова моћно развијена главна осовина је јединствена грана првог реда, тзв. **моноподијум**. Из бочних пупољака се развијају слабије развијене бочне гране другог реда, које врхом расту, а на њима бочне гране трећег реда итд. Овај тип гранања присутан је код бројних зељастих и неких дрвенастих скривеносеменица, као и код голосеменица (четинари) и раставића.

СИМПОДИЈАЛНО ГРАНАЊЕ настаје када главна осовина прекида са растом, обично савијајући се у страну, а један од бочних пупољака се јаче развија и преузима правац раста главне осовине. Након неког времена и ова грана

другог реда престаје са растом, савија се, а правац раста преузима нова бочна грана итд. У овом случају, главна осовина је сложена тзв. **симподијум**, а резултат је раста изданака различитих редова (првог, другог, трећег до n-тог реда). Симодијално се гранају липа, леска, бреза, љутић итд.

Лажно дихотомо гранање (псеудодихотомо) само подсећа на дихотомо гранање. Типично дихотомо гранање присутно је код алги, неких маховина и папрати када се темена ћелија или вегетациона купа уздужно подели на две вегетационе купе, затим се ове две поново деле на две једнаке итд. За разлику од овог, лажно дихотомо гранање настаје престанком раста темене вегетационе купе изданка или њеним преобраћањем у пупољак цвета или цвасти. Испод овог места, развијају се и раст настављају две бочне вегетационе купе, образујући две гране, другог реда гранања итд. Овај тип гранања заступљен је код имеле, јоргована, магнолије, дивљег кестена и других.

Класификација биљака у односу на чврстоћу стабла

Према чврстоћи стабла, тј. према заступљености механичког, проводног и паренхимског ткива биљке се деле на дрвенасте и зељасте.

ДРВЕНАСТЕ БИЉКЕ имају чврсто стабло знатне висине и дебљине и у њиховој грађи велика је заступљеност проводног ткива, а некада и механичког. У зависности од начина гранања деле се на: дрвеће, жбунове и полужбунове.

ДРВЕЋЕ има моћно развијено главно стабло, а гранање почиње на одређеној висини од површине. Постоје два типа дрвенастих биљака: тип палми и тип лишћара и четинара. Код **типа палми** главно стабло се не грана и секундарно не дебља, а на врху се налазе крупни листови. Стабло **типа лишћара и четинара** је гранато и секундарно дебља и крошња је сваке године све масивнија.

Жбунови су дрвенасте биљке чије се стабло грана непосредно изнад површине земљишта, висине 2-4 метра. У жбунове спадају ружа (*Rosa* sp.), рибизла (*Ribes* sp.), огрозд (*Grossularia* sp.) и др.

Полужбунови се одликују краћим вишегодишњим изданцима прекривеним перидермисом у доњем делу биљке и дужим једногодишњим изданцима, прекривеним епидермисом, у горњем делу који у јесен пропадају. Полужбунови су: божур (*Paeonia* sp.), боровница (*Vaccinium* sp.), кантарион (*Hypericum* sp.) и др.

ЗЕЉАСТЕ БИЉКЕ имају неодрвенела стабла у којима су паренхимска ткива добро развијена, а механичка ткива знатно мање заступљена. Надземни органи зељастих биљака често изумиру на крају вегетационог периода. Зељасте биљке се деле на: једногодишње, двогодишње и вишегодишње биљке.

ЈЕДНОГОДИШЊЕ БИЉКЕ животни циклус (од семена до семена) завршавају у току једног вегетационог периода. Једногодишње зељасте биљке су многе гајене биљке (жита, сунцокрет, пасуљ, соја, лан итд.) и коровске биљке (пепељуга - *Chenopodium album*, штир - *Amaranthus retroflexi*, кукољ - *Agrostemma githago* итд.). Једногодишњим биљкама припадају и оне чији животни циклус траје веома кратко, свега неколико недеља, понекад и краће - то су **ефемере** (Сл. 111). Ефемере су честе у степама, пустињама и полупустињама и њихов животни циклус траје током кишног периода. И у агроекосистемима велики број коровских врста се може окарактерисати као ефемере јер имају способност да за кратак временски период заокруже животни циклус (од семена до семена). Код нас су честе ефемерне коровске врсте: костриш (*Senecio vernalis*), честославица (*Veronica hederifolia*), мртва коприва (*Lamium amplexicaule*), шушуљак (*Gypsophila muralis*), родин кљун (*Erodium cicutarium*) и др.



Слика 111. Ефемере: а – мртва коприва (*Lamium amplexicaule*); б - честославица (*Veronica hederifolia*); в – *Erodium cicutarium* (родин кљун)

ДВОГОДИШЊЕ БИЉКЕ развијају се током два вегетациона периода. Током првог вегетационог периода оне формирају лисну розету и подземне органе за преживљавање у којима су резервисане хранљиве материје. Тек током другог вегетационог периода биљке (у другој години) цветају и плоносе. Двогодишње зељасте биљке су: шећерна репа (*Beta vulgaris* var. *altissima*), сточна репа (*Beta vulgaris* ssp. *rapa*), цвекла (*Beta vulgaris* ssp. *esculenta*), шаргарепа (*Daucus carota*), целер (*Apium graveolens*), першун (*Petroselinum crispum*), паштрнак (*Pastinaca sativa*), купус (*Brassica oleracea*). Коровске двогодишње биљке су: стричак (*Carduus acanthoides*), кукута (*Conium maculatum*), лисичина (*Echium vulgare*), вија (*Medicago lupulina*) итд.

ВИШЕГОДИШЊЕ БИЉКЕ (перене) развијају се током више вегетационих периода. Њихови зељастии надземни изданци најчешће изумиру сваке године, а на дуговечним подземним изданцима (луковице, ризоми, кртоле) или на коренима, налазе се добро заштићени пупољци. Из ових пупољака се сваке године формирају надземни једногодишњи изданци који цветају и плоносе. Перене су: лукови (*Allium* sp.), попонац (*Convolvulus arvensis*),

зубача (*Cynodon dactylon*), паламида (*Cirsium arvense*), дивљи сирак (*Sorghum halepense*), пиревина (*Agropyrum repens*), маслачак (*Taraxacum officinale*) итд.

Дужина живота биљака и висина стабла се веома разликују. У нашем подручју веома дуговечни су храст и питоми кестен (преко 2000 година), смрча (1200), бела топола (500), буква (300). *Dracaena draco* са Канарских острва старости је око 6000 година, а афрички баобаб (*Adansonia digitata*) 5000 година. Са друге стране, животни циклус ефемера завршава се за свега неколико недеља или, код пустињских ефемера, за свега неколико дана.

Висина стабла такође веома варира. Код дрвенастих биљака висина може бити знатна, па је тако код *Eucalyptus amygdalina* око 155 m, *Sequoia gigantea* 142 m, јеле 75 m, платана 30 m. Насупрот њима, неке биљке имају стабло дужине од свега неколико милиметара: водени гриз (*Wolffia arrhiza*) око 1-1,5 mm, мала сочивица (*Lemna minor*) око 6 mm.

АНАТОМСКА ГРАЂА СТАБЛА

Према типу грађе, стабла се деле на стабла са примарном и секундарном грађом. **Примарна грађа стабла** настаје као резултат деобе ћелија примарног меристема вегетационе купе изданка и сва настала ткива су примарног порекла. Примарну грађу стабла имају све биљке. Код већине монокотила и неких зељастих дикотила примарна грађа стабла задржава се током целог живота биљке. Биљке које секундарно дебљају, вишегодишње дрвенасте биљке, имају примарну грађу пре образовања камбијалног прстена и до почетка секундарног дебљања. Када се образује континуирани камбијални прстен, његовом активношћу настају секундарна ткива, тада говоримо о **секундарној грађи стабла**, која настаје као резултат активности два бочна меристема, камбијума и фелогена. Секундарна ткива стабла умећу се између ткива примарног порекла.

Примарна анатомска грађа стабла дикотила

Површину младог стабла дикотиледоне биљке прекрива примарно кожно ткиво, **ЕПИДЕРМИС**, кога најчешће гради један слој ћелија без интерцелулара, издужених у правцу раста стабла (Сл. 112). Спољашњи зидови епидермалних ћелија су прекривени тањим или дебљим слојем кутикуле, а бочни зидови су благо таласасти што доприноси компактности и заштитној функцији епидермиса. Присутне су и малобројне стоме.

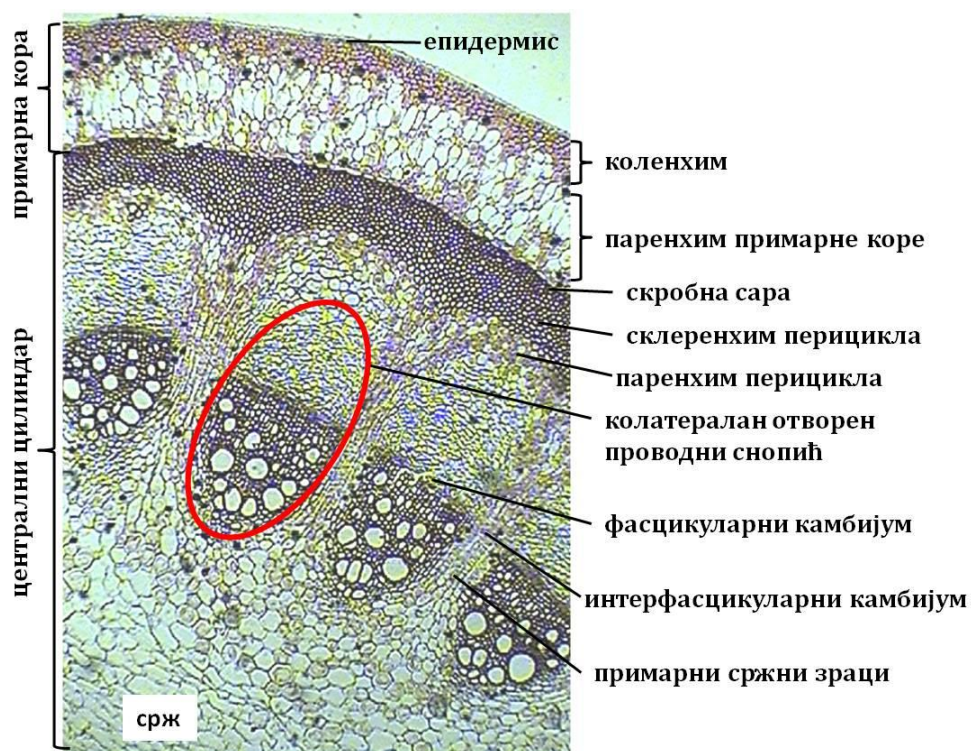
Испод епидермиса, налази се **ПРИМАРНА КОРА** у форми цилиндра. Код великог броја биљака примарну кору чине: механичка ткива, паренхим и скробна сара.

Механичка ткива, најчешће коленхим, ређе ликина влакна, налазе се у периферним деловима примарне коре. **Коленхим** може бити распоређен у угловима стабла (Lamiaceae), у ребрима (Ariaceae) или у виду прстена (Solanaceae).

ОРГАНОГРАФИЈА

Испод коленхима се налазе живе, паренхимске ћелије између којих се налазе интерцелулари, распоређене у више слојева, чинећи **паренхим примарне коре**. У паренхиму коре често су присутни хлоропласти.

Последњи слој примарне коре је **ендодермис** кога чине ћелије испуњене скробним зрнима – **скробна сара**. Ова ситна скробна зрна гради штедни скроб, чија физиолошка улога није у потпуности објашњена. У стаблу многих дрвенастих биљака скробна сара одсуствује.



Слика 112. Примарна анатомска грађа стабла дикотила
(вучја јабука - *Aristolochia clematitis*)

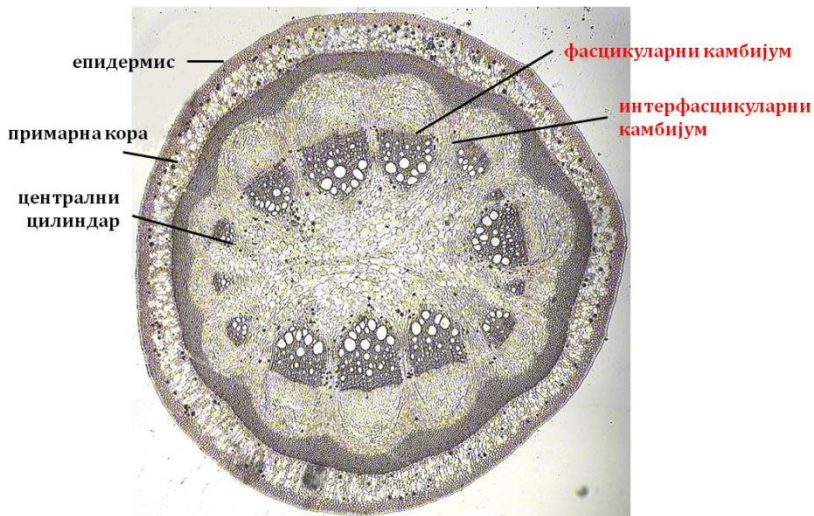
ЦЕНТРАЛНИ (ПРОВОДНИ, ВАСКУЛАРНИ) ЦИЛИНДАР налази се у средишту стабла. Састоји се од перицикла, проводних снопића и од сржи.

Перицикл обухвата ткива између скробне саре и проводних ткива. Он је вишеслојан и може бити грађен на више начина. Код вучје јабуке (*Aristolochia clematitis*) је грађен од вишеслојног механичког ткива склеренхима и вишеслојног паренхима, у виду континуираног цилиндра који се простире до проводних снопића. У стаблу сунцокрета (*Helianthus annuus*) се у перициклу наизменично смеђују групе склеренхима и паренхима, а у стаблу љутића (*Ranunculus*), перицикл је грађен само од паренхимских ћелија.

Испод перицикла, следи део стабла у коме се налазе проводна ткива и њихов распоред може бити различит, те постоји тип стабла са проводним снопићима и тип стабла без проводних снопића. Код **ТИПА СТАБЛА СА ПРОВОДНИМ СНОПИЋИМА, ОТВОРЕНИ КОЛАТЕРАЛНИ ПРОВОДНИ СНОПИЋИ** су

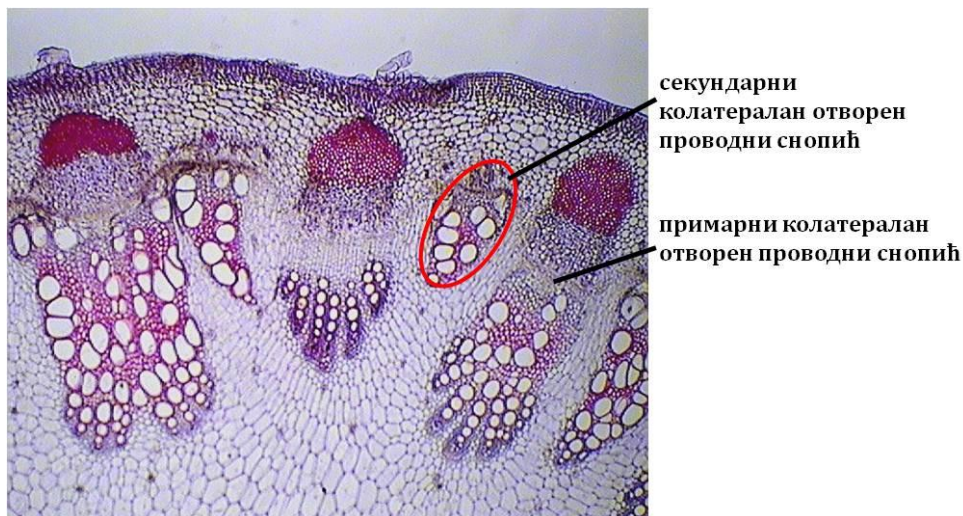
ОРГАНОГРАФИЈА

правилно распоређени у кругу, што је условљено положајем прокамбијалних врпци (Сл. 112, 113). У проводном снопићу, елементи флоема су оријентисани према периферији стабла, елементи ксилема према сржи, а између ових елемената налази се фасцикуларни камбијум, примарног порекла. Између проводних снопића налазе се паренхимске ћелије издужене у радијалном правцу, које чине примарне сржне зраке. Примарни сржни зраци ка спољашности стабла досежу до перицикла, а ка унутрашњости до сржи. Од паренхимских ћелија сржних зрака које се налазе у нивоу фасцикуларног камбијума, процесом дедиференцијације, настаће интерфасцикуларни камбијум који је секундарног порекла и који са фасцикуларним камбијумом формира континуиран камбијални прстен (Сл. 113). Дакле, код овог типа стабла настанак камбијума је специфичан, камбијални прстен је двојног порекла, јер је део настао од фасцикуларног камбијума примарног, а део настао од интерфасцикуларног камбијума, секундарног порекла.



Слика 113. Положај камбијума у стаблу дикотила
(вучја јабука - *Aristolochia clematitis*)

Важно је напоменути, да се активношћу интерфасцикуларног камбијума образују хистолошки елементи секундарног порекла, па у овој фази развоја стабла дикотила, можемо констатовати примарну грађу са мањим учешћем елемената секундарног порекла. Тако у стаблу сунцокрета (*Helianthus annuus*), између крупнијих примарних колатерално отворених проводних снопића, настају мањи проводни снопићи секундарног карактера, настали радом интерфасцикуларног камбијума, у простору ширих сржних зрака (Сл. 114).



Слика 114. Анатомска грађа стабла сунцокрета (*Helianthus annuus*)

У стаблима примарне грађе, код неких дикотила (*Cucurbitaceae*, *Solanaceae*), формирају се биколатерални проводни снопићи.

Проводни снопићи стабла су, у погледу грађе и функционисања, повезани са проводним снопићима листа. Већина проводних снопића стабла продужава се у листове и обрнуто, те су они окарактерисани као заједнички снопићи. Постоје и проводни снопићи стабла који се налазе само у стаблу и не прелазе у листове.

У центру стабла налази се **срж** грађена од паренхимских ћелија чија је функција резервисање различитих материја (скроб, масти и др.). Код многих зељастих биљака, долази до раскидања ћелија сржи, те настаје шупљина у стаблу.

Код **ТИПА СТАБЛА БЕЗ ПРОВОДНИХ СНОПИЋА** већ у почетку се формира континуирани прстен прокамбијума. Прокамбијум ће ка унутрашњости стабла стварати елементе примарног ксилема, а ка спољашњости, нешто слабије развијене, елементе примарног флоема. Од овог прокамбијалног прстена настаће камбијални прстен.

Примарна анатомска грађа стабла монокотила

Анатомска грађа стабла монокотила приказана је на примеру кукуруза (*Zea mays*) из фамилије трава (*Poaceae*), која је у различитим варијантама заступљена и код представника фамилија оштрица (*Surgraceae*), љиљана (*Liliaceae*) и др. Грађу стабла кукуруза образују: примарно кожно ткиво, примарна кора и централни цилиндар (Сл. 115).

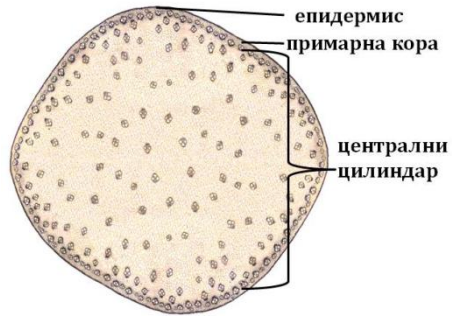
ЕПИДЕРМИС, примарно кожно ткиво, грађен је из једног слоја ћелија које су прекривене кутикулом (Сл. 116). На епидермису су присутне стоме и појединачне длаке.

ОРГАНОГРАФИЈА

ПРИМАРНУ КОРУ младих стабала монокотила чине паренхимске ћелије испуњене хлоропластима. Касније, ћелијски зидови паренхимских ћелија испод епидермиса задебљавају и диференцирају се у склеренхим. Примарна кора, грађена само из нешто **склеренхима** и **паренхима**, слабо је развијена, а због одсуства ендодермиса, нема јасног прелаза између коре и централног цилиндра.

У **ЦЕНТРАЛНОМ (ПРОВОДНОМ)**

ЦИЛИНДРУ одсуствује перицикл, те се границом са примарном кором сматра врх најпериферније постављених **колатералних затворених проводних снопића**. Проводни снопићи су многобројни и на попречном пресеку изгледају без реда разбациани. Ка периферији су гушћи и ситнији, ка унутрашњости ређи и крупнији. Због специфичног распореда проводних снопића, између паренхимских ћелија не разликујемо срж ни сржне зраке у стаблу кукуруза.



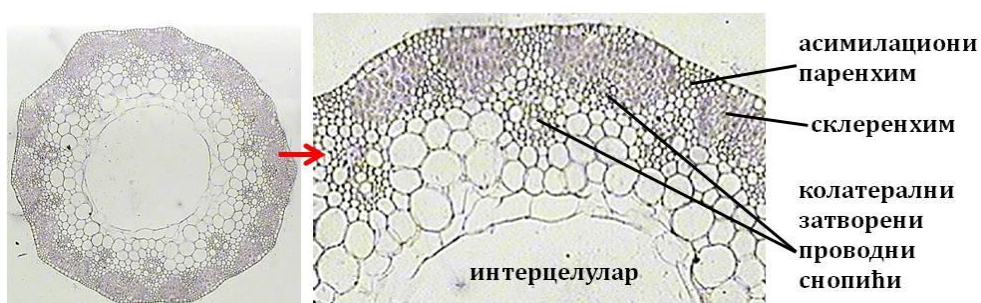
Слика 115. Примарна анатомска грађа стабла монокотила (кукуруз - *Zea mays*)



Слика 116. Примарна анатомска грађа стабла монокотила (кукуруз - *Zea mays*)

ОРГАНОГРАФИЈА

Код великог броја трава грађа стабла се разликује у односу на кукуруз, а ова грађа приказана је на примеру стабла пшенице (Сл. 117). На површини стабла пшенице налази се једнослојни **ЕПИДЕРМИС**, чије су ћелије табличасте, чврсто збијене, са веома добро развијеном кутикулом на спољашњем ћелијском зиду. У епидермису су присутне и стоме које се налазе изнад асимилационог паренхима. Испод епидермиса налази се **ПРИМАРНА КОРА** коју чине групе шестоугаоних, чврсто збијених **склеренхимских ћелија**, између којих су паренхимске ћелије богате хлоропластима (**асимилациони паренхим стабла**). Паренхимске ћелије у периферним деловима стабла су ситне, а ка центру стабла све крупније, тањих ћелијских зидова. Интерцелулари између паренхимских ћелија такође постају крупнији ка центру стабла. **Колатерални затворени проводни снопићи** распоређени су у два круга. Спољашњи круг снопића налази се у примарној кори и чине га ситнији проводни снопићи. Унутрашњи круг снопића налази се у паренхиму стабла и чине га крупнији проводни снопићи. У централном делу стабла налази се велика шупљина, рексигени интерцелулар настао раскидањем ћелија сржи (стабло је шупље).



Слика 117. Грађа стабла пшенице (*Triticum* sp.)

Секундарна грађа стабла

Типично секундарно дебљање стабла присутно је код голосеменица и дрвенастих дикотила и настаје активношћу бочних меристема – камбијума и фелогена. На попречном пресеку стабла, камбијум је у виду прстена, а његов настанак је специфичан код различитих категорија биљака.

Тако, код биљака које имају **ТИП СТАБЛА БЕЗ ПРОВОДНИХ СНОПИЋА**, континуиран **камбијални прстен настаје директно од прокамбијума**. Од прокамбијалне зоне, коју чине неправилно распоређене ћелије у више слојева, диференцираће се примарни флоем и примарни ксилем. Од почетка формирања примарног флоема ка површини, камбијума, и примарног ксилема ка унутрашњости стабла, ови слојеви имају облик континуираних цилиндара, тј. прстенова.

У другом случају (описано у оквиру примарне анатомске грађе стабла дикотила) прокамбијум се зачиње у виду изолованих врпци које се диференцирају у отворене колатералне проводне снопиће у којима се

ОРГАНОГРАФИЈА

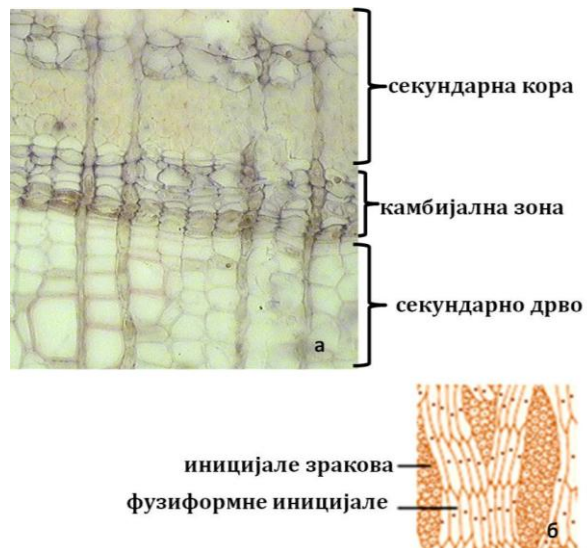
задржава фасцикуларни камбијум. Камбијални прстен настаје спајањем фасцикуларног (примарног) и интерфасцикуларног (секундарног) камбијума. Камбијум на овај начин настаје у стаблу сунцокрета, павити, вучје јабуке итд.

На попречном пресеку, камбијалне ћелије су правоугаоног облика. Деобом камбијалне ћелије у тангенцијалном правцу, тј, у равни паралелној површини стабла, једна ћелија остаје камбијална, а друга, после једне или више деоба, диференцира се у елементе секундарне коре (секундарни флоем) или секундарног дрвета (секундарни ксилем) – сл. 118а. Ћелије **КАМБИЈУМА**, облика издужене четворостране призме, са зашиљеним крајевима - фузиформне иницијале, образоваће проводне и механичке елементе секундарних проводних ткива (секундарног дрвета и секундарне коре). Од иницијала зракова образоваће се паренхимске ћелије дрвених и кориних зракова. Ћелије камбијума деле се и попречно, радијално, при чему настају нове камбијалне ћелије, те на тај начин камбијум прати раст стабла по обиму. Одвајање ћелија према дрвету је чешће и просечно, на једну одвојену ћелију ка кори, одвоје се две до четири ћелије ка дрвету. Овај млади прираштај ћелија које се још нису диференцирале, заједно са камбијумом, заузима шири појас и чине тзв. **камбијалну зону** (Сл. 118).

Камбијум је активан током целог живота биљке, али је његов рад периодичан. На подручјима у којима се смењују зима и лето, камбијум почиње интензивно да се дели у

пролеће када се стварају елементи ширег лумена са тањим ћелијским зидовима. Већ током лета, активност камбијума се смањује и стварају се елементи дрвета све мањег лумена и дебљих зидова. У касну јесен, са наступањем неповољнијих временских услова, камбијум престаје да се дели („мирује“), све до следећег пролећа. Уколико, због врло оштре зиме или других екстремних услова, нежне меристемске ћелије камбијума изумру, стабло више не дебља и на том месту почиње да се суши.

И на површини стабла које секундарно дебља дешавају се промене које се односе на формирање секундарног кожног ткива **ПЕРИДЕРМИСА** (Сл. 119). Перидермис настаје радом секундарног бочног меристема фелогена, пре



Слика 118. Камбијум: а - камбијална зона, попречни пресек (липа – *Tilia* sp.); б - камбијум, уздужни пресек

него што дође до раскидања епидермиса, који пуца услед деблања стабла. Активношћу фелогена, према периферији стабла образују се ћелије плуте, распоређене у радијалне низове, а како су без интерцелулара и прожете плутом, одлична су заштита вишегодишњим стаблима. Фелоген врло често ка унутрашњости образује слој живих ћелија - фелодерм, који често садржи хлоропласте па су стабла зелена и поред формираних плутиних ћелија. Код малог броја дрвенастих биљака перидермис се трајно задржава, а код већине га замењује још моћније секундарно кожно ткиво - **мртва кора**.

Испод секундарног кожног ткива налазе се **остаци примарне коре**. Овај остатак примарне грађе стабла, чине периферно постављене коленхимске ћелије. Његов средишњи део чине паренхимске ћелије између којих се често налазе и појединачне ћелије испуњене кристалима калцијум оксалата. Само код неких дрвенастих биљака, као последњи слој примарне коре, формира се скробна сара - ендодерм, слој ћелија испуњен штедним скробом.

Следи затим врло уска и нејасна зона мртвих примарних трајних ткива перицикла (цилиндар наизменичних трака склеренхима и паренхима) и примарног флоема.

СЕКУНДАРНА КОРА (СЕКУНДАРНИ ФЛОЕМ) се састоји од хистолошких елемената постављених вертикално дуж стабла и радијално. Вертикално оријентисани елементи су ситасте цеви, ћелије пратилице, ликина влакна и паренхим флоема (ликин паренхим). Ситасте цеви, ћелије пратилице и паренхим флоема, граде светлије траке, које се наизменично смењују са тракама ликиних влакана. На попречном пресеку, услед периодичности у раду камбијума, уочљиви су слабо изражени годови (годишњи прираштаји). У годовима се смењују делови са крупнијим елементима настали током почетка вегетационог периода и слојеви са ситнијим елементима, настали при крају вегетације. Нејасно уочљиви и слабо изражени годови у секундарној кори, последица су деформисања флоемских елемената на периферији и њиховим улажењем у састав мртве коре.

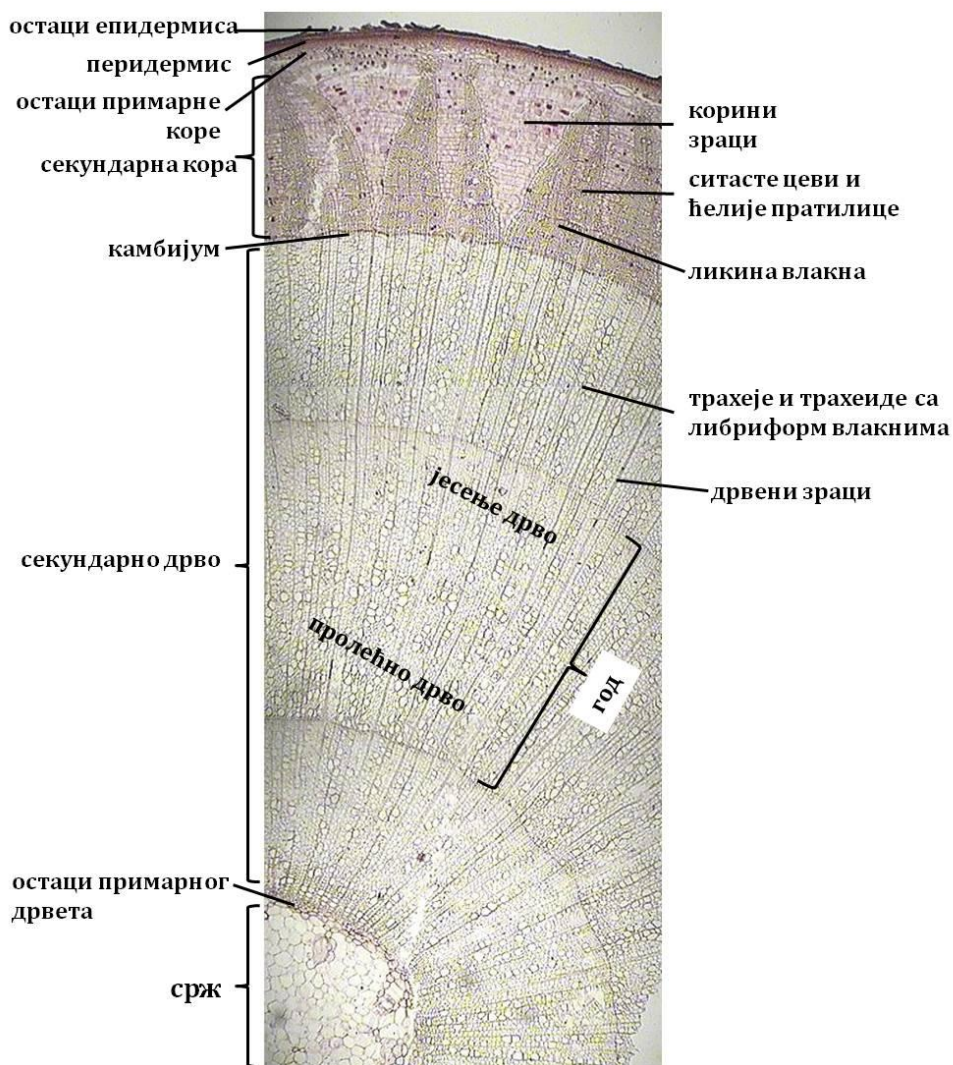
Између ових слојева трапезастог облика налазе се радијално постављене паренхимске ћелије које формирају корине (флоемске, сржне) зраке. Корини зраци су наставак зракова из дрвета (ксилема) и заједно чине **радијалне сржне зраке** који имају значајну функцију у транспорту органских материја, а њихови интерцелулари путеве за размену гасова између ткива стабла и спољашње средине. Корин део зрака се шири ка периферији стабла због интензивног деблања стабла.

Између елемената секундарне коре (секундарног флоема) и секундарног дрвета (секундарног ксилема) налази се **КАМБИЈУМ** (описан на почетку секундарне грађе стабла).

СЕКУНДАРНО ДРВО (СЕКУНДАРНИ КСИЛЕМ) граде трахеје, трахеиде, дрвени паренхим, дрвени зраци (сржни зраци) и дрвена влакна (либриформ). Ови елементи чине јасно изражене годове код биљака које расту на стаништима поднебља где постоји смена годишњих доба. У пролећном дрвету (формираном током пролећа и лета) доминирају трахеје врло широког лумена и тањих зидова и други наведени елементи, крупнијег лумена. Јесење дрво (формирано крајем лета и током јесени) чине ситнији елементи

ОРГАНОГРАФИЈА

секундарног ксилема, дебљих зидова. Пролећно и јесење дрво заједно чине **год** или **годишњи прираст дрвета**.



Слика 119. Секундарна грађа стабла дикотила (липа - *Tilia* sp.)

Бројањем година може се одредити старост стабла. Разликују се млађи годови (бакуља, белика) светле, беличасто-жуте боје, који врше провођење материја и старији годови (једрац), чвршћи и тамнији, који су изгубили способност провођења. Дрвени паренхим прати проводне судове ксилема, а чине га живе ћелије погодне за магационирање и транспорт органских материја.

Дрвени зраци које чине такође живе ћелије, имају радијалан правац пружања и заједно са кориним зрацима, као што је напред наведено, представљају

путеве транспорта растворених органских материја, а интерцелулари за размену гасова.

Механичко ткиво секундарног дрвета чине либриформ (дрвена влакна) чије су прозенхимске ћелије тесно међусобно спојене.

ОСТАЦИ ПРИМАРНОГ ДРВЕТА (ПРИМАРНИ КСИЛЕМ) се задржавају само као уска зона грађена од мртвих трахеја и трахеида, које су изгубиле функцију провођења.

СРЖ чине паренхимске ћелије. Ка периферији паренхимске ћелије су ситније и испуњене кристалима калцијум оксалата, скробним зрнима, а ближе центру су крупније, често мртве и испуњене ваздухом.

При секундарном дебљању стабла одвијају се и неке накнадне промене и процеси који утичу на грађу и функцију стабла. Тако, након неког времена у трахеје урастају израштаји суседних паренхимских ћелија – тиле, које испуне лумен ових судова, те престаје њихова проводна функција. Код неких биљака, које не образују тиле, у проводним елементима ксилема проводна функција престаје услед нагомилавања минералних и органских материја (вишња, бреза).

Секундарне промене присутне су и у старијим деловима секундарне коре. И проводна функција ситастих цеви, елемената флоема, се после неког времена губи, таложењем калозе, безбојног нерастворљивог полисахарида. Наиме, дебеле наслаге калозе затварају перфорације на ситастим плочама, те се ситасте цеви спљоште под притиском околних ткива и постепено нестају.

Такође, и на периферији стабла долази до потпуног нестанка епидермиса и формирања секундарног кожног ткива перидермиса или мртве коре.

Дебљање стабла код многих дикотиледоних врста и четинара одступа од типичног. Узрок **атипског дебљања** је најчешће камбијум, који неравномерно ствара секундарно дрво и секундарну кору, те у једној зони продукује више елемената секундарног дрвета, а у другој зони обрнуто. У другом случају образује се више камбијалних прстенова, неки се налазе ближе периферији, а други ближе центру стабла. Резултат рада више камбијума у стаблу, који су знатно удаљени, је постојање више дрвених маса. Најсложеније атипско дебљање је код лијана тропских предела код којих се дрвени део разложи на више одељака који су међусобно спојени паренхимским ткивом. Ова грађа омогућава еластичност, савитљивост и чврстину неопходну лијанама.

Секундарно дебљање стабла присутно је и код малог броја монокотила (врсте родова *Aloë*, *Agave*, *Dracaena*, *Jucca*), али је у основи овог дебљања други процес. Код представника рода *Dracaena*, из унутрашњег слоја примарне коре, процесом дедиференцијације, образује се секундарни меристем. Радом овог камбијума формирају се секундарна трајна ткива (паренхим према периферији и концентрични проводни снопићи и паренхим према унутрашњости).

ЛИСТ

МОРФОЛОГИЈА ЛИСТА

Лист (*folium*) је вегетативни орган биљке претежно спљоштеног облика, који се развија на нодусу стабла. Настаје из лисних примордија вегетационе купе изданка. За разлику од стабла, које расте неограничено, лист је орган органичног раста. Врх меристема врло брзо престаје са растом, а раст се наставља од базалног меристема све док лист не поприми дефинитиван облик. Величина листова варира, од свега неколико милиметара до више од 20 m код неких палми. **Основна улога листа јесте обављање процеса фотосинтезе и транспирације.**

Категорије листова

Током раста и развића на биљци се формирају следеће категорије листова: котиледони, доњи листови, средњи листови и горњи листови.

Код цветница прво настају **КОТИЛЕДОНИ (КЛИЦИНИ ЛИСТОВИ)** који се образују на клици и након клијања веома кратко се задржавају. Број котиледона код биљака је различит: код монокотила најчешће један, дикотила два, а голосеменица 2-15 котиледона. Код монокотила, котиледон је измењен и делом обавља улогу заштите пупољчића, а другим делом улогу апсорпције хранљивих материја из хранљивог ткива семена. Код дикотила, у котиледонима се већином магационирају хранљиве материје које клица користи током клијања. Код голосеменица котиледони су зелени и дугачки и то су први фотосинтетички органи биљке. С обзиром на то да не настају од вегетационе купе изданка, котиледоне не сматрамо типичним листовима.

ДОЊИ ЛИСТОВИ су љуспасти листови који се налазе на подземним метаморфолама изданка и у нижим деловима стабла (рудиментирани листови ризома, сочни листови луковица у којима су резервисане хранљиве материје и др.), као и рудиментирани листови паразитских биљака. Неки аутори у ову категорију сврставају и котиледоне.

СРЕДЊИ ЛИСТОВИ су типични, асимилациони листови, обично зелене боје, који обављају процес фотосинтезе и транспирације.

ГОРЊИ ЛИСТОВИ су листови који се налазе у региону цветова и цвасти, нпр. брактеје, брактеоле, инволукрум, инволуцелум и спата. У ову категорију, шире посматрано, припадају и могу се сврстати и листови цветног омотача (чашични и крунични листићи), микроспорофили - прашници и макроспорофили - оплодни листићи. Улога горњих листова је да штите цветове и цвасти, привлаче опрашиваче, али врше и фотосинтезу.

Типично развијен средњи лист (асимилациони лист) се састоји из лисне плоче (лиске), лисне дршке и лисне основе (Сл. 120).

ОРГАНОГРАФИЈА

ЛИСНА ОСНОВА је развијена у форми лисног зглоба, рукавца или залистака. Најчешће је лисна основа проширена у виду лисног зглоба којим је лист повезан са нодусом стабла. Лисна основа, код трава и штитара, може да разрасте у **лисни рукавац (сару)** који у потпуности или делимично обухвата интернодију (Сл. 121а). Рукавац је механичка заштита интеркаларном меристему, доприноси чврстоћи стабла и штити стабло од нечистоћа, влаге и др. Код трава на месту преласка рукавца у лиску налази се израштај који доприноси заштити - језичак (*ligula*).



Слика 120. Делови листа

Код неких представника из класе дикотила, ређе монокотила, при лисној основи развијени су **лисни залисци** (Сл. 121б). Залисци штите младе листиће пупољка и многе дрвенасте биљке их одбаце у пролеће при развијању пупољка. Посебно добро су развијени залисци код биљака из фамилије Fabaceae (махунарке), код којих су крупни и преузимају улогу листова, а листови су често метаморфозирани у рашљике.



Слика 121. Лисна основа: а - лисни рукавац; б - залисци

ЛИСНА ДРШКА (petiolus) је дужа или краћа ваљкаста осовина која носи лисну плочу и поставља је у најповољнији положај према светлости. Лист без лисне дршке назива се **седећи лист** (Сл. 122).

ЛИСНА ПЛОЧА, ЛИСКА (lamina) је најважнији део листа и за њу се везују процеси фотосинтезе и транспирације. Лиска може бити различита по симетрији, облику, величини, морфологији обода, врха и основе.



Слика 122. Седећи лист
(горчика – *Sonchus* sp.)

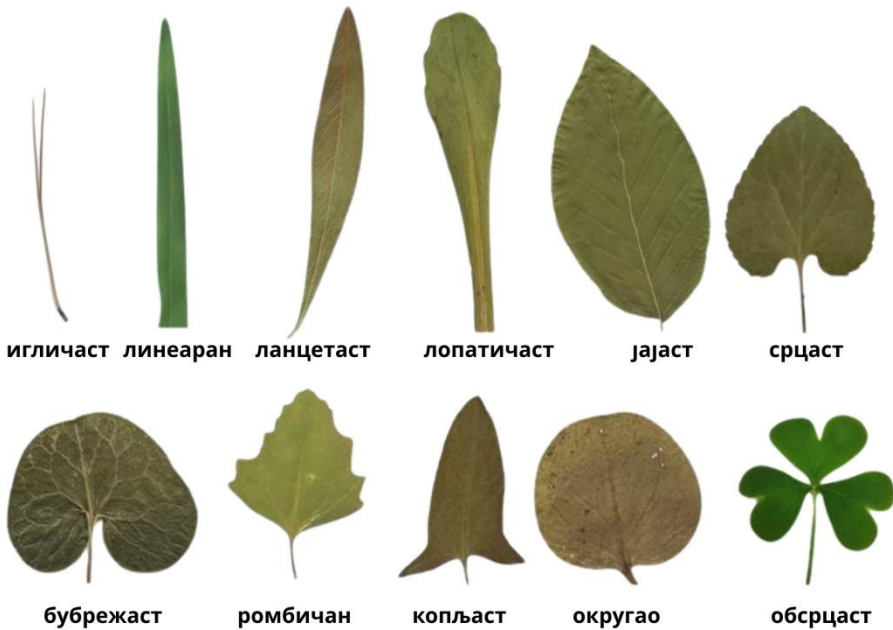
Лиска је најчешће дорзивентралне грађе што је у вези са усвајањем сунчеве светлости и положајем на стаблу. Најчешће постоји разлика између грађе лица листа, које је тамније и наличја листа које је светлије - **бифацијални лист**. Бифацијални листови су најчешће моносиметрични, а могу бити и асиметрични када се, поред лица и наличја, разликује и лева и десна половина лиске (брест). **Еквифацијални листови** су листови код којих се не разликује грађа лица од наличја и оне су моносиметричне (иглица бора). Биљке цилиндричних листова имају **унифацијалне листове**, јер не постоје лице и наличје. Унифацијалне ваљкасте лисне плоче (црни лук, сита) су полисиметричне, а унифацијалне пљоснате лисне плоче су бисиметричне (перуника).

У погледу **СЛОЖЕНОСТИ** листови могу бити прости и сложени. **Прост лист** на лисној дршци има само једну лиску. **Сложен лист** формиран је од већег броја листића (*foliolum*). Сложен лист може бити: трочлано сложен, прстасто сложен и перасто сложен (Сл. 123). Код **трочлано сложеног листа** са истог места полази три листића (јагода, детелина, луцерка, пасуљ итд.). Ако са истог места на листу полазе више листића и оријентисани су по различитим радијусима (као прсти руке), лист је **прстасто сложен** (дивљи кестен). Код **перасто сложеног листа** листићи су са сопственим лисним дршкама причвршћени дуж главне лисне дршке (*rachis*), те личе на перо. Уколико се на врху перасто сложеног листа налази један листић, лист је **непарно перасто сложен** (багрем), а уколико се завршава са два листића он је **парно перасто сложен** (кикирики). Листови могу бити и знатно сложенији, када се на заједничкој лисној дршци налазе бочно распоређени перасто сложени листови, тада је лист **двојно перасто сложен** (код гледичије – *Gledischia* sp.). Ако се на заједничкој лисној дршци налазе бочно распоређени двојно перасто сложени листови, тада је лист **тројно перасто сложен** (код очобајке – *Thalictrum* sp.).

ОБЛИК ЛИСКЕ може бити веома различит: игличаст, линеаран, ланцетаст, елиптичан, јајаст, објајаст (обрнуто јајаст), лопатичаст, ромбичан, срцаст, обсрцаст (обрнуто срцаст), стреласт, копљаст и још много прелазних облика (Сл. 124).



Слика 123. Сложени лист



Слика 124. Облик лиске

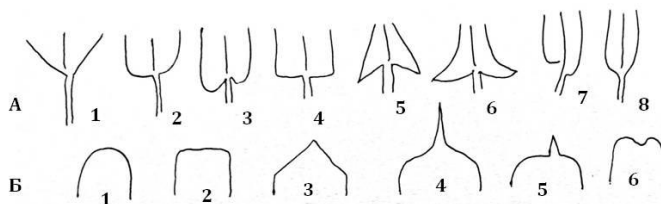
ОРГАНОГРАФИЈА

ОБОД ЛИСТА је рубни део листа, где лице прелази у наличје. Лиска ободом може бити: цела, урезана и дељена (Сл. 125). **Ободом цео** лист нема никакве усеке. **Ободом урезан** лист има усеке који су плитки и не прелазе једну четвртину ширине лиске (тестераст, двојно тестераст, назубљен, тупо назубљен, таласаст и др.). **Дељен** лист има дубље усеке који прелазе четвртину ширине лисне плоче (трочлано, перасто и прстасто дељен).



Слика 125. Обод лиске

Листови се веома разликују и по **облику основе и врха листа** (Сл. 126).



Слика 126. Облици основе и врха лиске: А. Основа лисне плоче: 1. клинаста; 2. заобљена; 3. срцаста; 4. заравњена; 5. стреласти; 6. копљаста; 7. неједнаких режњева; 8. сужена; Б. Врх лисне плоче: 1. затупљен; 2. усечен; 3. оштар; 4. заострен; 5. трновит; 6. тупо усечен

Код одређених биљака се редовно јављају и неке специфичне појаве везане за листове као што су: хетерофилија, гамофилија и анизофилија.

Иако се ретко јавља, неке биљке на изданку имају листове различитог облика, што се дефинише као **хетерофилија**. Ова појава је честа код водених биљака, од којих су подводни листови кончастни, због боље апсорпције

ОРГАНОГРАФИЈА

светлости, а листови који су изнад површине воде цели (Сл. 127а). Хетерофилија је присутна и код бршљана, код кога се на стерилном – вегетативном изданку налазе трорежњевити листови, а на фертилном изданку који носи цваст, листови целог обода. Ови листови различитог облика формирају лисни мозаик, тј. распоређени су тако да се минимално прекривају. Код дуда су на истој граници цели листови и листови са плићим и дубљим усецима (Сл. 127б).



Слика 127. Хетерофилија: а - водени љутић (*Ranunculus aquatilis*); б - дуд (*Morus alba*)

Појава листова различите величине на изданку назива се **анизофилија** (Сл. 128а). Она може бити генетски условљена или изазвана неким спољашњим утицајима (јавор, дивљи кестен).

Код неких биљака чији су листови распоређени наспрамно (орлови нокти - *Lonicera caprifolium*) може доћи до срастања лисних основа, а ова појава се назива **гамофилија** (Сл. 128б).



Слика 128. Анизофилија: а - дивљи кестен (*Aesculus hypocastanum*); гамофилија: б - орлови нокти (*Lonicera* sp.)

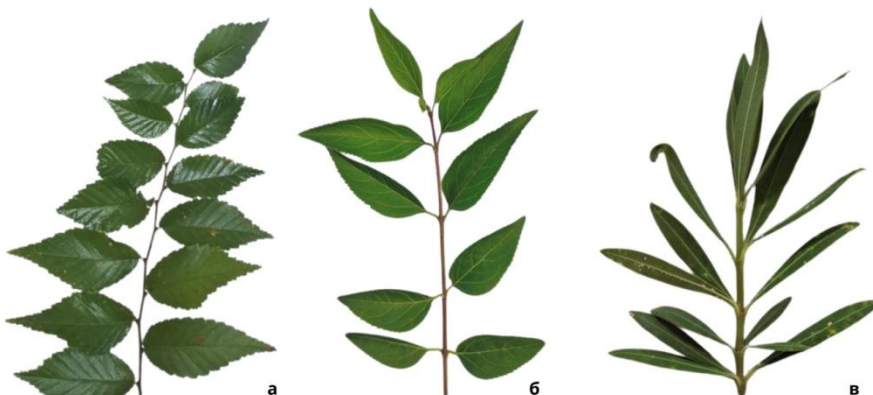
Распоред листова

Распоред листова на стаблу је важан таксономски карактер. Листови на биљци се распоређују по јасно израженој законитости која у основи има што бољи распоред листова за што успешније апсорбовање светлости. Угао дивергенције је угао који заклапају два по постанку узастопна листа на стаблу. Распоред листова на стаблу може бити: наизменичан (спиралан), наспраман и пршљенаст (цикличан) - сл. 129.

НАИЗМЕНИЧАН (СПИРАЛАН) распоред листова је када се на нодусу налази само један лист. Како се наредни лист налази под одређеним углом дивергенције у односу на лист из претходног нодуса, замишљена линија која би повезала листове имала би форму спирале. Угао дивергенције је најчешће 120° или 180° (код трава). Овакав распоред листова је најчешћи.

НАСПРАМАН РАСПОРЕД ЛИСТОВА је када су у нодусу развијена два листа. Овакав распоред листова карактеристичан је за све представнике фамилије уснатица (Lamiaceae).

ПРШЉЕНАСТ (ЦИКЛИЧАН) РАСПОРЕД ЛИСТОВА подразумева присуство три или више листова у нодусу (броћ, прилепача, лијандер).



Слика 129. Распоред листова: а – наизменичан (граб - *Carpinus betulus*); б – наспраман (форзиција - *Forsythia europaea*); в – пршљенаст (лијандер – *Nerium oleander*)

НЕРВАТУРА ЛИСТА је рељефна структура израженија на наличју листа. Чине је сви нерви једног листа и у нервима се налазе проводни снопићи (Сл. 130). Нерви доприносе и чврстини листа, јер се поред проводних елемената у лисним нервима налазе и механичка ткива, што је посебно значајно за биљке нежних листова. Лиске четинара (четине, иглице) имају само један средишњи нерв, па такву нерватуру називамо **ПРОСТА НЕРВАТУРА**. Код монокотила најчешће је присутна **ПАРАЛЕЛНА НЕРВАТУРА** која подразумева нерве који се паралелно простиру кроз издужену лиску. Уколико је главни

ОРГАНОГРАФИЈА

нерв јаче развијен, а бочни нерви лучно савијени и паралелно прате обод лиске, тада је **НЕРВАТУРА ЛУЧНА** (боквица, ђурђевак). Нерватура присутна код већине дикотила и код папрати је **МРЕЖАСТА НЕРВАТУРА**. У овом случају од главних нерава одваја се мноштво бочних нерава који изграђују густу мрежу. Уколико из лисне дршке у лиску улази један главни, најмоћнији нерв на кога се бочно, дуж лиске, надовезују нешто слабији бочни нерви (попут пера) са мноштвом анастомоза, формира се **мрежаста нерватура перастог подтипа** (буква, хрест, јабука, крушка, бресква итд.). У случају да је лиска подељена на режњеве, главни нерв се при основи лиске грана и у сваки режањ одлази по један јачи нерв, са кога се прстасто пружају нови, нешто слабији нерви (као прсти руке), чинећи **мрежасту нерватуру прстастог подтипа**. Код **ДИХОТОМЕ НЕРВАТУРЕ** лисни нерви се дихотомо гранају.



Слика 130. Нерватура листа

Јасно је да се описане карактеристике листа веома разликују код различитих биљних врста. Уз карактеристике осталих органа, особине листа могу да се користе као додатни таксономски карактер приликом детерминације биљака.

АНАТОМСКА ГРАЂА ЛИСТА

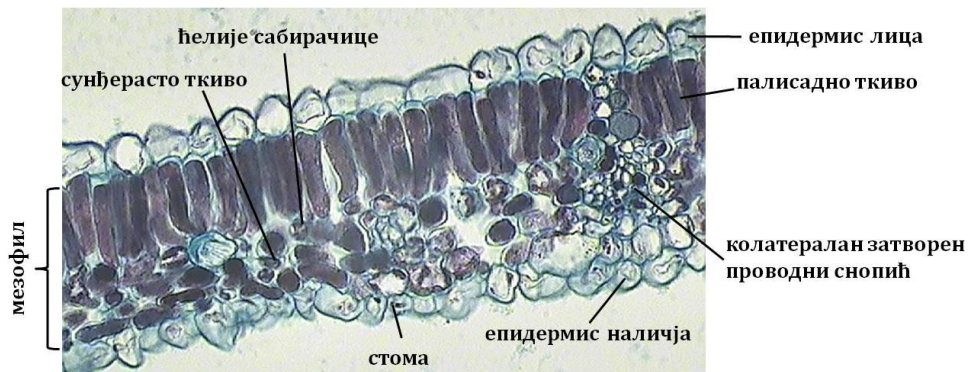
Типичан лист дорзовентралне грађе формирају: епидермис, хлоренхим, проводно ткиво, механичко и секреторно ткиво. Ова ткива су специфично распоређена и граде: епидермис лица, мезофил и епидермис наличја.

Грађа листа дикотила

Типичан лист дикотила дат је на примеру листа винове лозе (*Vitis vinifera*), који се одликује **мезоморфном грађом** (Сл. 131). **ЕПИДЕРМИС**, примарно кожно ткиво, је једнослојно и прекрива лист и са лица и са наличја. Ћелије су табличасте, чврсто збијене, спољашњи зидови су прекривени слојем кутикуле, који је дебљи на лицу листа. Међу ћелијама епидермиса налазе се стоме, преко којих се обавља размена гасова и транспирација. Стоме се, као и

код већине дикотила, налазе на наличју листа, па овакав лист називамо **хипостоматичан**.

Мезофил је средишњи део листа који се налази између епидермиса лица и епидермиса наличја. Највећи део мезофила чини **хлоренхим** (паренхим за фотосинтезу) који је код дикотила **диференциран на палисадно и сунђерасто ткиво**. **Палисадно ткиво**, смештено испод епидермиса лица, чини један слој издужених ћелија, са врло узаним интерцелуларима, које су постављене управно (окомито) на површину листа. Ове ћелије богате су хлоропластима и највећи део фотосинтезе обавља се управо у овим ћелијама. Испод њега, према епидермису наличја, налази се вишеслојно **сунђерасто ткиво**. Први слој сунђерастог ткива чине **ћелије сабирачице** које су левкастог облика и које сакупљају продукте фотосинтезе и транспортују их даље до елемената флоема проводних снопића. Сунђерасто ткиво чине ћелије неправилног облика, најчешће лоптастог, између којих се налазе крупни интерцелулари. У сунђерастом ткиву обично се налази мање хлоропласта него у палисадном ткиву. Осим процеса фотосинтезе, сунђерасто ткиво има и улогу у размени гасова и провођењу, јер су његови добро развијени интерцелулари повезани са стомама и интерцелуларима палисадног ткива. Међу ћелијама сунђерастог ткива могу се уочити и крупне ћелије испуњене кристалима, идиобласти, које се грађом и функцијом разликују од околних ћелија. У мезофилу су присутни и **колатерални затворени проводни снопићи** који се гранају и формирају мрежасту лисну нерватуру. Проводни снопићи окружени су паренхимским ћелијама које формирају сару снопића. Код крупнијих проводних снопића сара се простира до епидермиса лица и епидермиса наличја, служи као резервоар воде и због нешто дебљих ћелијских зидова доприноси и чврстости лиске. Чврстости лиске доприносе и механички елементи у склопу проводних ткива, али и механичка сара која је формирана око крупнијих проводних снопића. Проводни снопићи листа повезани су са проводним снопићима стабла. Елементи ксилема оријентисани су ка лицу листа, а елементи флоема ка наличју.

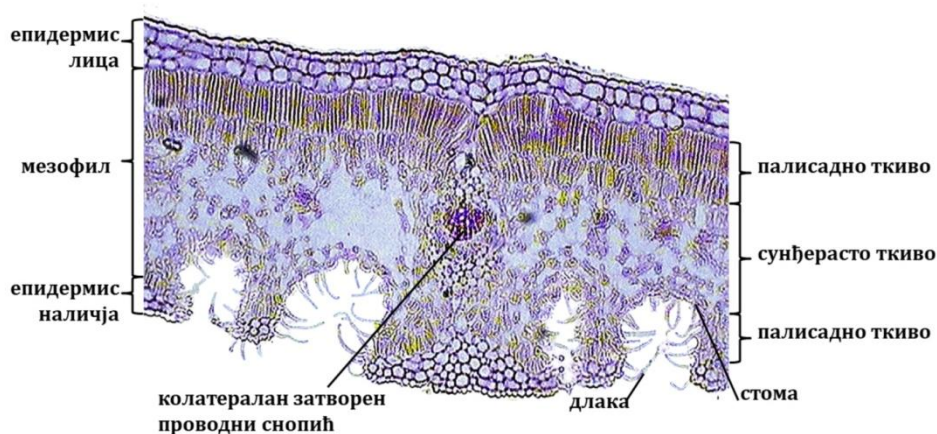


Слика 131. Попречни пресек лиске дикотила (винова лоза - *Vitis vinifera*)

ОРГАНОГРАФИЈА

Специфичну грађу листа имају ксерофите - биљке које живе у сушним условима станишта. Тако је у грађи листа ксерофита присутно низ прилагођености на сушне услове станишта што се означава као **ксероморфна грађа листа** (Сл. 132). Ксероморфна грађа листа дикотила, описана је на примеру листа лијандера (*Nerium oleander*).

Епидермис лица и наличја је вишеслојан (трослојан). Први, спољашњи слој епидермиса прекривен је веома дебелом кутикулом. Наредна два слоја, означена као хиподермис, осим што имају заштитну улогу, служе и као резервоари воде. Стоме присутне на наличју листа (хипостоматичан лист) су ситне и увучене у удубљења – коморице, што додатно смањује одавање воде. У удубљењима је епидермис једнослојан и присутне су и длаке, које такође смањују транспирацију. Палисадно ткиво је добро развијено, вишеслојно и присутно је и са лица и са наличја листа што је карактеристично за биљке које расту на сувим и јако осунчаним стаништима.



Слика 132. Попречни пресек ксероморфне лиске дикотила (лијандер - *Nerium oleander*)

Грађа листа монокотила

Грађа листа монокотила се разликује у односу на дикотиле и приказана је на примеру листа кукуруза (*Zea mays*), који се одликује **мезоморфном грађом** (Сл. 133).

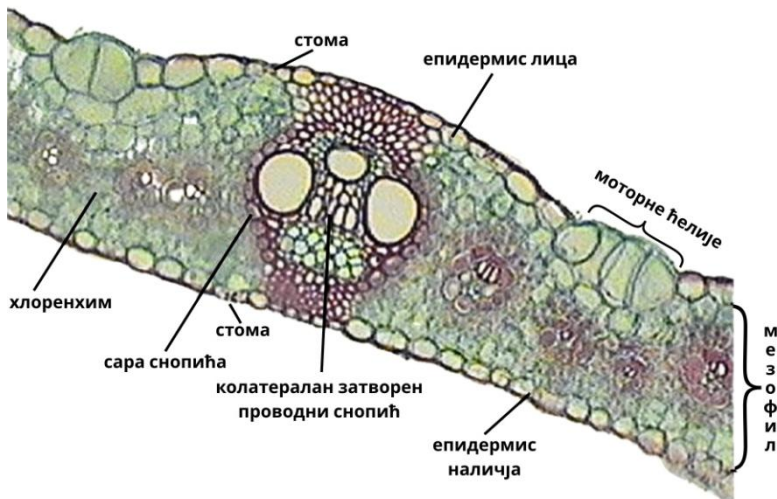
Ћелије **ЕПИДЕРМИСА** су правоугаоне, веома таласастих бочних ћелијских зидова што доприноси компактности кожног ткива. Стоме смештене у уздужним редовима присутне су и на епидермису лица и наличја (**амфистоматичан лист**). Међу ћелијама епидермиса лица налазе се **моторне (мехурасте) ћелије**. Моторне ћелије распоређене су у низовима, у групама од 2-5 ћелија. Ове крупне танкозидне ћелије, при високим температурама, лако губе воду, смежурају се, повлаче лист и увијају га у цев и на тај начин смањују транспирацију. Епидермис је прекривен слојем

ОРГАНОГРАФИЈА

кутикуле, која је нешто дебља на лицу листа. На епидермису могу да се налазе и длаке.

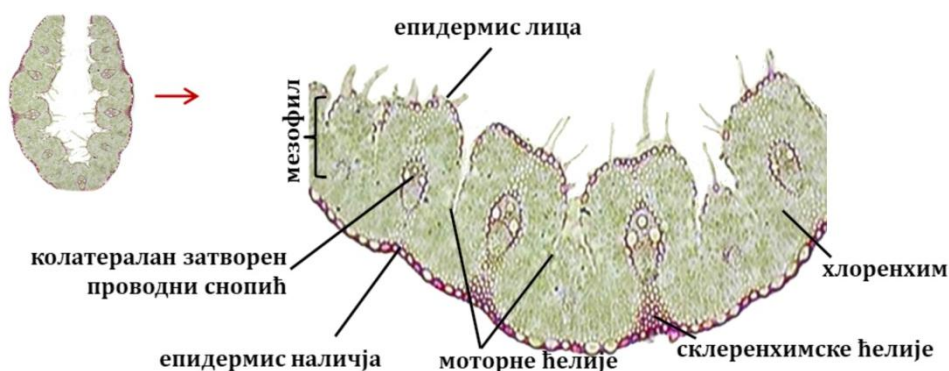
Највећи део **МЕЗОФИЛА**, средишњег дела листа, чини **хлоренхим** који **није диференциран** на палисадно и сунђерасто ткиво, већ га чине округласте ћелије богате хлоропластима. Између ћелија хлоренхима постоје интерцелулари који су у вези са стомама у лицу и наличју лиске. У мезофилу су присутни **коллатерални затворени проводни снопићи** који формирају паралелну нерватуру. Око проводних снопића налази се један слој паренхимских ћелија са скробним зрнима.

У коллатералном затвореном проводном снопићу, у саставу ксилема и флоема, присутна су и механичка ткива. Механичке ћелије груписане су и испод и изнад већих проводних снопића и заједно са моторним ћелијама имају улогу у процесу увијања листа.



Слика 133. Попречни пресек лиске монокотила
(кукуруз - *Zea mays*)

Специфичност **ксероморфне грађе листа монокотила** биће описана на примеру листа ковиља (*Stipa sp.*) - сл. 134. Код монокотила ксероморфне грађе, упечатљиве су адаптације епидермиса лица листа. Тако су код ковиља присутна ребра у чијим се прегибима налазе крупније моторне ћелије које доприносе увртању листа у цев. Транспирацију смањују и стоме које су распоређене на бочним странама ребара, само на лицу листа (**епистоматичан лист**), као и присуство длака на епидермису лица лиске. У мезофилу је веома заступљено механичко ткиво - склеренхим и то у ребрима. У крупнијим ребрима склеренхим се простире од епидермиса лица до епидермиса наличја и повезан је са склеренхимом који се протеже дуж епидермиса наличја.



Слика 134. Попречни пресек ксероморфне лиске монокотила
(ковиље - *Stipa sp.*)

МЕТАМОРФОЗЕ ИЗДАНКА

Изданак, уз основне функције, може да врши и допунске, те тада долази до промене у његовој форми и грађи, а тако измењене изданке називамо **метаморфозирани**. Изданак најчешће метаморфозира услед магационирања хранљивих материја, воде, промењених услова станишта и др. Изданак, осим као типичан надземни фотофилни орган усправног раста, може да егзистира и као геофилни изданак, односно подземни. За разлику од фотофилних изданака који имају нормално формиране листове, листови подземних изданака су љуспасти (тзв. доње лишће). У подземним изданцима се **магационирају хранљиве материје, служе преживљавању неповољног периода године (зима, суша) и за вегетативно размножавање.**

Најважнији **подземни метаморфозирани изданци** су: ризоми, кртоле и луковице.

Ризоми (*rhizoma*) су вишегодишњи подземни изданци **неограниченог раста** (Сл. 135). Њихове ваљкасто задебљале осовине имају интернодије и нодусе са којих полазе ситни, љуспасти листови и адвентивни корени. Код многих врста листови на ризому закржљају и опадају, остављајући лисне ожиљке. Према положају у земљи ризом може бити хоризонталан или усправно растући. Хоризонтални ризоми могу бити веома разгранати, те заузимају велику површину (пиревина, раставић, барска трава и др.). Вертикално постављен ризом имају: боквица, кисељак, јагорчевина и др.

Ризоми могу бити са знатним годишњим прирастом, те су веома дугачки и танки. **Дугачки ризоми**, из пупољака који се налазе у чворовима ризома, формирају надземне изданке и адвентивне корене. Када се ризом пресече или делом иструли, из сваког најмањег дела ризома који има пупољак развиће се нова биљка. Биљке са дугачким ризомима се врло интензивно шире и лако освајају нове просторе, па је њихово сузбијање тешко и

комплексно. На овај начин размножавају се многе траве (Poaceae), ђурђевак (*Convallaria majalis*), нана (*Mentha*) итд.

Биљке са дугачким ризомима користе се као биоарматура на обалама неких водених екосистема за везивање терена, пескова (антиерозивна улога).

Кратки ризоми

који имају мали годишњи прираштај, кратке интернодије и густе чворове, доминатно служе магационирању хране, као и вегетативном размножавању.

Кратке ризоми имају перуника (*iris*), јагорчевина (*Primula*) итд.

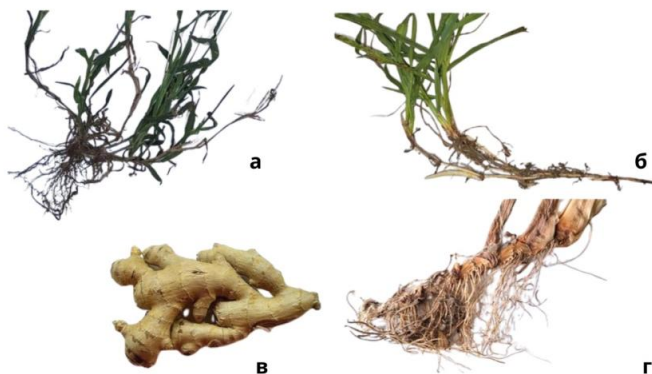
Ризоми могу да се моноподијално и симподијално

гранају. **Моноподијалне ризоми** имају траве и оштрице. Њихова танка подземна стабла расту непрекидно врхом испод земље. На почетку сваког вегетационог периода са овог подземног стабла са доње стране нодуса формирају се адвентивни корени, а са горње стране фотофилни изданци (*iris pseudacorus*, *Oxalis acetosella*). **Симподијални ризоми** (*Acorus calamus*, *Polygonatum*) једно време расту испод земље, затим се у пролеће наредне године врхом исправљају и раст настављају као фотофилни изданци, а раст под земљом наставља један од бочних пупољака. Старији делови ризома изумиру, па се на тај начин ове биљке лако вегетативно размножавају, одвајајући се од матичне биљке.

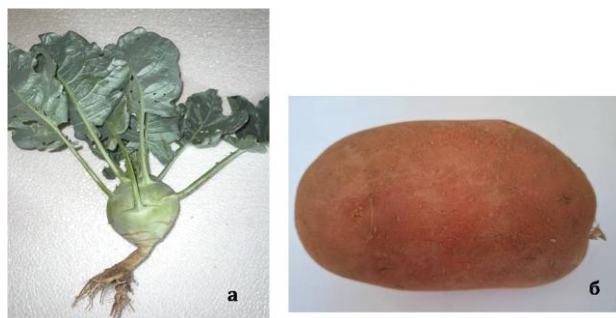
Кртола (*tuber*) је најчешће цилиндрично задебљао, сочан, мање/више ваљкаст метаморфозирани изданак, са веома скраћеним

интернодијама и моћно развијеним паренхимом за резервисање. Кртоле су ограниченог раста и могу бити подземне и надземне (Сл. 136).

Надземне кртоле су



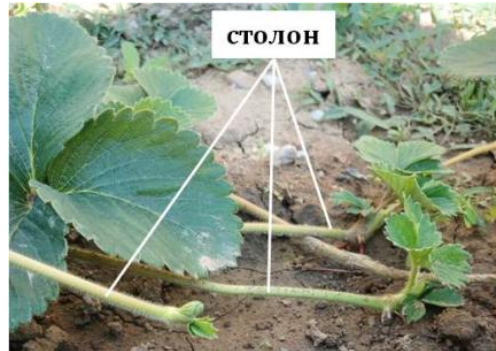
Слика 135. Ризом: а - зубача (*Cynodon dactylon*); б - сирак (*Sorghum halepense*); в - ђумбир (*Zingiber officinale*); г - иђирот (*Acorus calamus*)



Слика 136. Кртоле: а - надземна кртола (келераба - *Brassica oleracea* var. *gongylodes*); б - подземна кртола (кромпир - *Solanum tuberosum*)

локално задебљање главног стабла (келераба) или бочних изданака (епифитске орхидеје) и носе листове. **Подземне кртоле** су задебљања хипокотила (циклама), врхова дугачких **подземних столона** (кромпир) или кратких подземних столона (чичока). За разлику од надземних изданака, листови на подземним изданцима су јако редуковани и рано опадају, а у њиховом пазуху налазе се пупољци – окца.

Столон (*stolo*) је једногодишњи метаморфозирани изданак издужених интернодија са редукованим љуспастим листићима. Осим описаних подземних столона, столони могу бити и надземни. Код јагоде, надземни столони настају у пазуху листова и простиру се по површини земље (Сл. 137). Са сваког другог нодуса формирају се са доње стране адвентивни корени, а са горње стране фотофилни изданци.



Слика 137. Столони (јагода - *Fragaria vesca*)

Луковица (*bulbus*) има веома скраћено стабло на коме се налазе сочни, густо збијени листови и пупољак, а на доњој страни адвентивни корени (Сл. 138). У сочним листовима резервишу се хранљиве материје, а цела луковица прекривена је заштитним сушним листовима. Из пупољка ће се развити



Слика 138. Луковица: а – проста луковица (црни лук - *Allium cepa*); б – сложена луковица (бели лук - *Allium sativum*)

надземни изданак. Код многих биљака (лук, лала), из пупољка који се налази у средини, у пролеће ће се развити надземни изданак, а из бочног, пазушног пупољка се формира нова луковица. Код висибаве и нарциса фотофилни изданак

се формира из пазушног пупољка, а из теменог пупољка настаје нова луковица. Биљке са луковицама честе су код представника класе монокотила (*Liliaceae*, *Alliaceae*, *Amaryllidaceae*). Луковице могу бити и надземне или ређе у пазуху листа и то су **расплодне луковице** (булбиле). Расплодне луковице су метаморфозирани цветни или лисни пупољци који опадају са биљке и служе вегетативном размножавању.

Прелазна форма између кртоле и луковице је **кртоласта луковица** (шафран, гладиола) код које се хранљиве материје резервишу у кртоласто задебљалом подземном стаблу.

Метаморфозирани изданке за резервисање воде често имају биљке које расту на сушним стаништима, у пустињама и полупустињама. Биљке сушних станишта (ксерофите), које имају органе за магационирање воде, окарактерисане су као **СУКУЛЕНТЕ** (*succulentum*).

Сукулентност изданка присутна је код халофите цаклењаче (*Salicornia europaea*) код које се вода резервише и у стаблу и у листовима, те је цео изданак сочан.

Вода може да се резервише у стаблу које постаје волуминозно, ваљкастог облика, фотосинтетички

активно, а листови су редуковани у трнове у циљу смањења

транспирационе површине (Сл. 139). Овако метаморфозирани ваљкасти изданак неограниченог раста, назива се **КЛАДОДИЈА** и присутан је код кактуса (*Opuntia*) и млечика (*Euphorbia*). Уколико је стабло пљоснато због повећања фотосинтетичке површине и ограниченог је раста назива се **ПЛАТИКЛАДИЈА** (свекрвин језик – *Opuntia ficus-indica*).

ФИЛОКЛАДИЈА је метаморфоза бочног изданка, ограниченог раста. Развијена је у пазуху рудиментираног, љуспастог листа. Филокладија има листолику форму, зелена је, нешто чвршћа од листа и фотосинтетички активна (Сл. 140). На њој се образује лист у чијем се пазуху касније формирају цветови и плодови (кострика – *Ruscus*).

Код алоје (*Aloe*), жедњака (*Sedum*), чуваркуће (*Sempervivum*) вода се резервише у листовима, те су они волуминозни и сочни.



Слика 139. Сукулентно стабло: а - кладодија (кактус - *Opuntia*); б - платикладија (свекрвин језик - *Opuntia*)



Слика 140. Филокладија (кострика - *Ruscus*)

ТРН (*spina*) је метаморфозирани бочни изданак који је често присутан код биљака сувих и топлих предела (Сл. 141). Он је развијен у пазуху листа и на њему се могу развити листови. Формирањем трнова смањује се транспирациона површина и обезбеђује заштита од животиња. У експерименталним условима повећане влажности ваздуха неке врсте неће образовати трнове већ типичне изданке.



Слика 141. Трн (гледичија - *Gleditsia* sp.)

РАШЉИКЕ, ВИТИЦЕ (*cirrhus*) су метаморфозирани бочни изданци настали код биљака са витким и дугачким стаблом које не може самостално да стоји усправно. Рашљике омогућавају пењање биљке уз другу биљку или неки чврсти ослонац (винова лоза - *Vitis vinifera*) (Сл. 142).



Слика 142. Рашљике (*Vitis* sp.)

Неке двогодишње биљке резервне материје магационирају у крупним листовима. Тако, мешовити темени пупољак купуса има привремено успорени стадијум развоја формирајући „главицу“. У „главици“ у листовима и у врло скраћеном стаблу кратких интернодија („кочањ“), резервишу се хранљиве материје неопходне за даљи развој биљке, након зимског мировања.

Метаморфоза свих вегетативних органа јавља се код паразитских биљака. Вилина косица (*Cuscuta* sp.) усвајање готових органских материја од биљке домаћина (кромпир, луцерка, детелина и др.) врши

хаусторијама. Стабло вилине косице је етиолирано, бледожуто, кончасто, а листови су редуковани, ситни, љуспасти (Сл. 143). Због недостатка механичких ткива, вилина косица се изданком обавија око биљке домаћина.

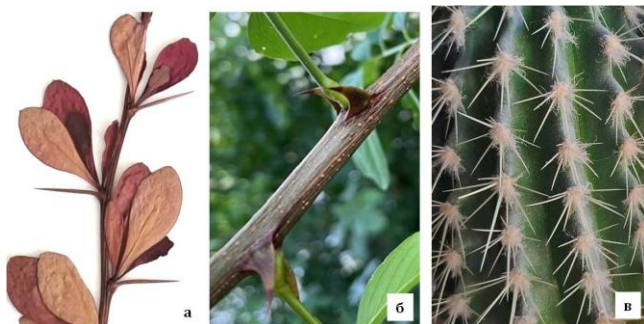


Слика 143. Паразитска биљка (вилина косица - *Cuscuta* sp.) у севу шаргарепе

МЕТАМОРФОЗЕ ЛИСТА

Поред основне функције у процесима фотосинтезе и транспирације, листови код неких биљака обављају и друге функције, при чему се мења њихов облик и грађа.

Код биљака сушних и топлих станишта, лист често метаморфозира у **ТРН** (*spina*) - сл. 144. Ова метаморфоза у великој мери смањује транспирацију и штити биљку од биљоједа. Код неких биљака у трн метаморфозира цео лист (шимширика - *Berberis vulgaris*),



Слика 144. Трн: а - шимширика (*Berberis vulgaris*); б - багрем (*Robinia pseudoacacia*); в - кактус (*Opuntia* sp.)

завршеци лисних нерава (паламида - *Cirsium*; стричак - *Carduus*) или залисци (багрем - *Robinia pseudoacacia*). Као што је већ наведено, и листови стаблових сукулентата преобраћају се у трнове, чиме се рапидно смањује транспирациона и фотосинтетичка површина, па зелено и волуминозно стабло преузима те функције (кактуси, млечике).

РАШЉИКЕ или **ВИТИЦЕ** (*cirrhus*) присутне су код биљака са недовољно механичких елемената. То су кончасте метаморфозе које су осетљиве на додир и обавијају се чврсто око предмета, те одржавају биљку у усправном положају (Сл. 145). Рашљика може да буде метаморфоза целог листа (граор), вршног дела сложеног листа (грашак, грахорица) или лисне дршке (павит).



Слика 145. Рашљика: а - граор (*Lathyrus* sp.); б - грахорица (*Vicia* sp.)

У листовима може да се **магационира вода** или **хранљиве материје**, па они постају волуминозни и меснати (луковица црног лука, чуваркућа, сансеверија) - сл. 146.

ОРГАНОГРАФИЈА



Слика 146. Метаморфозе листа за магационирање хранљивих материја или воде: а - црни лук (*Allium cepa*); б - чуваркућа (*Sempervivum* sp.); в - сансеверија (*Sanseveria* sp.)

Код аустралијских акација и безлисног граора (*Lathyrus nissolia*), лисна плоча се не развија, а лисне дршке метаморфозирају у листолику форму – **ФИЛОДИЈУ** (*phylloidium*), која обавља функције листа.

Карниворне биљке (месождерке) имају преображене листове или делове листа у посебне **ОРГАНЕ ЗА ХВАТАЊЕ И ВАРЕЊЕ СИТНИХ ЖИВОТИЊА** (инсеката, рачића и др.). Животињице бивају ухваћене у межурић (мешине, врећице) са залиском који се отвара само у једном правцу (мешинка - *Utricularia vulgaris*)

(Сл. 147) или се залепе за лепљиве жлездане длаке (росуља - *Drosera rotundifolia*), а затим бивају дигестиране излученим ензимима и киселинама.

Неки аутори сматрају да су разлог преласка на овакав начин

исхране станишта сиромашна азотним једињењима (мочваре, тресаве), док су други мишљења да је за метаболизам ових биљака неопходна повећана количина ових једињења.



Слика 147. Органи за хватање и варење животињица (мешинка - *Utricularia vulgaris*)

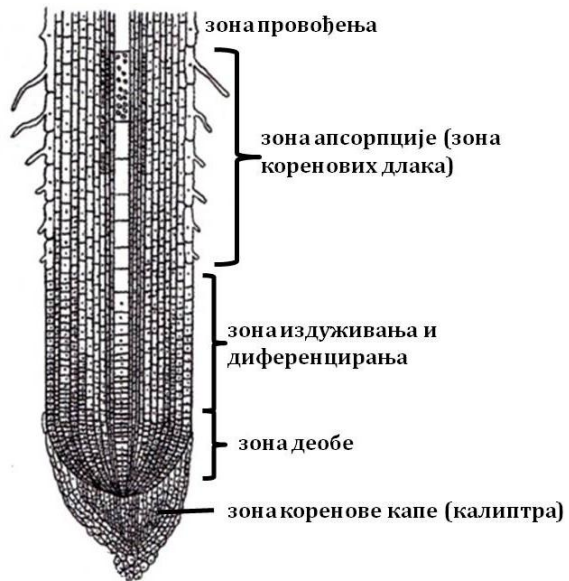
КОРЕН

МОРФОЛОГИЈА КОРЕНА

КОРЕН (*radix*) је вегетативни орган цилиндричног облика и радијалне симетрије. Његове основне улоге су да **апсорбује воду са раствореним минералним материјама** и да **причврсти биљку за подлогу**. Осим тога, у њему се магационирају различите хранљиве материје, а врши и транспорт воде и минералних материја у надземне делове биљке. Истраживања указују и на способност корена да синтетише различите секундарне метаболите који утичу на његову метаболичку активност, као одговор на биотички и абиотички стрес.

Током еволуције, корен је настао преласком биљака из водене средине на копно. Први пут се јавља код папрати. Корен расте неограничено, с обзиром да се на његовом врху налази вегетациона купа корена чијом активношћу корен расте током целог живота биљке. Основна разлика између корена и стабла је што је вегетациона купа корена заштићена кореновом капом и што се на корену никад не образују листови.

Морфолошки, на уздужном пресеку корена, разликује се више зона. Од врха корена ка стаблу налазе се: зона заштите (зона коренове капе), зона деобе, зона издуживања и диференцирања, зона апсорпције (зона коренових длака) и зона провођења (Сл. 148).



Слика 148. Зоне корена

Зона заштите или зона коренове капе (калиптра) је вршни део корена изграђен из ћелија које луче слузаве материје и чији су ћелијски зидови често гелификовани. Она штити нежно меристемско ткиво од оштећења приликом продирања кроз подлогу. Оштећене ћелије коренове капе замењују нове, које настају активношћу калиптрогена код већине монокотила или од дерматогена, код дикотила.

Зону деобе чине меристемске ћелије вегетацине купе корена које се интензивно деле образујући три хистогене (дерматоген, периблем и плером). Ова зона је врло кратка, дужине до 1 cm.

Меристемске ћелије из зоне деобе се у наредној зони, **зони издуживања и диференцирања**, диференцирају у трајна ткива корена.

У **зони апсорпције (зона коренових длака)** обавља се апсорпција воде и растворених минералних материја. На површини ове зоне налази се ризодермис са кореновим длачицама које су функционалне неколико дана, те пропадају, а затим се формирају нове. Присуство коренових длака и до 40 пута повећава апсорпциону површину корена. Коренове длаке омогућују и боље причвршћивање корена за подлогу.

Зона провођења је најдужа зона, у контакту са стаблом и покривена је, код млађих делова корена, егзодермисом. У овој зони, захваљујући деобама ћелија перицикла и формирању бочних вегетационих купа, долази до гранања корена и формирања бочних корена. Бочни корени се даље гранају тако да се може формирати много корена који чине **коренов систем**.

Коренов систем

Код биљака разликујемо корене различитог порекла: главни корен, адвентивни

корен и бочни корен (Сл. 149).

Главни корен

настаје од

коренка клице,

адвентивни од

делова изданка,

а бочни корени

гранањем

главног и

адвентивног

корена.



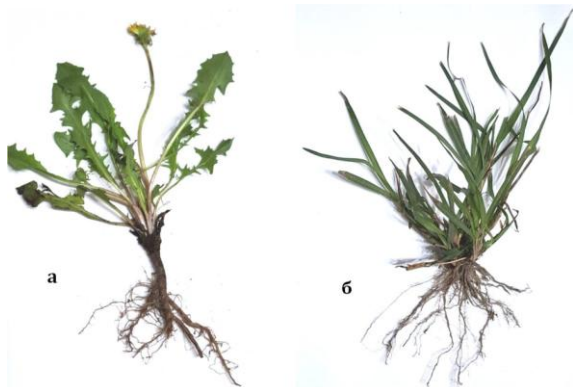
Слика 149. Корен: а - главни и бочни; б - адвентивни корен на листу (сансеверија - *Sansevieria* sp.)

Коренов систем чини скуп свих корена биљке. Основни типови кореновог система су: осовински и жиличаст коренов систем (Сл. 150).

Осовински коренов систем подразумева моћно развијен главни корен са слабије развијеним бочним коренима. Овај тип кореновог система присутан је код голосеменица и дикотила.

Жиличаст коренов систем подразумева слабије развијен главни корен и моћно развијене адвентивне корене са бочним коренима. Присутан је код папрати и монокотила.

С обзиром на дубину до које допире, коренов систем може бити дубински и површински. **Дубински коренов систем** допире све до слојева земљишта натопљених подземном водом. Нпр. корен луцерке нађен је и на 15 m дубине.



Слика 150. Коренов систем: а – осовински; б - жиличаст

Површински коренов систем се налази на малој дубини земљишта, али често бочно заузима велику површину како би што ефикасније искористио краткотрајне кише и ноћну росу.

У односу на густину корена, коренови системи су интензивни и екстензивни. Велика густина корена у малој запремини земљишта дефинише га као **интензиван коренов систем**. Дужина свих корена код појединих врста може бити изузетно велика (код тикве око 25 km, пшенице 20 km). **Екстензиван коренов систем** подразумева малу густину корена у великој запремини земљишта.

АНАТОМСКА ГРАЂА КОРЕНА

Примарна грађа корена

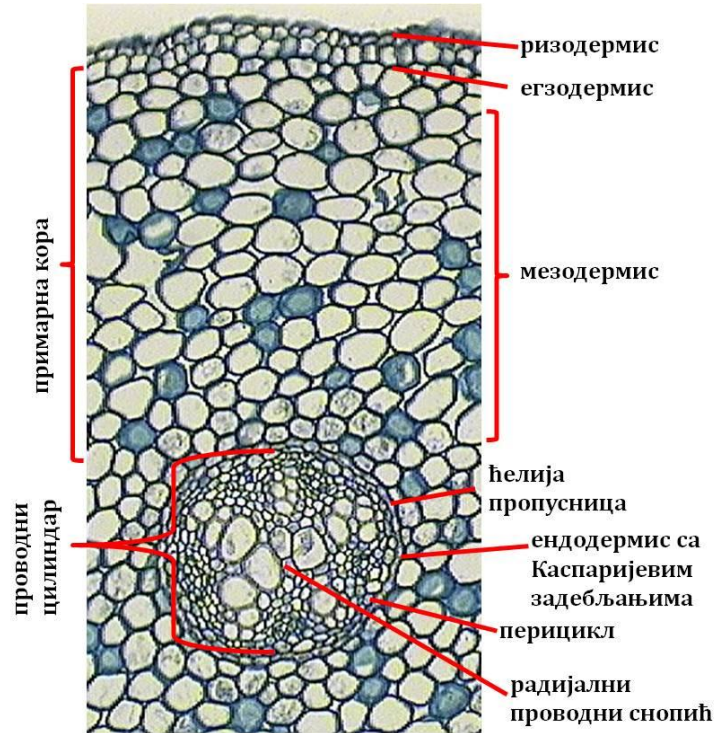
Примарну грађу корена у зони апсорпције чини: ризодермис, примарна кора и проводни (централни) цилиндар (Сл. 151).

РИЗОДЕРМИС (апсорпциони паренхим) је спољашњи слој корена и грађен је из једног слоја збијених, танкозидних паренхимских ћелија специјализованих за усвајање воде и у њој растворених минералних материја. Неке од ћелија ризодермиса (трихобласте) разрастају у коренове длачице које су дуге 0,6 mm-1,7 mm и чији је број по јединици површине знатан (код кукуруза 425/mm²). Свака длака је израштај једне ћелије ризодермиса.

ПРИМАРНА КОРА је вишеслојна и диференцирана на егзодермис, мезодермис и ендодермис.

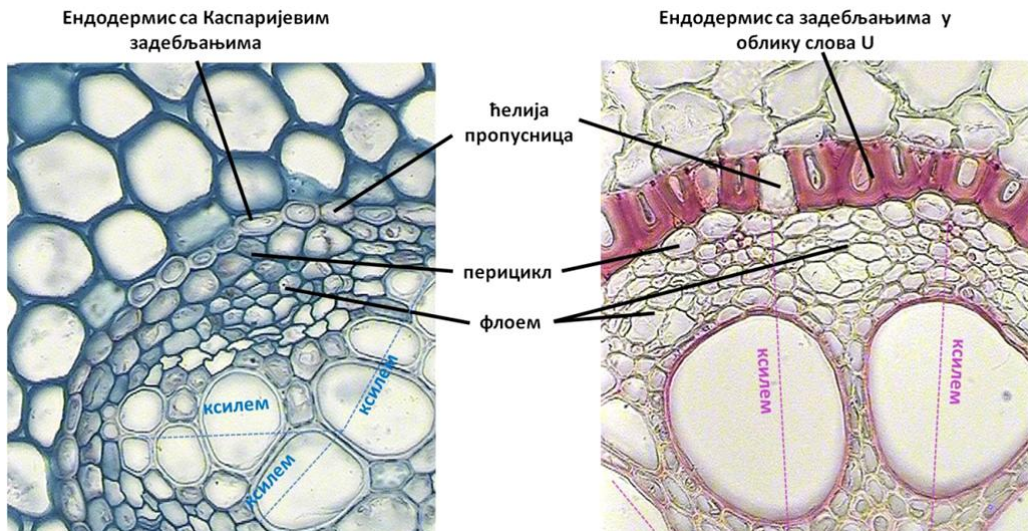
Егзодермис је спољашњи слој примарне коре који је грађен од једног или више слојева ћелија. Након пропадања ризодермиса, у зони провођења, ове ћелије оплутају, интерцелулари се смањују, па егзодермис добија заштитну улогу и штити корен од спољашњих утицаја.

Мезодермис је средишњи, моћно развијен део примарне коре грађен од крупних паренхимских ћелија са интерцелуларима, које су често испуњене скробним зрнима. Ћелије мезодермиса ка егзодермису и ендодермису су нешто ситније.



Слика 151. Попречни пресек корена дикотила (љутић - *Ranunculus* sp.)

Ендодермис је последњи једнослојни део примарне коре кога чине тесно збијене ћелије без интерцелулара. Ћелије ендодермиса поседују Каспаријева задебљања, која се на попречном пресеку уочавају као задебљања радијалних (бочних) и тангенцијалних (унутрашњих и спољашњих) зидова (Сл. 151, 152).



Слика 152. Задебљања на ендодермису

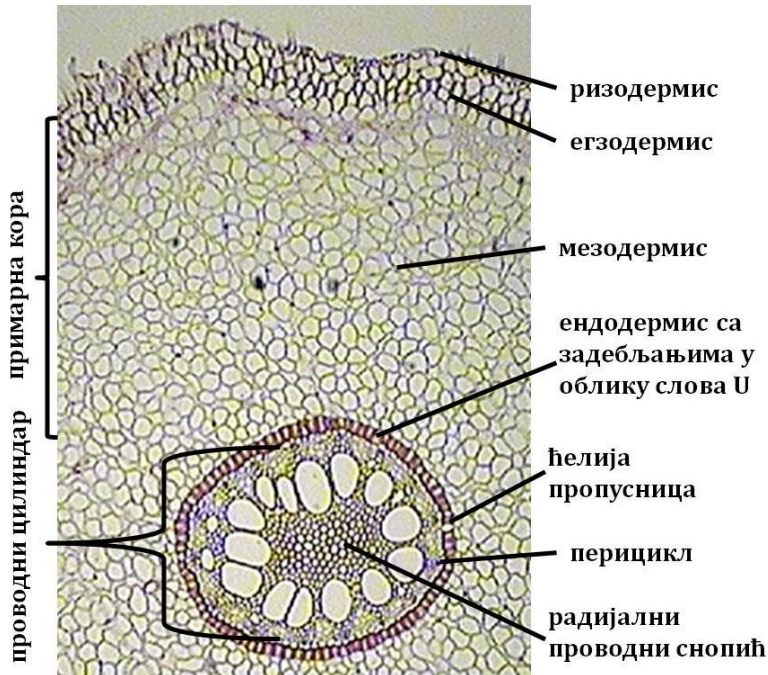
Касније, код корена већине монокотила и ретких дикотила, овај просец се наставља у правцу интензивног дебљања унутрашњих тангенцијалних и радијалних зидова. Дакле, коначно диференциране ћелије ендодермиса имају задебљања у облику латиничног слова „U“, те је промет воде и минералних материја кроз њих онемогућен. Зато се између овако задебљалих ћелија задржавају живе, танкозидне, нешто ситније **ћелије пропуснице**, кроз које се транспорт материја обавља несметано. Ћелије пропуснице се налазе најчешће према ксилему у проводном цилиндру корена (Сл. 152).

Проводни (централни) цилиндар граде перицикл и радијални проводни снопић. Перицикл чини најчешће један, два или ређе више слојева ћелија које могу да се дедиференцирају, па добијају меристемски карактер и чијим деобама настају бочни корени. Зачеци бочних корена стварају се из перицикла (ендогено), пробијају се кроз примарну кору и излазе као бочни корени (Сл. 153).

У самом средишту корена налази се **радијалан проводни снопић** који је код дикотила са мањим бројем ксилемских и флоемских плоча тетрархног (четири ксилемске и четири флоемске плоче) или пентархног (пет ксилемских и пет флоемских плоча) типа. Код већине монокотила присутан је радијалан проводни снопић који је полиархног типа, тј. са већим бројем ксилемских и флоемских плоча (Сл. 154). Елементи ксилема се у средишту корена дикотила углавном спајају, за разлику од монокотила код којих се задржавају паренхимске ћелије, чији зидови углавном задебљају.



Слика 153. Формирање бочног корена



Слика 154. Попречни пресек корена монокотила (перуника - *Iris germanica*)

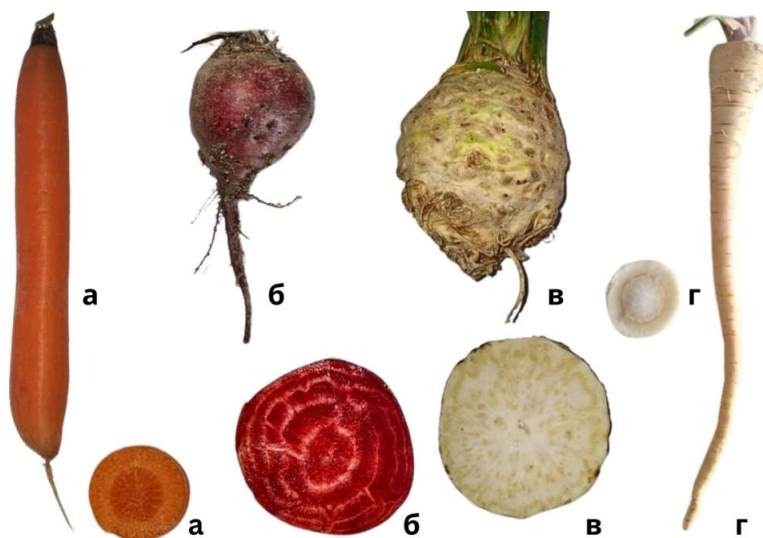
Секундарно дебљање корена

Већина корена голосеменица и дрвенастих дикотила секундарно дебља јер се у њиховом корену формирају секундарна ткива, активношћу секундарних бочних меристема: камбијума и фелогена. Камбијум настаје у проводном цилиндру делом дедиференцијацијом хелија перицикла (изнад елемената ксилема), а делом дедиференцијацијом паренхима (испод елемената флоема), па њиховим спајањем настаје континуирани камбијални прстен, који је по постанку секундарни. Тек формиран камбијум има таласаст облик, али неравномерним радом у погледу стварања проводних ткива, ова таласаста форма се временом исправља у правилан цилиндар. Камбијални прстен у корену, као и у стаблу, ка периферији продукује елементе секундарног флоема (секундарна кора), а ка унутрашњости елементе секундарног ксилема (секундарно дрво). Убрзо, под притиском новоформираних секундарних проводних ткива долази до пуцања примарне коре. Скоро истовремено, интензивним деобама перицикла, од првог површинског слоја формирао се фелоген који ће образовати плуту, односно секундарно кожно ткиво перидермис, који ће по положају и функцији заменити егзодермис. Код неких биљака ће перидермис касније бити замењен мртвом кором (као на стаблу секундарне грађе). Корен монокотила секундарно не дебља. Хелијски зидови примарних ткива задебљавају и лигнификују се. Код неких представника фамилије Роасеае склерификација захвата паренхим примарне коре и већину ткива централног цилиндра.

МЕТАМОРФОЗЕ КОРЕНА

Корен, осим причвршћивања биљке за подлогу и упијања воде и растворених минералних материја, може да обавља и друге функције и тада долази до преображаја у његовој грађи и облику и формирања метаморфозираних корена.

Потреба за **магационирањем хранљивих материја** је врло често узрок метаморфозе корена. Ако се резервисање хранљивих материја дешава у главном корену настаје **РЕПАСТ КОРЕН (РЕПА)**. Понекад, осим од главног корена (шаргарепа, першун), у грађи репе учествује и мањи или већи део стабла (цвекла) - сл. 155. Највећи део репе код цвекле пореклом је од стабла и то од хипокотила. Реп се формира претежно код двогодишњих биљака и настаје током прве године развића (шећерна репа, сточна репа, шаргарепа, целер, першун). Наиме, у истој години када семе клија, формира се и лисна розета и репаст корен (репа). На рачун резервних материја из репе, биљка у другој години развија надземно стабло, цвета и плодоноси. Морфолошки, репа се састоји из: главе, врата и тела. Глава се формира од епикотила, тј. дела стабла са врло кратким интернодијама, те се на овом делу виде многобројни лисни ожиљци (цвекла). Врат је настао од хипокотила, а како се на овом делу стабла не развијају листови, на њему нема лисних ожиљака. Тело репе формира се од главног корена, а на њему се налазе и слабо развијени бочни корени.

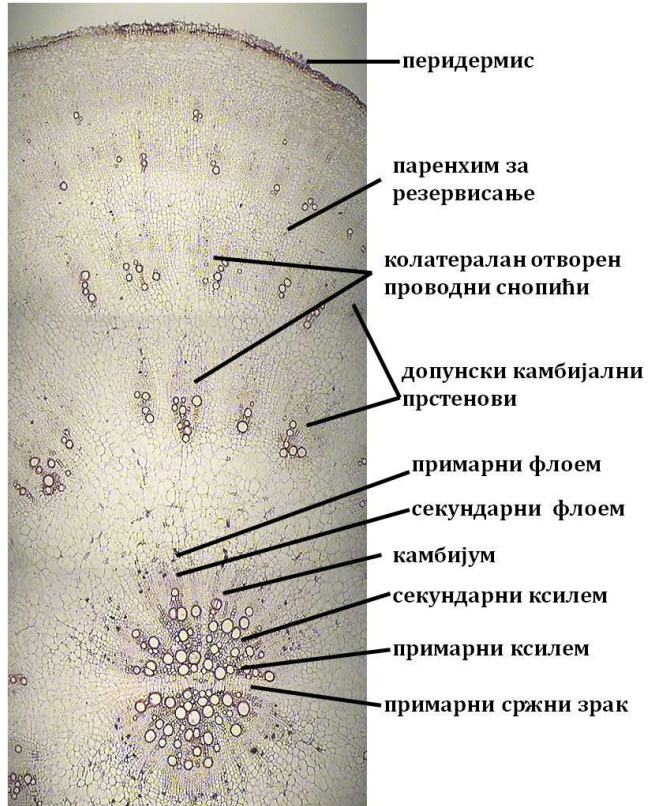


Слика 155. Репаст корен: а – шаргарепа (*Daucus carota* subsp. *sativus*); б – цвекла (*Beta vulgaris* ssp. *esculenta*); в – целер (*Apium graveolens*); г - першун (*Petroselinum hortense*)

ОРГАНОГРАФИЈА

У анатомској грађи репастог корена код шећерне репе (*Beta vulgaris*) у центру се уочава „срж“ као резултат дебљања условљеног радом камбијума (Сл. 156). Наиме, камбијум између елемената примарног флоема и примарног ксилема формира секундарни флоем и секундарни ксилем. У секундарном ксилему трахеје су веома одрвенеле, радијално распоређене, а између њих простиру се паренхимске ћелије секундарних сржних зракова. У самом центру, велике групације секундарних ткива су раздојене са два широка примарна сржна зрака.

Периферно од „сржи“ уочавају се **допунски камбијални прстенови** који се циклично распоређују. Они продукују колатералне отворене проводне снопиће и веома развијен **паренхим за резервисање**. Између снопића уочава се и слабо развијен интерфасцикуларни камбијум који ствара паренхимске ћелије, те се формирају паренхимски зраци. Ћелије паренхима за резервисање су ка периферији све ситније. Површина репе прекривена је плутом која настаје радом фелогена.



Слика 156. Анатомска грађа репе(шећерна репа - *Beta vulgaris*)



Слика 157. Коренске кртоле (георгина – *Dahlia* sp.)

Нагомилавањем хранљивих материја у бочним или адвентивним коренима настају **КОРЕНСКЕ КРТОЛЕ**. Осим магационирања хранљивих материја, кртоле служе и вегетативном размножавању јер су на њиховим вршним деловима формиран адвентивни пупољци (георгина - сл. 157, ледињак, орхидеје).

Пример **КОРЕНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ** у флори нашег подручја су адвентивни корени бршљана (*Hedera helix*) који омогућавају усправан раст и прихватање бршљана за стабло дрвенасте биљке, која служи као подлога (Сл. 158). Они се развијају на оној страни стабла која је окренута подлози.



Слика 158. Корени за прихватање (бршљан - *Hedera helix*)

потпора њиховим масивним крошњама, али и за апсорпцију воде и минералних материја (нпр. индијски бањан - *Ficus bengalensis*, црвена мангрова - *Rhizophora mangle* – сл. 160а. Ваздушни корени су чести и код епифита, као што су орхидеје, што омогућава додатно снабдевање влагом (Сл. 160б).

ДАСКАСТЕ КОРЕНЕ, који служе као потпора, развијају неке високе дрвенасте тропске врсте са масивном крошњом (нпр. *Ficus macrophylla*).

КОРЕНИ ЗА ВЕНТИЛАЦИЈУ присутни су у вегетацији мангрове у тропским областима, на муљевитом, плављеном и кисеоником сиромашном земљишту морских обала. Вентилациони корени расту вертикално на горе, изнад површине воде и омогућавају снабдевање биљака кисеоником.

Метаморфоза корена у **ТРН** настаје код америчке палме (*Acanthorhiza aculeata*) као заштита стабла. Ови трнови су негативно геотропни, окренути навише, веома оштрог су врха и распоређени су око стабла као заштитна баријера.

АСИМИЛАЦИОНИ КОРЕНИ у нашој флори су карактеристични за хидрофиту водени орашак (*Trapa* sp.) код које обављају и процес фотосинтезе (Сл. 159). Присутни су и код појединих епифита, као и код тропских орхидеја.

Код неких тропских врста, развијају се **ВАЗДУШНИ КОРЕНИ**, који су адвентивног порекла јер се развијају изнад земље, полазећи са стабла до површине земље. Ови „стаблики“ корени служе као



Слика 159. Асимилациони корени (водени орашак - *Trapa* sp.)



Слика 160. Ваздушни корени: а - црвена мангрова (*Rhizophora mangle*); б - орхидеја (*Phalaenopsis* sp.)

Постоје и биљке које уопште немају корен. **ОДСУСТВО КОРЕНОВОГ СИСТЕМА** јавља се код биљака које живе у условима у којима им корен није неопходан, те се у току еволуције код неких врста чак развила клица без коренка. Тако, субмерзна (потпуно потопљена) водена биљка ресина (*Ceratophyllum demersum*), честа у нашим воденим екосистемима, воду са хранљивим материјама упија целом површином тела, па уопште нема корен (Сл. 161).



Слика 161. Субмерзна биљка без корена (ресина - *Ceratophyllum demersum*)



Слика 162. Квржице на корену (соја - *Glycine* sp.)

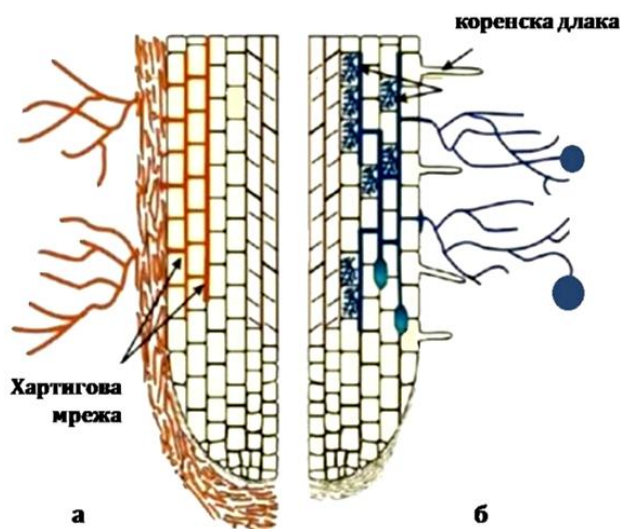
Од великог значаја за биљну производњу су и промене настале услед **СИМБИОЗЕ КОРЕНА НЕКИХ БИЉНИХ ВРСТА СА БАКТЕРИЈАМА**. Тако, у симбиози са коренима махунарки (биљке из фамилије Fabaceae) живе земљишне бактерије из рода *Rhizobium*, тзв. **квржичне бактерије**, које су способне да елементарни, атмосферски азот фиксирају и конвертују у форму доступну биљци-домаћину. Ове азотофиксирајуће бактерије, преко коренових длака продиру у корен биљака, а затим у огромном броју испуњавају паренхимске ћелије, формирају локална квржичаста задебљања (нодули) и увећавају површину периферних делова корена (Сл. 162). Азотна једињења се делом издвајају и у

земљиште, те га користе и друге биљке. По завршетку вегетације и труљењем махунарки велики део азотних једињења остаје у земљишту и природно га обogaђују, па се зато махунарке обавезно уводе у плодоред (смeна усева).

Симбиоза између корена биљака и гљива назива се **МИКОРИЗА**. Микориза је врло честа и сматра се да преко 90% биљака ступа у симбиотски однос са гљивама. Гљиве биљци осигуравају усвајање слабо приступачних нутријената, луче хормоне раста који поспешују раст и гранање корена, луче ензиме, штите биљке од патогена и др. Предности микоризе за биљку су гушћи коренов систем, вишеструко повећана апсорпциона површина, веће усвајање фосфора из земљишта, те смањена потреба за ђубрењем и већи принос, већа отпорност на сушу, смањена потреба за наводњавањем. У зависности од тога да ли гљиве настајују површинске делове корена или продиру дубље у унутрашњост, разликује се ектомикориза и ендомикориза (Сл. 163).

Код **ектомикоризе (егзомикоризе)** хифе гљива, обично распоређене у два слоја, врло густо обавијају најчешће бочне корене дрвенастих биљака. Хифе урастају у међућелијске просторе корена, али не продиру у ћелије формирајући густу Хартигову мрежу. Са друге стране, хифе се из овог густог омотача шире у земљиште и знатно поспешују упијање воде и минерала. Корени са ектомикоризом су гушћи, разгранатији и, иако се на овим коренима не развијају коренске длачице, због огромне површине мицелијума, ризосфера се повећава и до 1000%.

Код **ендомикоризе** хифе гљива продиру у паренхимско ткиво корена, а нема промена у спољашњој грађи. Заступљена је код великог броја зељастих биљака фамилије Роасеае (пшеница, оvas, кукуруз, јечам, просо, соја), дрвенастих биљака из фамилија Егисеае (вресова) и Роsасеае (ружа). Код биљака фамилије Орchидасеае (орхидеја) микориза је облигатна (обавезна).



Слика 163. Микориза: а - ектомикориза; б - ендомикориза





РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

РАЗМНОЖАВАЊЕ или **РЕПРОДУКЦИЈА** је једна од основних заједничких особина свих живих бића, која подразумева способност остављања потомства.

Свако живо биће има ограничен животни век, односно животни циклус, живи одређен временски период, након чега наступа смрт, као завршетак животног циклуса. Међутим, престанком живота неке јединке, не завршава се живот те врсте, јер свака индивидуа током или на крају свог животног циклуса, има способност да остави **потомство које омогућава продужетак живота те врсте.**

У биљном свету постоји **више различитих типова размножавања.** Тако, код биљака простије организације, среће се проста ћелијска деоба, фрагментација талуса или неки други тип одвајања делова талуса, који ће дати нову јединку.

Међутим, током еволуције биљног света, код биљака на вишем степену еволуције, образују се делови специјализовани искључиво за размножавање. Ако су ти делови једноћелијске форме, називамо их **споре**, а ако су вишећелијски, тада веома често имају сложену грађу, као нпр. **семе**. Поред тога, код неких биљака се образују специјализовани вегетативни делови (нпр. столоне, ризоми, луковице итд.), који служе размножавању.

У зависности од карактеристика делова за размножавање, код биљака разликујемо **БЕСПОЛНО** и **ПОЛНО РАЗМНОЖАВАЊЕ**. Приликом бесполог размножавања, чим се одговарајући део одвоји од матичне биљке, може се **директно развити у нову јединку.** Међутим, то није случај са полним размножавањем, јер се код овог типа размножавања **мора обавити спајање полних ћелија (оплођење, копулација),** мора доћи до спајања двеју ћелија (мушке и женске) из чега настаје **нова ћелија (зигот)** која ће дати нову јединку. Управо због тога, суштинска разлика између бесполог и полног размножавања јесте у томе што се код **бесполог размножавања генотип потомства не разликује од генотипа родитеља,** док се код **полног размножавања генотип потомства разликује од генотипа родитеља,** јер долази до комбинације родитељских гена.

БЕСПОЛНО РАЗМНОЖАВАЊЕ

Бесполно размножавање подразумева размножавање код којег се одређени део одвоји од матичне биљке, из **којег се директно** (без било каквог спајања са другим делом) **развијају нове јединке.**

Бесполно размножавање код биљака може да буде двојако:

- вегетативно и
- бесполно у ужем смислу.

Вегетативно размножавање подразумева развој нове јединке из неког вегетативног дела или органа биљке (нпр. луковице, кртоле, ризома, корена итд.).

Бесподно размножавање у ужем смислу подразумева образовање специјалних ћелија – спора, које у повољним условима клијају у нову биљку.

ВЕГЕТАТИВНО РАЗМНОЖАВАЊЕ

Биљке се одликују **одличном способношћу регенерације** односно обнављања недостајућих делова, али и способношћу за развиће нових јединки из појединих, мањих делова биљног тела. Управо ова њихова особина је предуслов који биљкама омогућава различите начине вегетативног размножавања.

У оквиру овог типа размножавања, разликујемо **природно и вештачко вегетативно размножавање**.

Природно вегетативно размножавање

Код виших биљака вегетативно размножавање је веома често. Код скривеносеменица (Magnoliophyta), само се једногодишње и двогодишње биљке не размножавају природно вегетативно. Од вишегодишњих, скоро све зељасте и много дрвенастих врста, су способне за неки начин природног вегетативног размножавања.

Природно вегетативно размножавање скривеносеменица се одвија помоћу метаморфозираних (преображених) изданака, као што су ризом, кртола, луковица, столон или помоћу корена који поседује адвентивне пупољке.

РИЗОМ служи за природно вегетативно размножавање код **многобројних вишегодишњих зељастих биљака** (Сл. 164).

Код биљака са кратким ризомима (кратке интернодије, пупољци збијени) формираће се збијенији надземни изданци, а код биљака са дугачким ризомима (имају дуге интернодије па пупољци нису тако збијени), образоваће се растреситији надземни изданци. Пропадањем интернодија ризома, прекида се веза са матичном биљком и нове биљке постају самосталне. Размножавање биљака помоћу ризома је веома интензивно и брзо, нарочито код коровских биљака попут сирка, пиревине, зубаче итд. Сузбијање корова који поседују ризома је веома тешко јер се брзо размножавају, а поред тога ризоми имају изузетно високу моћ регенерације. Међутим, присуство ризома код ливадских биљака доприноси сталности флористичког састава ливада.



Слика 164. Ризом (сирак - *Sorghum halepense*)

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

КРТОЛЕ као метаморфозирани подземни изданци, код биљака које их поседују, служе веома успешном вегетативном размножавању. Кртолама се размножава кромпир (Сл. 165) и већина орхидеја. Неке биљке, као што је георгина (*Dahlia* sp.), формирају кртоле које настају од корена (коренске кртоле) и такође служе природном вегетативном размножавању.

ЛУКОВИЦЕ служе за природно вегетативно размножавање код великог броја врста, у првом реду из групе монокотила и то нарочито из фамилије Liliaceae (лала, љиљан), Amaryllidaceae (нарцис, висибоба), Alliaceae (лукови) итд. Овакав тип луковце се развија као **подземни метаморфозирани изданак**.

Међутим, неке врсте образују и **надземне луковце (булбиле)** у нивоу цвасти (неки лукови) или у пазуху листа (брадавичак – *Cardamine bulbifera*) које такође служе за природно вегетативно размножавање (Сл. 166).



Слика 165. Кртола (кромпир - *Solanum tuberosum*)



Слика 166. Луковце: а - подземна (нарцис – *Narcissus* sp.), б – надземна (црни лук - *Allium cepa*), в – надземна (брадавичак – *Cardamine bulbifera*)

СТОЛОНЕ су надземни метаморфозирани пузећи изданци који поседују дугачке интернодије и нодусе. Из нодуса се подземно формира адвентиван коренов систем, а изнад земље се образује надземни, фотофилни изданак. Након извесног времена, интернодија пропада и нова јединка се одваја од матичне биљке. Столонама се природно вегетативно размножавају јагода

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

(*Fragaria* sp.), пузави љутић (*Ranunculus repens*), петопрсница (*Potentilla reptans*), ивица (*Ajuga reptans*) и др.

КОРЕНИ СА АДВЕНТИВНИМ ПУПОЉЦИМА се развијају код великог броја биљака и служе природном вегетативном размножавању. Из адвентивних пупољака се развијају бројни надземни изданци, који се потпуно осамостале након изумирања корена који их повезује са матичном биљком. На овакав начин се често размножавају коровске биљке попут паламиде (*Cirsium arvense*), горчике (*Sonchus arvensis*), попонца (*Convolvulus arvensis*), угаза (*Roripa silvestris*), млечике (*Euphorbia cyparissias*) итд.

Природно вегетативно размножавање је од великог значаја за биљке и њихову могућност брзог ширења у природи и освајања простора. Са агрономског аспекта, овакав вид размножавања може представљати велики проблем јер се коровске врсте често размножавају природно вегетативно. Да би се схватио огроман потенцијал овог типа размножавања, наводимо податке Којић и сар. (2001), да су на 1 ha земљишта нађени ризоми и корени са огромним бројем адвентивних пупољака и то код: паламиде 5,25 милиона, горчике 16,6 милиона, пиревине 16,9 милиона. Овако велики број адвентивних пупољака указује на огромну биолошку снагу и омогућава овим биљкама опстанак и поред интензивних агротехничких мера.

Вештачко вегетативно размножавање

Иако је између природног и вештачког вегетативног размножавања тешко направити јасну границу, ипак основна разлика је у томе што се вештачко вегетативно размножавање не одвија спонтано у природи, већ је **неопходно учешће човека**. Овај тип размножавања је **веома значајан за пољопривредну праксу** и примењује се ако нека биљна врста, жељених особина и квалитета, у датим еколошким условима не образује семе или образује недовољно семена или је пак семе лошег квалитета.

Постоји више различитих начина вештачког вегетативног размножавања, од којих ћемо навести само најважније.

ДЕЉЕЊЕ БОКОРА (ЖБУНА) је најсличније природном вегетативном размножавању и примењује се код зељастих вишегодишњих биљака које формирају бокоре (бусенове) или жбунове. Често се употребљава код декоративних врста попут жалфије (*Salvia* sp.), мајчине душице (*Thymus* sp.), маргарете (*Chrysanthemum* sp.), јагорчевине (*Primula* sp.), украсног шаша (*Carex* sp.), украсне плаве траве (*Festuca glauca*) итд.

ПОЛОЖНИЦЕ (ПОЛОЖЕНИЦЕ) су лучно савијени изданци који се прекрију земљом, али тако да им врх остане изнад земље, непокривен (Сл. 167). Након одређеног времена, из нодуса образоваће се адвентивни корени и надземни изданци. Пресецањем везе са матичном биљком положница се одвоји и расађује на одговарајуће место. Положнице као вештачки вегетативни начин размножавања се веома често користе за размножавање винове лозе, рибизле, шљиве, леске, шимшира, огрозда, јеле, смрче итд.

Положнице могу настати и спонтано у природи ако изданак (грану) прекрије земља нанешена поплавом, бујицом, животињама и сл.

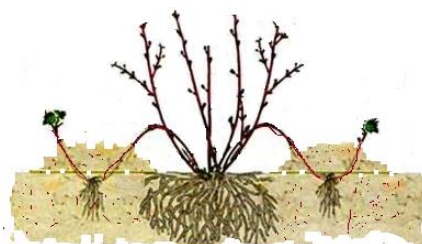
РЕЗНИЦЕ (САДНИЦЕ) су чест начин вештачког вегетативног размножавања, а најчешће су пореклом од стабла (изданка) – **стаблоре резнице**. Делови стабла (изданка) који се користе за резнице морају

садржавати барем један пупољак из кога ће се развити нови изданак, а из камбијума резнице, ће се у влажној земљи или песку, образовати адвентиван корен. Често се стаблоре резнице користе за размножавање декоративних и лековитих врста, али и код дрвенастих врста попут руже, винове лозе, врбе, тополе итд. Понекад се резнице користе и у повртарској пракси (парадајз, краставац, диња итд.).

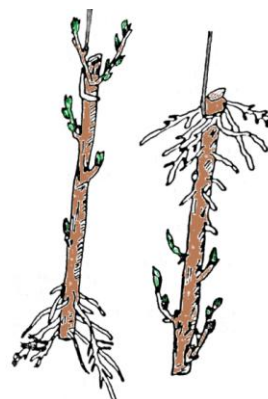
Код овог начина размножавања важно је познавати **особину поларности** којом се карактеришу резнице, односно биљке. Наиме, поларност подразумева разлику између основе и врха, односно између морфолошки доњих и горњих делова биљке. Дакле, из резница се увек из морфолошки горњих делова развија изданак, а из морфолошки доњих делова ће се развити корен (чак иако обрнуто окренемо резницу), јер корен расте позитивно геотропно (одреће се наниже), а изданак негативно геотропно (одреће се навише) - сл. 168. Ова особина је везана за активност фитохормона раста.

КОРЕНОВЕ РЕЗНИЦЕ се користе за успешно вештачко вегетативно размножавање код самониклих и гајених врста које образују адвентивне пупољке на корену. Коренове резнице се прекрију тањим слојем земље и поставе косо. Након неког времена из адвентивних пупољака ће се развити надземни изданак. На овај начин веома успешно се размножавају леска, јоргован, шљива, дуња, малина, купина, трешња, јабука, пламенац итд.

ЛИСНЕ РЕЗНИЦЕ се користе за вештачко вегетативно размножавање само неких декоративних врста (бегонија – *Begonia* sp., афричка љубичица – *Saintpaulia* sp., каланхоја – *Kalanchoe* sp., замија – *Zamioculcas* sp. итд.), код којих се обично из лисне дршке или базалног дела лиске образују адвентивни корени (Сл. 169).



Слика 167. Положнице



Слика 168. Поларност

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

Код неких врста оваквим начином размножавања се не формирају потпуне биљке типичног изгледа.

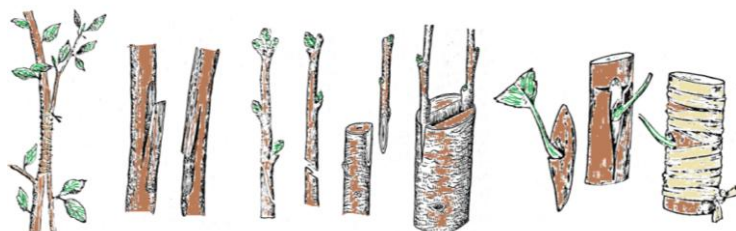
КАЛЕМЉЕЊЕ

(ТРАНСПЛАНТАЦИЈА) је метода вештачког вегетивног размножавања које се примењује код биљака код којих се резнице тешко укоренењују, које слабо доносе семе или код којих се дуго чека плодношење.

Дакле, калемљењем се образују форме биљака које много раније цветају, па раније и плодносе. Поред тога, добију се особине које нову биљку чине отпорнијом на разне патогене организме, продужава се век неким биљкама итд. Ова метода вештачког вегетивног размножавања своју примену налази најчешће у воћарско-виноградарској пракси.

Калемљење заправо подразумева преношење или трансплантацију дела живе биљке (део изданка са неколико пупољака или само један пупољак -

окце) на другу сродну биљку (Сл. 170). При том процесу је потребно да те две биљке срасту и да се током раста и развића надопуњују, те да се побољшају



Слика 170. Калемљење (трансплатација)

њихове особине важне за пољопривредну праксу. Биљка на коју се калеми, је **подлога** или **хипобионт**, а део који се преноси је **калем**, **племка** или **епибионт**. Срastaње калема и подлоге се одвија постепено. Пре свега, између њих се образује изолациони слој жуто-мрке боје, који у почетку омета срastaње, а изграђен је од повређених ћелија приликом калемљења. Што су калем и подлога генетски удаљенији, изолациони слој је дебљи. Након неког времена деобом ћелија камбијума у калему и подлози, формира се паренхимско ткиво које разара изолациони слој и спаја се међусобно. Дакле, успешност калемљења је велика ако се камбијуми калема и подлоге покlope и срасту, што ће омогућити успешно спајање калема са подлогом преко ћелијских зидова, кроз чије јамице пролазе нити цитоплазме (плазмодезме) које повезују живе ћелије. Важно је истаћи да код дрвенастих врста срastaњу калема са подлогом значајно доприноси **трауматични меристем** или **калус**. За успешно калемљење, поред доброг познавања методе и технике калемљења, од великог је значаја познавање систематске сродности између



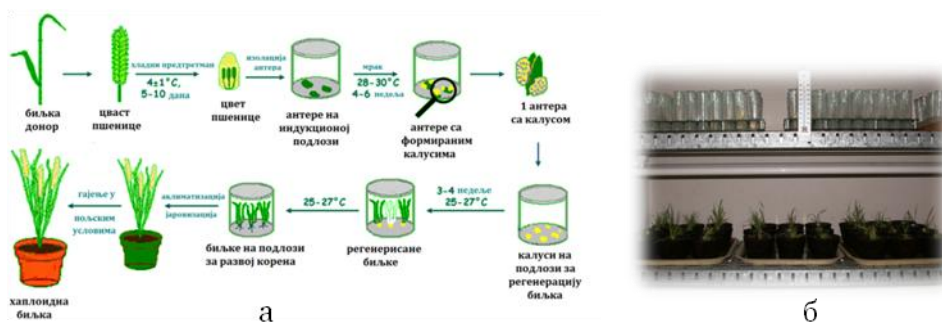
Слика 169. Размножавање лисном резницом (афричка љубичица – *Saintpaulia* sp.)

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

биљака. Што су калемљене биљке сродније, успех калемљења ће бити већи. Калемљење између различитих сорти исте врсте ће бити веома успешно, док ће калемљење између различитих родова бити много теже. Јасно је да ће калемљење између врста различитих фамилија бити још теже и неизвесније и углавном има научни значај.

У пракси постоји читав низ различитих начина калемљења које се детаљно обрађују у оквиру специјалних дисциплина као што су воћарство и виноградарство. Такође и веома комплексни утицаји и односи између калема и подлоге, предмет су проучавања наведених дисциплина.

КУЛТУРА БИЉАКА *IN VITRO* (МИКРОПРОПАГАЦИЈА) је савремени начин вештачког вегетативног размножавања помоћу ситних биљних делова (ћелије, ткива, органи) одвојених од матичне биљке, на вештачкој хранљивој подлози у стерилним контролисаним условима (Сл. 171а). Првобитно је култура *in vitro* подразумевала добијање меристемског ткива (калуса) и његово даље гајење у култури, па се често користи и назив **култура ткива**. Овај назив није најадекватнији јер биљке могу да се размножавају и културом различитих биљних органа (пупољци, листови, оваријуми, антере), културом ембриона, при чему се калус често уопште и не формира.



Слика 171. Микропропагација: а – процес *in vitro* културе антера; б - умножени примерци (клонови) у лабораторији

Истраживачи су кренули од претпоставке да је свака биљна ћелија способна да регенерише целу биљку (**особина тотипотентности**). Тако су још почетком 20. века први пут покушали да гаје биљно ткиво на хранљивој подлози у лабораторијским условима. Међутим ти покушаји су били прилично неуспешни, све до открића фитохормона раста (ауксини, гиберелини, цитокинини и др.), када ова техника доживљава значајан процват. Тако, већ половином прошлог века, истраживања се усмеравају на могућност примене културе *in vitro* у масовном размножавању биљака, у комерцијалне и оплемењивачке сврхе, а не само у научне, како је до тада било. Тако је техника културе *in vitro* значајно унапредила производњу одређених таксона, као нпр. орхидеја, које се уобичајеним начинима веома тешко размножавају, што је утицало на њихову веома високу цену. Код пшенице нпр., применом културе *in vitro*, скраћује се период селекције за неколико година.

У односу на класичне начине размножавања, култура *in vitro* има више предности јер се у кратком временском периоду од изабраних најквалитетнијих представника може добити велики број неинфицираних, здравих клонова (Сл. 171б).

БЕСПОЛНО РАЗМНОЖАВАЊЕ У УЖЕМ СМISЛУ

Овај тип размножавања подразумева образовање специјализованих ћелија које називамо **СПОРЕ**, које се у повољним условима директно (без спајања са другом ћелијом) развијају у нову јединку. Споре се код виших биљака најчешће разносе ветром, водом или животињама.

Код нижих биљака и гљива постоје различити облици и типови спора које служе бесполном размножавању у ужем смислу (оидије, хламидоспоре, конидије, спорангиоспоре, зооспоре, апланоспоре), а ниже биљке и гљиве су предмет проучавања других грана биологије, па овим уџбеником неће бити обухваћене.

Код виших биљака (КОРМОФИТА) образовању спора за бесполно размножавање у ужем смислу **претходи редукциона деоба** (мејоза), па су њихове споре **увек са хаплоидним бројем хромозома**.

Код МАХОВИНА споре се образују након мејозе у **чаури спорогона**.

Код ПАПРАТИ, споре се образују у **спорангијама** које се налазе на листовима. Листови који носе спорангије у којима се образују споре, називају се **спорофили** и ако врше само ту функцију, обично су браонкасте боје. Међутим, код папрати се такође срећу зелени листови који врше фотосинтезу и носе спорангије, и називају се ТРОФОСПОРОФИЛИ.

Споре код папрати могу бити исте, тада су то **изоспоре** (изоспорне папрати) или се могу разликовати ситније – **микроспоре** и крупније – **макроспоре** (хетероспорне папрати).

Микроспоре се образују у **микроспорангијама** које образују и носе **микроспорофили**. **Макроспоре** се образују у **макроспорангијама** које образују и носе **макроспорофили**.

Код СЕМЕНИЦА такође постоје микроспоре и макроспоре. **Микроспоре** – **ПОЛЕНОВА ЗРНА** се образују у микроспорангијама – **поленове кесице**, које се развијају на микроспорофилима – **прашницима**. **Макроспоре** се образују у макроспорангијама – **СЕМЕНИ ЗАМЕЦИ**, који се развијају на макроспорофилима – **оплодни листићи** (КОД ГОЛОСЕМЕНИЦА) или унутар сраслих оплодних листића (карпеле) који образују **тучак** (КОД СКРИВЕНОСЕМЕНИЦА). Дакле, код скривеносеменица, семени заметак/земеци су скривени, заштићени унутар тучка.

ПОЛНО РАЗМНОЖАВАЊЕ

Полно размножавање се карактерише образовањем физиолошки различитих **полних ћелија – гамета** (женски и мушки). Спајањем женског и мушког гамета настаје **ЗИГОТ** који обједињује особине оба гамета, па полно размножавање, са аспекта еволуције биљног света, има изузетан значај. Наиме, полним размножавањем се ствара могућност формирања најразличитијих комбинација и нових особина код потомства које надаље подлежу дејству природне селекције.

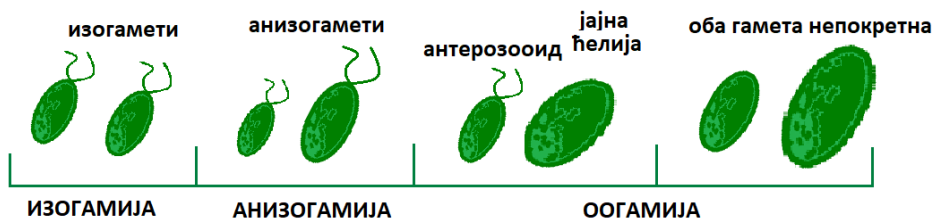
Како су се током еволуције развијале различите групе биљака (аутотрофних организама) тако је текла и еволуција гамета (Сл. 172).

Творевина (једноћелијска или вишећелијска) у којој се образују гамети назива се **гаметангија**. У мушким гаметангијама се образују мушки гамети, а у женским гаметангијама, женски гамети.

Први степен развоја гамета присутан је код најпримитивнијих аутотрофних облика (одређене алге) где се појављују **изогамети** који су истог облика и величине, покретни су и само се физиолошки разликују (мушки и женски). Спајање ових гамета назива се **ИЗОГАМИЈА**.

Следећи степен у еволуцији гамета карактерише појава **анизогамета (хетерогамета)**, односно крупнијег – женског и ситнијег – мушког гамета. Спајање ових, такође покретних гамета, назива се **АНИЗОГАМИЈА (хетерогамија)** (одређене алге).

Даљи ток еволуције иде у правцу образовања непокретног женског гамета који је доста крупнији јер садржи резервне хранљиве материје и назива се **јајна ћелија**. Мушки гамет је доста ситнији и покретан, назива се **антерозооид**. Спајање оваквих гамета називамо **ООГАМИЈА**. Код овог типа полног размножавања гаметангије су код нижих биљака једноћелијске, (оогоније – женске и антеридије – мушке). Код виших биљака гаметангије су вишећелијске, **архегоније – женске** и **антеридије – мушке**.



Слика 172. Типови гамета

Последња етапа у еволуцији гамета одликује се губитком покретљивости и мушког гамета, па тако САВРШЕНИЈЕ ГОЛОСЕМЕНИЦЕ и све СКРИВЕНОСЕМЕНИЦЕ имају **оба гамета непокретна**.

СМЕЊИВАЊЕ ПОЛНОГ И БЕСПОЛНОГ РАЗМНОЖАВАЊА

Смена једрових фаза и смена генерација

Да би се што боље разумело размножавање биљака, потребно је пре свега објаснити појаву смене једрових фаза, што за последицу има смену генерација у циклусима развића (онтогенези) биљака.

Полне ћелије (гамети) се одликују **хаплоидним бројем хромозома (n)** у својим једрима. Приликом спајања гамета током оплођења (копулација), долази до спајања и њихових једара и образује се **зигот**. У овом процесу, **новонастало копулационо јдро** садржи две хромозомске гарнитуре, односно има **диплоидан број хромозома ($n+n=2n$)**.

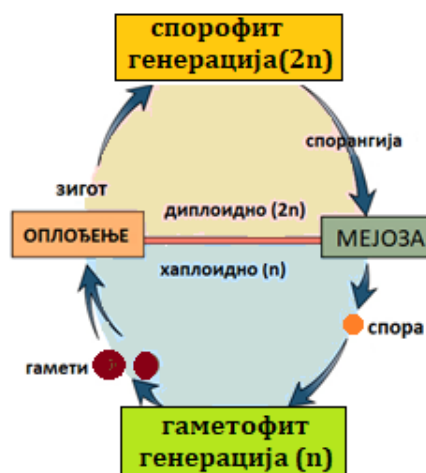
Биљка развијена из зигота, у својим једрима ће такође садржати диплоидан број хромозома. Ако би се овакво диплоидно стање задржало (када не би било редукције броја хромозома), тада би гамети садржали такође $2n$ хромозома, а зигот би тада имао $4n$ хромозома итд., што би довело до непрекидног повећања броја хромозома. Међутим, то се не дешава, јер увек долази до редукционе деобе у циклусу развића биљака, која диплоидни број хромозома редукује на половину, на хаплоидан број, па број хромозома карактеристичан за врсту, остаје сталан.

Овај прелаз од хаплоидног ка диплоидном броју хромозома дешава се приликом **оплођења**, а супротан процес, од диплоидног ка хаплоидном, приликом **редукционе деобе - мејозе** (након чега код виших биљака настају споре).

Дакле, у животном циклусу сваке биљке која се полно размножава, срећемо **смену једрових фаза**, хаплоидне (n) и диплоидне ($2n$).

Код виших биљака, упоредо са сменом једрових фаза долази до смене генерација, при чему је једна генерација увек доминантнија у животном циклусу, док је друга и морфолошки и дужином живота много слабије развијена и веома често не егзистира самостално.

Тако разликујемо **полну - гаметофит генерацију** коју одликује хаплоидан број хромозома (n) и **бесполну - спорофит генерацију** коју одликује диплоидан број хромозома ($2n$) – сл. 173.



Слика 173. Смена генерација код виших биљака (општа шема)

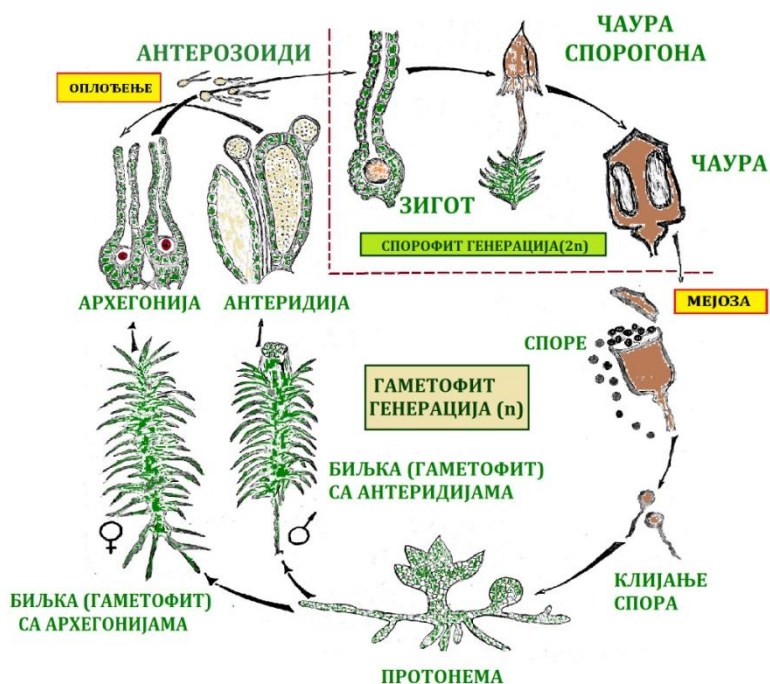
Однос између полне и бесполне фазе се разликује код различитих биљака. Код биљака на нижем стадијуму развића полна - хаплоидна фаза доминира у односу на бесполну - диплоидну фазу. Током еволуције дошло је до преовладавања бесполне, диплоидне фазе.

Треба напоменути да термин „смена генерација“ није најадекватнији јер се у свакодневном животу под појмом генерација подразумева група индивидуа које пролазе своје развој (онтогенезу) од рођења до смрти. Међутим, код биљака спорофит - бесполна и гаметофит - полна генерација, су различите фазе онтогенезе једне индивидуе.

Циклус развића маховина

Развојни циклус маховина почиње **хаплоидном спором (n)** чијем образовању је претходила **редукциона деоба (мејоза)**, дакле спора припада полној или гаметофит генерацији. Из хаплоидне споре, у повољним условима се образује кончаста, зелена **ПРОТОНЕМА** (Сл. 174). На протонема се образују пупољчићи из којих настају биљке маховине, на чијим вршним деловима се формирају **ГАМЕТАНГИЈЕ**, мушке - **антеридије** и женске - **архегоније**. У антеридијама се образују антерозоиди - мушки гамети (n) са бичевима, а у архегонијама се образују јајне ћелије - женски гамети (n). Један од антерозоида (уз помоћ капљица воде) се спаја са јајном ћелијом и одвија се процес оплођења након кога се образује **диплоидни зигот (2n)**. Са зиготом почиње диплоидна, **бесполна**, тј. **спорофит генерација (2n)** у развићу маховина. Зигот се дели и израста у **СПОРОГОН**. Спорогон има проширени део „стопало“ којим је причвршћен за биљку маховину, од кога полази дршка на чијем врху се формира чаура. У чаури се, из археспоријалног ткива, после редукционе деобе, образују хаплоидне споре (n) које служе за бесполно размножавање у ужем смислу, са којима почиње нови циклус у развићу маховина, који представља хаплоидну фазу (n), односно **гаметофит** или **полну генерацију**.

У развојном циклусу маховина постоји јасно изражена смена генерација, која се огледа у смени хаплоидног гаметофита који води аутотрофан начин живота и диплоидног спорофита (са хетеротрофним начином исхране), који не живи самостално већ остаје на биљци маховине која обавља фотосинтезу. **У циклусу развића маховина доминира гаметофит генерација.**

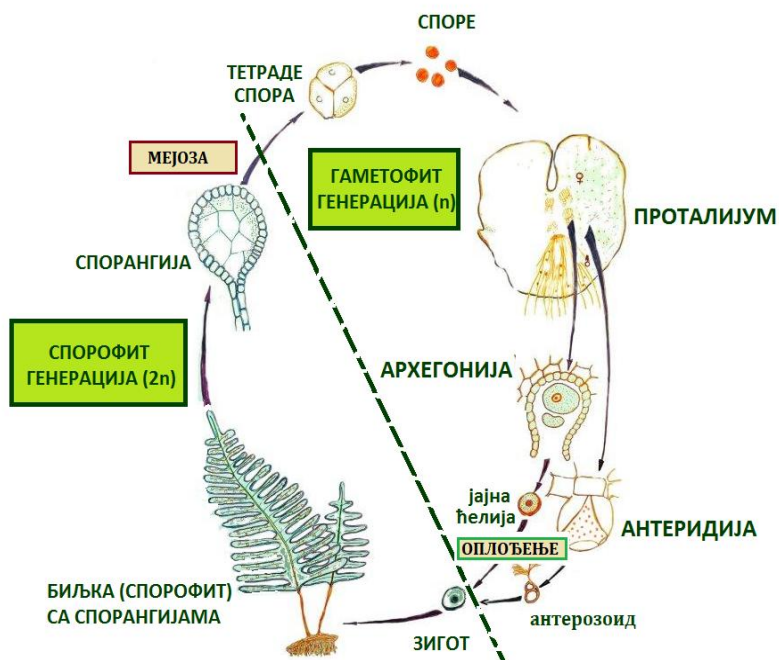


Слика 174. Циклус развића маховина

Циклус развића изоспорних папрати

Код изоспорних папрати из **зигота (2n)** настаје биљка папрат са развијеним вегетативним органима и припада бесполној, тј. **спорофит генерацији** која **доминира у развојном циклусу папрати** (Сл. 175).

На наличју листова одрасле папрати, образују се спорангије груписане у сорусе (групе спорангија). У спорангијама, **након редукционе деобе**, настаје већи број **хаплоидних изоспора** (све споре су исте). Папрати које образују споре истог типа, називају се **изоспорне**. Споре при „клијању“ дају нежан хермафродитан **ПРОТАЛИЈУМ** на коме се образују обе врсте гаметангија, **археоније** – женске и **антеридије** – мушке. **Проталијум** - **гаметофит** је у облику ситне срцасте плочице и води самосталан, аутотрофан начин живота. У археонијама, на проталијуму, се образује јајна ћелија - женски гамет, а у антеридијама антерозоиди - мушки гамети. Спајањем гамета, за шта је неопходна вода, настаје зигот, тј. отпочиње нова диплоидна фаза која чини почетак бесполне – **спорофит генерације**.



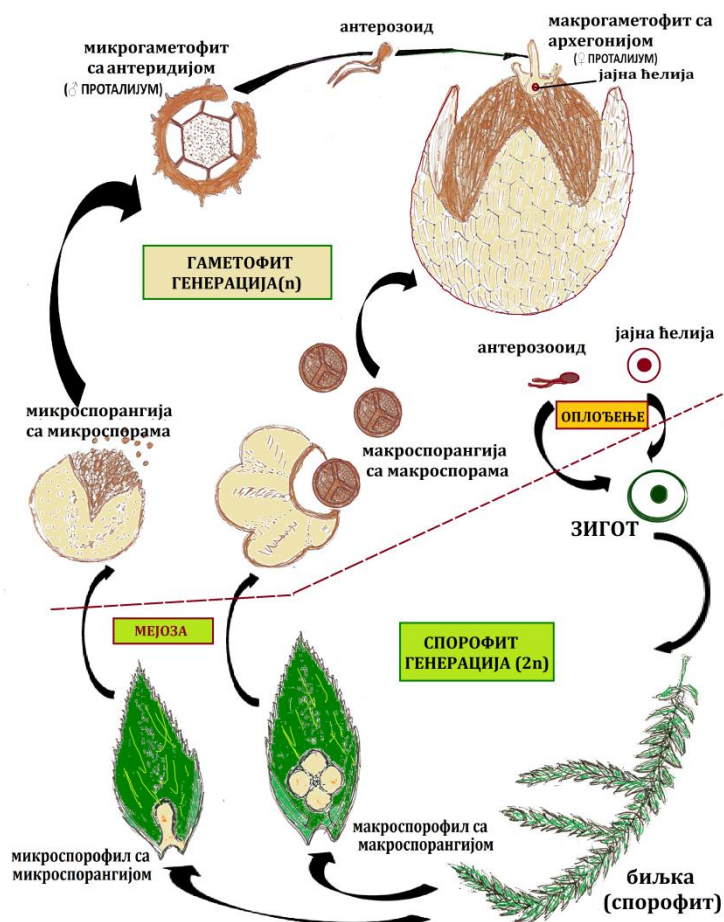
Слика 175. Циклус развића изоспорних папрати

Циклус развића хетероспорних папрати

Одрасла хетероспорна папрат на врховима изданка носи листиће – спорофиле, сакупљене у стробилусе, сличне класу, па их називамо „спороносни класови“ (Сл. 176). У стробилусима једна врста спорофила - **макроспорофили**, носе **макроспороангије** (женске спорангије), а друга врста спорофила - **микроспорофили** носе **микроспороангије** (мушке спорангије). У макроспороангијама **после редукционе деобе** настају хаплоидне **МАКРОСПОРЕ** (женске), а у микроспороангијама, **МИКРОСПОРЕ** (мушке). Ова појава се назива **хетероспорија**, јер се на **истој биљци образују две врсте спора (женске и мушке)** и представља виши степен у еволуцији биљака, па их због ове особине називамо **ХЕТЕРОСПОРНЕ**. Из микроспоре развија се **МИКРОПРОТАЛИЈУМ (микрогаметофит)** – мушки проталијум, који не напушта опне споре. На њему се образују антеридије у којима настају антерозоиди (мушки гамети). У унутрашњости **макроспоре**, образује се **МАКРОПРОТАЛИЈУМ (макрогаметофит)** - женски проталијум. На макропроталијуму се образују архегоније са јајном ћелијом (женски гамет). **Проталијуми се развијају на рачун резервних материја спора, не воде самосталан начин живота!** Антерозоиди, уз помоћ капљица воде, доспевају до јајне ћелије и одвија се процес оплођења, након чега се образује **зигот (2n)** из кога се развија нова биљка - **спорофит**.

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

У односу на изоспорне папрати, код хетероспорних папрати, констатујемо две врсте спора које настају у посебним спорангијама, као и редукцију гаметофита (проталијума), који се развија унутар спора (не егзистира самостално). Дакле, бесполна или спорофит генерација је још доминантнија у животном циклусу хетероспорних папрати (у односу на изоспорне).



Слика 176. Циклус развића хетероспорних папрати

Полно размножавање семеница (цветница)

Семе, као генеративни орган, карактеристично је за биљке које су достигле највиши степен у еволуцији биљнога света, означене као **семенице (Spermatophyta)**. Семенице, биљке са семеном, делимо на два одељка: **голосеменице (Pinophyta)** и **скривеносеменице (Magnoliophyta)**. Семена код ових биљака служе за распрострањање и размножавање, а не споре, као

код спороносних биљака (маховине и папрати). Семе је овим биљкама веома корисно у борби за опстанак и омогућило им је биолошко преимућство на Земљи.

Код цветница **нема типичног бесполог размножавања спорама**, а смена генерација није јасно изражена и може се уочити само детаљним упоредним морфолошким и цитолошким истраживањима јер је гаметофит генерација максимално редукована, потпуно изгубила самосталност, сведена на ћелијски ниво и јавља се само као део спорофита.

Након оплођења, код цветница, из зигота се развија **ЕМБРИОН (КЛИЦА)**, који заједно са осталим деловима семеног заметка (нуцелус, ендосперм, интегументи) формира **СЕМЕ**. **Код семеница се нова биљка развија из семена** (не као код претходних категорија кормофита - из споре).

Спорофили цветница се углавном образују на врху изданка и обавијени су метаморфозираним листовима, градећи цвет. Јасно се издвајају микроспорофили које код цветница називамо **прашници**, који садрже **микроспорангије (поленове кесице)** у којима се образују **микроспоре (ПОЛЕНОВА ЗРНА)** и **макрспорофили (оплодни листићи)** са **макрспорангијом (семени заметак)** у којој се образује **МАКРОСПОРА – ЕМБРИОНОВА КЕСИЦА**.

Код **ГОЛОСЕМЕНИЦА**, семени замеци, а касније семена, стоје слободни („голи“) на **макрспорофилима** који формирају **женску шишарку**.

Код **СКРИВЕНОСЕМЕНИЦА**, **макрспорофили** срстају формирајући **тучак** у чијем се доњем, проширеном делу – плоднику, налази један или више **семених заметака (макрспорангија)**. Након оплођења, из семеног заметка се образује **семе**, окружено разраслим плодником, који образује **ПЛОД**.

Полно размножавање голосеменица

Голосеменице (класа Pinopsida – четинари) су најчешће једнодоме биљке, са мушким и женским шишаркама (стробилуси) који се развијају на истој биљци.

ЖЕНСКУ ШИШАРКУ граде спирално распоређени макроспорофили који се налазе у пазуху заштитних листића (Сл. 177). На горњој страни макроспорофила, незаштићени („голи“), налазе се по **два семена заметка (макрспорангије)**, које испуњава ткиво **нуцелус**, а обавија једнослојан омотач – **интегумент**. Интегумент не срста у потпуности већ оставља отвор – микропилу, окренуту ка основи макроспорофила. Једна од ћелија нуцелуса (**археспоријална**), после редукиционе деобе, даје четири ћелије од којих само једна нараста у **макрспору** или **ембрионову кесицу** (остале три пропадају). Макроспора „клија“ унутар макроспорангије образујући женски гаметофит (проталијум). На врху гаметофита, према микропили, образују се најчешће **две архегоније** са јајним ћелијама.

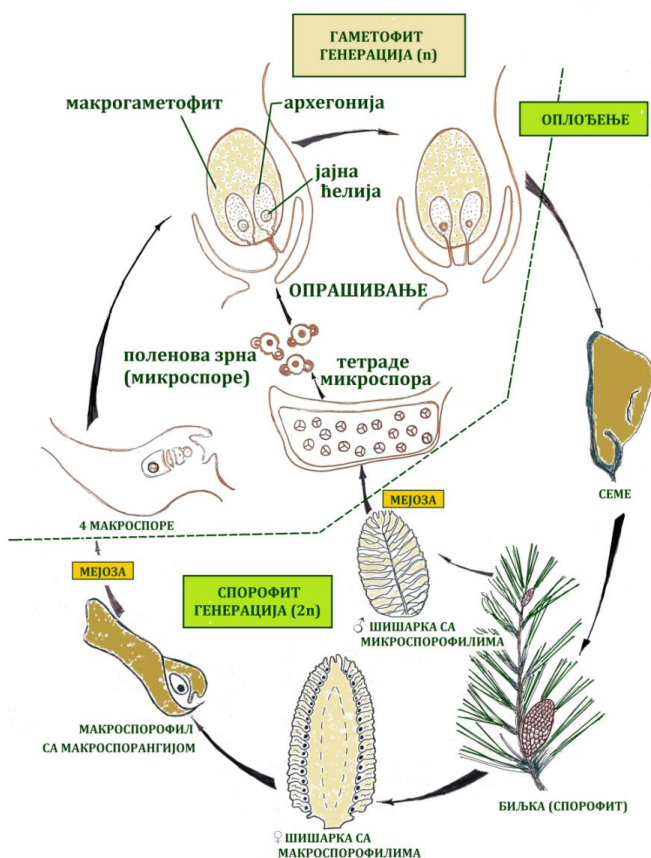
МУШКУ ШИШАРКУ граде микроспорофили (прашници) љуспастог облика, причвршћени на заједничкој осовини. На њиховој доњој страни налазе се по **две микроспорангије – поленове кесице** (код неких врста и већи број), у

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

којима се после редукционе деобе, из **археспоријалног** ткива, образује велики број **микроспора** – **поленових зрна**.

У поленовом зрну кога чине две овојнице (спољашња егина и унутрашња интина), се образује веома редукован мушки гаметофит (проталијум, микрогаметофит), који, поред осталих, садржи и једну антеридијалну ћелију, од које ће настати 2 сперматичне ћелије (једна је стерилна). До оплођења долази када поленово зрно, ношено ветром, падне на семени заметак (макроспорангију), након чега „клија“ у поленову цев – мушки проталијум, кога чине две ћелије које брзо пропадају и једна антеридијална, која се дели на две сперматичне ћелије (једна је функционална). Сперматична ћелија се **путем поленове цеви** (јер су и мушке полне ћелије непокретне), спаја са јајном ћелијом и образује се **зигот**. Од зигота се образује **ембрион (клица)**, **нова млада биљка**, која ураста у женски гаметофит - проталијум, богат хранљивим материјама (**примарни хаплоидни ендосперм**), на рачун којих се даље развија.

Процес образовања ембриона је веома сложен и у том процесу се постепено из семеног зачетка образује **семе**, **по први пут развијено код голосеменица**.



Слика 177. Циклус развића голосеменица (четинари)

ПОЛНО РАЗМНОЖАВАЊЕ СКРИВЕНОСЕМЕНИЦА

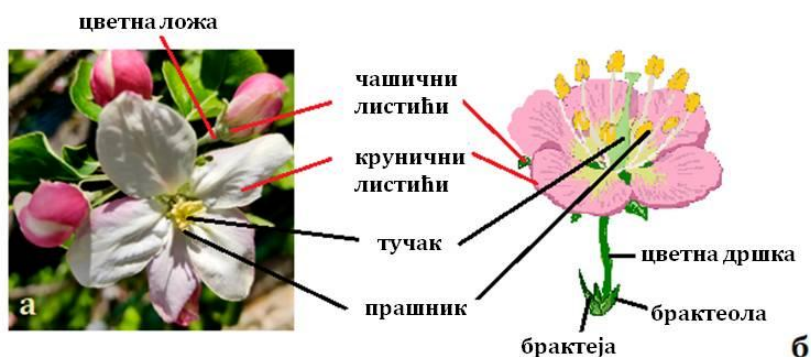
ЦВЕТ

ЦВЕТ (лат. *flos*, грч. *anthos*) скривеносеменица (Magnoliophyta) је **скраћени, неразгранати изданак, ограниченог растења, чији су листови метаморфозирани у вези са полним размножавањем.**

Цвет скривеносеменица је **генеративни орган** из чијих се одговарајућих делова, током полног размножавања, образује **семе**, које је заштићено унутар **плода**. **Функције цвета** су вишеструке: **спорогенеза** (образовање спора), **гаметогенеза** (образовање гамета), **опрашивање** (преношење полена на жиг тучка), **оплођење** (спајање гамета и образовање зигота) и **ембриогенеза** (образовање ембриона – клице).

Цветови се разликују по **величини, облику, потпуности, симетрији**. Тако се величина цвета креће од неколико милиметара код најситнијих цветница (сочивице - фам. Lemnaceae) до џиновског цвета чији је пречник око један метар (*Rafflesia arnoldi*). Облик цвета је сталан и карактеристичан за врсту. Облик цвета зависи од броја цветних делова, њиховог распореда и симетрије. Облик и грађа цвета су веома важне и поуздане таксономске карактеристике приликом детерминације биљака.

Типичан, потпун цвет скривеносеменица садржи: **чашицу, круницу**, које чине цветни омотач, **прашнике** и **тучак/тучкове**, који су причвршћени за **цветну ложу**, вршни проширени део **цветне дршке** (Сл. 178).



Слика 178. Типичан цвет скривеносеменица
а – цвет јабуке (*Malus domestica*) б – шема цвета

Осовину цвета за коју су причвршћени сви делови цвета, називамо **цветна ложа** (*receptaculum*). Цветна ложа има веома скраћене интернодије, па су делови цвета врло густо распоређени. Део непосредно испод цветне ложе, који носи цвет, називамо **цветна дршка**. Неки цветови немају развијену

цветну дршку, па их називамо **седећи цветови**. Цвет полази из пазуха листа који називамо **брактеја** или **приперак**. Неке биљке немају брактеју (нпр. представници фамилије купусњача - Brassicaceae). Поред брактеје, на цветној дршци монокотила може да се налази један листић, а код дикотила два листића, које називамо **брактеоле**.

РАСПОРЕД ЦВЕТНИХ ДЕЛОВА је најчешће **цикличан** или **пршљенаст**, када су сви цветни делови распоређени у пршљеновима (круговима). Код неких цветова примитивније грађе, распоред цветних делова је **спиралан** или **ацикличан** (кукурек, гороцвет). Код одређених биљака листићи цветног омотача су распоређени циклично, а прашници и тучкови спирално, па такав распоред цветних делова називамо **хемицикличан** (љутић, каљужница) – сл. 179.



Слика 179. Распоред цветних делова: а - цикличан (лала), б - спиралан (кукурек), в - хемицикличан (љутић)

Ако су у цвету цветни делови распоређени у пет кругова (пршљенова) - чашица, круница, прашници у два круга и тучак, такав цвет је **пентацикличан**. Код великог броја биљака, током еволуције редукован је један круг прашника, па су сви делови цвета распоређени у четири круга, па је цвет **тетрацикличан**. Код неких цветова може доћи до даље редукације неких пршљенова, па се цвет може свести само на један пршљен (нпр. једнополни цветови без цветног омотача).

СИМЕТРИЈА ЦВЕТА се односи на распоред цветних делова, превасходно круничних листића. Тако су у природи најчешћи **полисиметрични** или **актиноморфни** цветови, чији су листићи правилно, симетрично распоређени, па је могуће повући више оса симетрије. Током еволуције, настали су и цветови који су **моносиметрични** или **зигоморфни**, код којих је могуће повући само једну осу симетрије и то су углавном цветови који се опрашују инсектима (из фамилија Lamiaceae, Orchidaceae, Scrophulariaceae, Fabaceae итд.). Ретки су **бисиметрични** цветови, са две осе симетрије (*Dicentra* sp. – минђушица, *Hesperoist* sp. – пољски кукурек). И најређе се јављају **асиметрични** цветови код којих су крунични листићи сасвим неправилно распоређени (Сл. 180).

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА



Слика 180. Симетрија цвeта: а - актиноморфан (дивља ружа), б - зигоморфан (орхидеја), в - бисиметричан (минђушица), г - асиметричан (кана)

Ако цвет садржи и прашнике и тучак (тучкове), такав цвет је **ДВОПОЛАН** или **ХЕРМАФРОДИТАН** (прашници су мушки, а тучак женски део цвeта). Међутим, у природи се срећу и **ЈЕДНОПОЛНИ ЦВЕТОВИ**, односно цвeтови који садрже само прашнике или само тучак (тучкове). Тада цвeтове са прашницима називамо **МУШКИ**, а оне са тучковима, **ЖЕНСКИ** цвeтови. Често се код једнополних цвeтова могу уочити остаци другог „пола“ (редуковани су током еволуције), што значи да су током еволуције настали од двополних цвeтова.

У вези са постојањем једнополних цвeтова, разликујемо биљке код којих се на истој индивидуи (јединки) налазе и мушки и женски цвeтови, таква биљка је **ЈЕДНОДОМА** (монецка). Једнодоме биљке су нпр: кукуруз, тиква, лубеница, орах, леска, бреза, смоква, буква, храст итд. Ређе су биљке код којих се мушки цвeтови налазе на једној индивидуи, а женски на другој. Такве биљке су **ДВОДОМЕ** (диецке). Такве су на пример: топола, врба, конопља, хмељ, спанаћ итд. Постоје и биљке код којих се развијају и једнополни и хермафродитни цвeтови, у различитим комбинацијама, и све њих називамо **ВИШЕДОМЕ** (многодоме, полиецке). Такве су: хељда, јасен, јавор, штир итд.

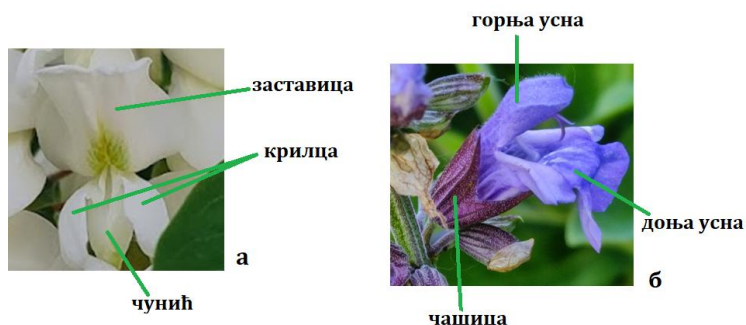
ЦВЕТНИ ОМОТАЧ

Листићи чашице и крунице чине **ЦВЕТНИ ОМОТАЧ (ПЕРИЈАНТ)**. Цветни омотач код кога се јасно разликује **чашица** (изграђена од зелено обојених листића) и **круница** (изграђена од живо обојених листића) називамо **ХЕТЕРОХЛАМИДАН (ДВОЈАН)**. Цветни омотач код кога су сви листићи исти обликом и бојом, називамо **ХОМОХЛАМИДАН (ПЕРИГОН)**. Ако је перигон састављен од листића који су живо обојени по типу крунице, називамо га **крунициолик**. Такав цветни омотач имају: лала, ђурђевак, висабаба, зумбул, перуника итд. Ако су, пак, листићи перигона зелено обојени, по типу чашичних листића, тада је **перигон чашицолик** (коприва, кисељак, конопља, хмељ итд.). Код неких врста у цветном омотачу може изостати један или оба циклуса листића, тада је цветни омотач **непотпун**. Непотпун цветни омотач код кога недостају листићи чашице, називамо **асепалан** (нпр. цевасте цвeтови камилице), а цветни омотач код кога недостају листићи крунице, називамо **апеталан** (цвет шећерне репе). Цвeтове без перијанта, називамо **ахламидни** или „**голи**“ (цвет врбе, јасена). Ова појава је карактеристична за врсте које се опрашују ветром.

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

Чашица (*calyx*) је спољашњи круг зелено обојених листића која штити унутрашње делове цвета док су још у фази пупољка. Најчешће чашица остаје и после отварања цветног пупољка и опада заједно са круницом. Код неких биљака, чашица опада након цветања (мак, булка, руса, минђушица, пољски кукурек итд.) док се код неких задржава на плоду (јабука, крушка, дуња, мушмула, дивља ружа итд.). Чашицу чине чашични листићи или *sepalae*. Ако су листићи чашнице слободни, цвет је **хорисепалан**, а ако су срасли онда је цвет **синсепалан**.

Круница (*corolla*) је унутрашњи круг цветног омотача, живо обојен и изграђен од најчешће крупнијих листића у односу на чашицу. Поред тога што круница штити прашнике и тучак у цветном пупољку, има и важну улогу да својом бојом, обликом и етарским уљима, привлачи инсекте и поспешу опрашивање. У овом процесу значајну улогу имају нектарије (жлездасте творевине које стварају нектар, који привлачи опрашиваче). **Крунични листићи** (*petalae*) су најчешће слободни и такав цвет називамо **хорипеталан**. Код неких врста долази до срастања круничних листића када цвет називамо **симпеталан**. Боја круничних листића зависи од пигмената (антоцијани, антохлор итд.) растворених у ћелијском соку. Бела боја крунице се појављује услед потпуног одсуства пигмената и потпуне рефлексије Сунчеве светлости. Код представника одређених фамилија чашица и круница су обликом веома специфичне што је последица прилагођености опрашивању инсектима (ентомофилија). Ова појава је нарочито изражена код фамилија махунарки (Fabaceae) и уснатица (Lamiaceae) које се одликују зигоморфним цветовима (Сл. 181). Код обе фамилије представници имају чашицу из пет неједнаких сраслих листића. Код махунарки круницу чини пет листића и то горњи најкрупнији – **заставица**, два бочна – **крилца** и два доња – срасла у **чунућ**. Цвет изгледом подсећа на лептира, отуда назив за ову фамилију и лептирњаче. Код уснатица круницу чини такође пет листића, у основи срасли у цев, која се наставља у двочлану **горњу** и трочлану **доњу усну** (двоуснат цвет – уснатице).



Слика 181. Лептираст цвет: а - багрем (*Robinia pseudoacacia*, Fabaceae); двоуснат цвет: б - жалфија (*Salvia officinalis*, Lamiaceae)



секундарна круница

Слика 182. Секундарна круница (нарцис - *Narcissus* sp.)

удубљења, издужени део крунице тзв. **остругу**, где се често сакупља нектар који привлачи инсекте опрашиваче (Сл. 183). Код неких биљака листићи перијанта могу бити знатно **метаморфозирани**, због измењених функција, а понекад и значајно **редуковани**. Тако у цвету кукурека (*Helleborus*) листићи чашице преузимају функцију круничних листића што називамо **круницолика чашица**, док су листићи крунице метаморфозирани у нектарије. Или редукцијом и метаморфозом перијанта винове лозе (*Vitis vinifera*), чашица је редукована, а листићи крунице су метаморфозирали у зеленкасте срасле листиће - **чашицолику круницу**, које прашници при цветању одстране из цвета.

Код одређених врста, попут руже, појављују се тзв. „**пуни цвет**“ односно цветови који садрже велики број круничних листића. Оваква појава углавном настаје услед преобраћања прашника или оплодних листића у круничне листиће. Такве врсте се гаје често као декоративне због атрактивног изгледа.

Код неких врста, попут нарциса, долази до образовања **секундарне или лажне крунице** (**paracorolla**), која настаје од израштаја са унутрашње стране сраслих круничних листића – сл. 182.

Код неких врста (нпр. из фамилије љутића – Ranunculaceae), цветови садрже џепаста

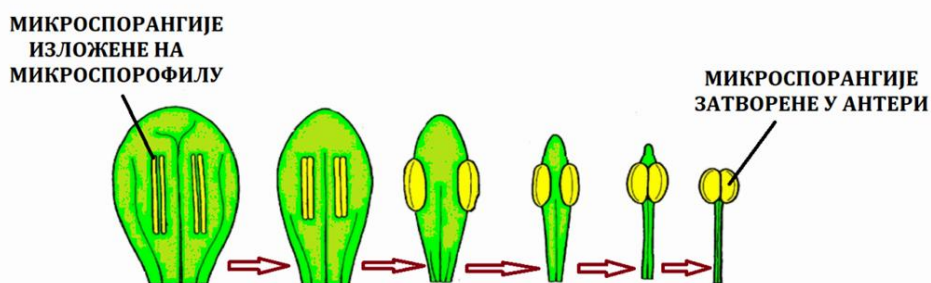


Слика 183. Оструга (жаворњак – *Delphinium* sp.)

ПРАШНИЦИ

Скуп свих прашника у једном цвету чини **АНДРЕЦЕУМ** (**androecium**). Типичан **ПРАШНИК** се састоји из **прашнице** (**антера**) и **прашничког конца** (**филамент**) - сл.185. **Антеру** чине две **полуантере** или **теке**, између којих се налази стерилно ткиво - **конектив**. Свака **полуантера** садржи две **поленове кесице** у којим се образују **поленова зрна**.

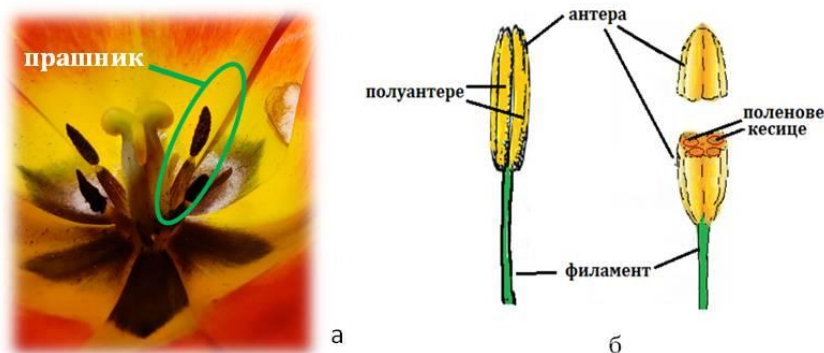
Као што је раније наведено, сви делови цвета су мање или више преображени листови, па су и прашници заправо преображени листови. Прашници су током еволуције биљака настали од **микроспорофила**, дакле то су **хомологи органи** (Сл. 184). Тако су **микроспорофили** листови на којима се налазе **микроспорангије**, што код прашника одговара **поленовим кесицама**, у којима се образују **микроспоре**, које одговарају **поленовим зрнима**.



Слика 184. Еволуција микроспорофила до прашника

Прашници се обично називају мушким деловима цвета, јер су за њих везани процеси **микроспорогенезе** (образовање микроспора), **микрогаметогенезе** (образовање мушких гамета), **опрашивања** и **лучења нектара**.

Прашници су у цвету распоређени спирално или у циклусима. Обично су сви прашници у цвету исте дужине, изузев код неких фамилија где је током еволуције дошло до промене. Број, изглед, распоред и дужина прашника су важне таксономске карактеристике.



Слика 185. Прашник: а - лала (*Tulipa* sp.); б - делови прашника

Код одређених биљака прашници могу одступати од типичне грађе. Тако су антере често код појединих врста веома специфичног облика. Код неких биљака су прашници гранати (рицинус), код других су подељени, па свака половина филамента носи по једну полуантеру (граб, бреза). Код лана срастају само доњим делом филамената. Код већине представника фамилије махунарки (*Fabaceae*), девет прашника сраста целом дужином филамената, а један прашник је слободан. Код слеза су прашници и разгранати и срасли у цев (Сл. 186). Код главочика (*Asteraceae*) су филаменти слободни, а антере срасле у цев кроз коју пролази стубић тучка. Са друге стране, често се дешава да прашници срастају са круничним листићима (јагорчевина, кромпир, татула итд.). Понекад чак прашници срастају са тучком, као код фамилије орхидеја (*Orchidaceae*).

Главна функција прашника јесте **образовање поленових зрна** - **микроспорогенеза**.

Међутим, током еволуције, код неких биљака поједини прашници су изгубили ту функцију, тада су стерилни и називају се **стаминодије**. Стаминодије често имају функцију жлезда нектарија јер луче слатки сок – нектар, који привлачи опрашиваче.

Образовање поленових зрна почиње у **поленовим кесицама** - **микроспорангијама**, много пре цветања.

Због специфичних функција, анатомска грађа поленових кесица се изузетно мења од тренутка зачињања прашника, па до потпуне зрелости поленових зрна.

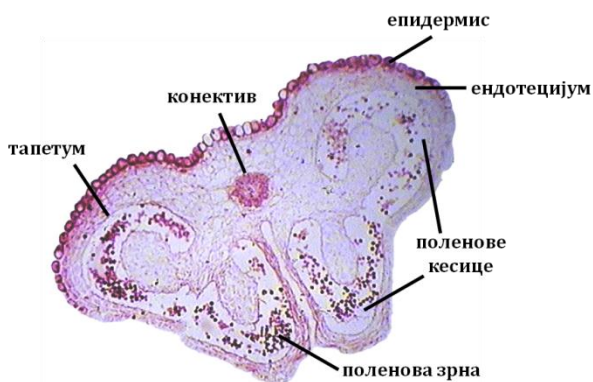
Док су младе, поленове кесице су изграђене од меристемског ткива. Током њиховог развића долази до низа промена које им дају специфичну структуру.

Тако се на површини антере образује једнослојан **епидермис**. Испод њега се налази један слој ћелија - **ендотецијум**, чије су ћелије са влакнастим задебљањима па се често назива и **фиброзни** или **влакнасти слој**. Овај слој има улогу у отварању поленових кесица при сазревању полена. Испод фиброзног слоја се налази неколико слојева ћелија, од којих се задржи само последњи из кога се образује **тапетум**, чије ћелије често садрже два или



Слика 186. Прашници разгранати, срасли филаментима, граде цев коју пролази стубић тучка (краљевски слез - *Malva trimestris*)

више једара. Тапетум опкољава **археспоријум** који се налази у унутрашњости поленове кесице и има функцију **хранљивог ткива**, чија је главна функција да **исхрани археспоријалне ћелије (спорогене)**, које ће дати **ПОЛЕНОВА ЗРНА (полен, поленов прах)** - сл. 187. Свака ћелија археспоријума се дели, један или више пута, од којих унутрашња ћелија



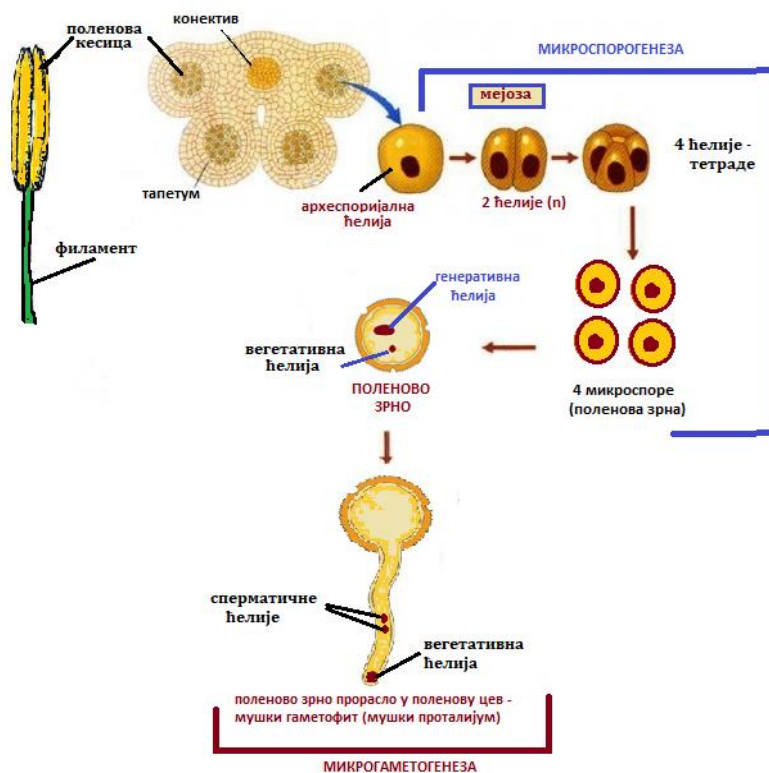
Слика 187. Пресек антере (љилиан - *Lilium sp.*)

постаје мајка ћелија микроспора, тј. поленових зрна. У конективу, који повезује две полуантере, налази се проводни снопић.

МИКРОСПОРОГЕНЕЗА је процес формирања **микроспора** - **поленових зрна**. Овај процес се одвија кроз процес редукционе деобе (мејозе) мајке ћелије, настале из археспоријалне ћелије. У овом процесу једро мајке ћелије

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

микроспоре се дели два пута, где је прва деоба редукциона, а након друге деобе (по типу митозе), од једног диплоидног једра мајке ћелије, настају **4 хаплоидна једра** заоденута са делом цитоплазме - **микроспоре**, које у овом стадијуму називамо **тетраде** (Сл. 188). Пре самог растварања зида који обавија тетраде, око микроспора се образује сопствени зид и **микроспора се преобраћа у поленово зрно**. Растварањем ћелијског зида који обавија тетраде – поленова зрна се ослобађају.



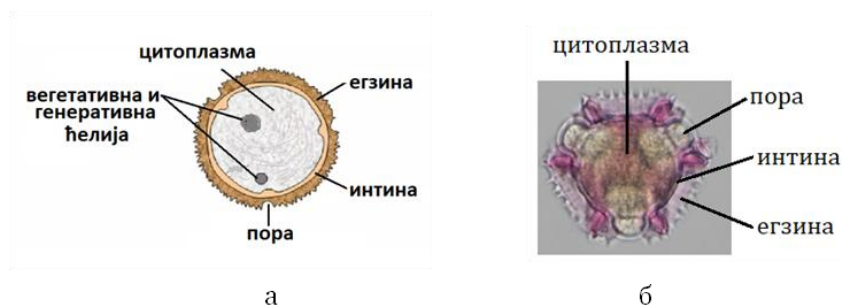
Слика 188. Микроспорогенеза и микрогаметогенеза

Поленово зрно на својој површини има **две овојнице** – спољашњу **егзину** и унутрашњу **интину**. **Егзина** је најчешће целулозна, понекад је превучена и слојем кутикуле и садржи различите структуре, услед центрифугалних задебљања ћелијског зида. Ове структуре на егзини су специфичне за одређене таксоне па служе за поленске анализе и детерминацију врста. Егзина поседује ситне отворе – **поре**, које су бројније што је егзина дебља и израженије структуре, а служе за пролазак поленове цеви приликом „клијања“ поленовог зрна (Сл. 189). Унутрашња **интина** је изузетно танка, двослојна и углавном целулозно-пектинске природе. Када су формиране овојнице поленовог зрна, долази до деобе једра микроспоре и то увек неколико дана пре цветања. Резултат ове деобе јесу **два једра** или **две ћелије** различите величине. У употреби су оба појма, а заправо је реч о једру заоденутим са нешто цитоплазме, па се често називају ћелијама (немају

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

диференциран ћелијски зид, па нису потпуно формиране ћелије). Једна ћелија је већа, са крупним округлим једром, називамо је **вегетативна**. Ова ћелија представља зачетак **микропроталијума (микрогаметофит)**. Друга, мања ћелија назива се **генеративна** или **антеридијална ћелија**, поседује веома танку двојну мембрану пектинске природе, а у цитоплазми садржи углавном леукопласте, митохондрије и рибозоме.

Након ослобађања потпуно формираних поленових зрна почиње процес **МИКРОГАМЕТОГЕНЕЗЕ** односно формирање **мушких гамета** у поленовом зрну. Дакле, **генеративна ћелија** се дели на **две сперматичне ћелије – мушки гамети** и то у самом поленовом зрну или у поленовој цеви након „клијања“ поленовог зрна. Сперматичне ћелије садрже извесну количину цитоплазме која опкољава једро.

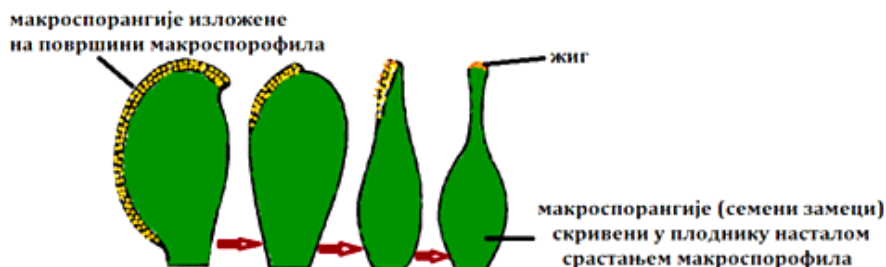


Слика 189. Поленово зрно (микроспора): а – делови поленовог зрна, шема; б – поленово зрно *Cichorium intybus*

ПРОДУКЦИЈА ПОЛЕНА по биљци је веома велика, посебно код биљака које се опрашују ветром и разликује се код различитих таксона. Тако једна индивидуа кукуруза продукује у просеку 50 милиона поленових зрна, а једна индивидуа амброзије у пуном цвету у току једног дана продукује и до 2,5 милијарде поленових зрна. **ВЕЛИЧИНА ПОЛЕНА** веома варира у зависности од врсте. Тако износи 0,008 mm код фикуса (*Ficus elastica*) до 0,2 mm код тикве (*Cucurbita pepo*). **ОБЛИК** поленовог зрна и изглед егзине су веома варијабилни и служе као таксономски карактер. **БОЈА ПОЛЕНА** је најчешће жута. Код неких биљака је сивкаста, бела, црвенкаста или мрка. **ДУЖИНА ЖИВОТНЕ СПОСОБНОСТИ ПОЛЕНА** такође варира у широким границама, од неколико сати до неколико дана (кукуруз, пшеница), а код лукова и до 70 дана.

ТУЧАК

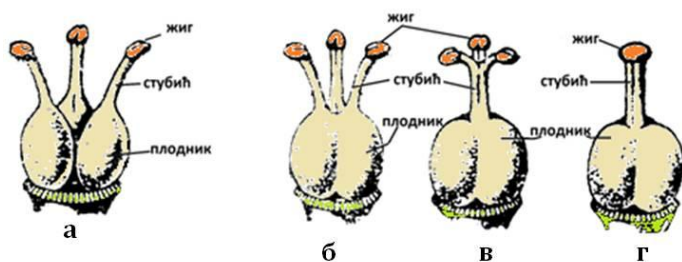
Тучак (pistillum) се назива женским делом цвета и изграђен је из **оплодних листића** или **карпела**. Скуп свих оплодних листића у једном цвету чини **ГИНЕЦЕУМ (gynoeceum)**. Карпеле су настале од листова, макроспорофила, који су током еволуције метаморфозирали и срасли, па код скривеносемица образују тучак (Сл. 190).



Слика 190. Еволуција макроспорофила до тучка

На тучку углавном разликујемо три карактеристична дела. **Плодник (ovarium)** је доњи, проширени део тучка у коме се налазе семени замеци. Од плодника полази дужи или краћи **стубић (stylus)**. На врху стубића се налази **жиг (stigma)** - сл. 191. Функција **ЖИГА** је да **прихвати полен** приликом опрашивања. За успешно прихватање полена, жигови имају различите облике и веома су специјализовани. Тако су код неких биљака веома фино длакави, код неких су папиласти, понекад те папиле луче лепљиве материје и сл. што је посебно изражено код биљака које се опрашују ветром (анемофилно). **СТУБИЋ** има функцију да изнесе жиг што више од перијанта и **олакша прихватање полена и опрашивање**. Непосредно испод жига или у стубићу се налази тзв. **СТИГМОИДНО ТКИВО** које има функцију да олакша раст и исхрану поленове цеви. Код неких тучкова недостаје стубић, па је жиг седећи (директно на плоднику).

Најједноставнији гинецеум је изграђен од само једног оплодног листића (карпеле) и тада је **монокарпан** (представници фамилије махунарки – Fabaceae). Ако га чини више карпела, гинецеум је **поликарпан**. Код овог типа гинецеума, разликујемо две варијанте, и то: свака карпела срста и образује тучак, па се у цвету налази **више тучкова**, тада је гинецеум **апокарпан** или две или више карпела срстају заједно и образују **један тучак**, тада је гинецеум **синкарпан** или **ценокарпан**. Код синкарпног гинецеума се могу разликовати нивои срстања карпела. Тако карпеле могу срсти само у нивоу



плодника, а стубићи и жигови су одвојени. Или карпеле срстају у нивоу плодника и стубића, па су само жигови слободни и трећа варијанта је када карпеле потпуно срсту (Сл. 191).

Слика 191. Типови гинецеума: а - апокарпан, б, в, г - синкарпан (б - срстање карпела у нивоу плодника, в - срстање карпела у нивоу плодника и стубића, г - потпуно срстеле карпеле)

У зависности од броја карпела и начина њиховог срastaња, разликује се **ГРАЂА ПЛОДНИКА** односно број плодникових шупљина (у њима се налазе причвршћени семени замеци). Тако се монокарпни и апокарпни гинецеуми одликују плодником са једном шупљином – **једноок плодник**. Понекад, код оваквих гинецеума, увртањем карпеле, шупљина се дели на два дела, дајући **лажно двоок плодник**. Код синкарпног гинецеума, такође плодник може бити једноок, али се увртањем карпела могу формирати и **двооки, трооки и вишеоки** плодници у зависности од броја карпела. Ако су ове преграде непотпуне, плодник је **непотпуно двоок** итд. Ако карпеле образују израштаје који формирају преграде, настаће **лажно вишеок плодник**.

Положај плодника у односу на остале цветне делове се разликује и може бити: **надцветан, средцветан и подцветан** (Сл. 192). Ако је цветна ложа равна или издужена па је плодник на врху, а испод њега су причвршћени остали делови цвета (перијант и прашници), тада је он **надцветан**, а цвет је **хипогин** (представници фам. Magnoliaceae, Ranunculaceae, Brassicaceae, Lamiaceae итд.).

Ако је цветна ложа пехарасто удубљена, плодник је у њој и не срasta са цветном ложом, онда је плодник **средцветан**, а цвет је **перигин**

(фам. Rosaceae - шљива, вишња,

трешња итд.). И ако је цветна ложа пехарасто удубљена и зид плодника срasta са њом, плодник је **подцветан**, а цвет је **епигин** (фам. Rosaceae - дуња, јабука, крушка, фам. Cucurbitaceae, Apiaceae итд.).



Слика 192. Положај плодника у цвету

СЕМЕНИ ЗАМЕТАК (један или више) развија се у унутрашњости плодника тучка. Након оплођења, из семеног зачетка се образује **семе**. Семени замеци одговарају **макроспорангијама** и развијају се са унутрашње стране оплодног листића (карпеле). Зачињу се веома рано у виду малог испупчења (квржице), а место на коме се зачињу назива се **плацента**. Његове ћелије се брзо деле (митозом) и семени зачетак брзо расте. Поред раста, ћелије семеног зачетка се и диференцирају дајући му специфичну грађу. Тако се вршни део семеног зачетка развија у **нуцелус**, а базални део у дршку или фуникулус. При основи нуцелуса зачињу се овојнице или **интегументи** семеног зачетка. Семени замеци обично имају два интегумента (ређе их је три, само један или их уопште нема). Интегументи на врху нуцелуса никада не срastaју већ остаје мали отвор – **микропила** који се наставља у **микропиларни канал** који служе за усмеравање раста поленове цеви. Основа нуцелуса одакле полазе интегументи, назива се **халаза** (а то место на формираном семену чини пупак или *hylum*) - сл. 193. Број семених зачетака

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

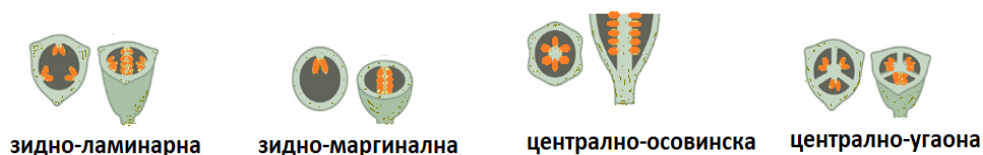
у плоднику се веома разликује. Тако се креће од једног (нпр. код житарица) до огромног броја (тиква, лубеница, мак...).



Слика 193. Семени заметац: а – семени заметац у плоднику тучка; б - положај семеног заметка

Положај семених заметака у плоднику се разликује, па ако је нуцелус директан продужетак фуникулуса, назива се **прав (ортотропан)**. Код неких биљака услед неравномерног раста, семени заметац је окренут, па изгледа као да је обешен низ фуникулус, па се наслања на њега или чак сраста са њим, такав семени заметац је **преврнут (анатропан)**. Ако је срастао за фуникулус, на формираном семену ће се то видети као бразда или семени шав (*rapha*). Постоје и семени замеци код којих се халаза и микропила не налазе у линији, као наставак фуникулуса, него је он лучно повијен, па такав семени заметац називамо **савијен (искривљен, кампилотропан)** - сл. 193б.

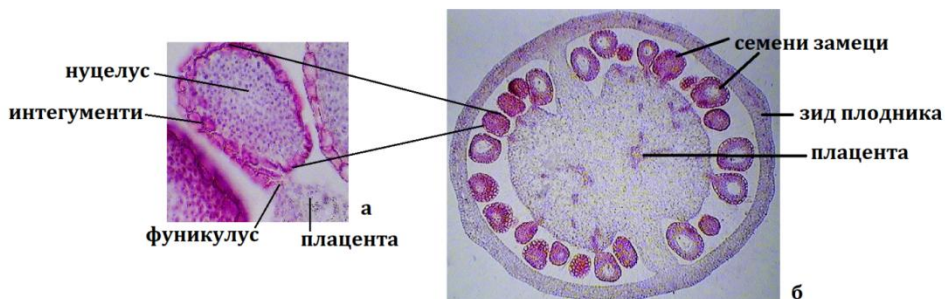
ПЛАЦЕНТАЦИЈА, распоред семених заметака у плоднику, карактеристичан је за врсту и у принципу се разликују две основне могућности: или су семени замеци причвршћени за зид плодника - тада је **зидна (паријетална) плацентација** или су семени замеци причвршћени за ткиво у средини плодника (пореклом од карпела или цветне ложе) – тада је **централна плацентација** (Сл. 194).



Слика 194. Распоред семених заметака у плоднику (плацентација)

Међутим, распоред семених заметака се може посматрати и у односу према појединим карпелама, па тада такође разликујемо две могућности: семени замеци се налазе по рубовима карпела – **маргинална плацентација** или су на унутрашњој површини карпела – **ламинарна плацентација**. Тако разликујемо: зидно-маргиналну, зидно-ламинарну, централно-осовинску и централно-угаону. Централно угаона је посебан вид плацентације, када су

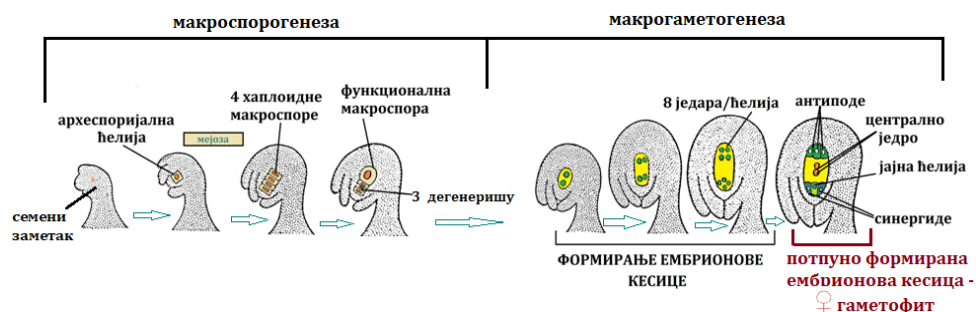
земеци причвршћени за ивице карпела, у центру вишеоког плодника (Сл. 195).



Слика 195. Семени заметак: а – делови; б - попречни пресек плодника са централно-угаоном плацентацијом (плодник кромпира – *Solanum tuberosum*)

МАКРОСПОРОГЕНЕЗА је процес образовања **женске споре - макроспоре**, који се одвија у **семеном заметку - макроспорангији**. Макроспорогенеза почиње образовањем **археспоријалне ћелије** у нучелусу семеног заметка. Археспоријална ћелија има веће димензије, гушћу цитоплазму и крупније једро од осталих ћелија нучелуса. Код највећег броја скривеносеменица, археспоријална ћелија се дели мејозом, дакле долази до редукције броја хромозома ($2n \rightarrow n$). Након завршене мејозе, образују се 4 хаплоидне ћелије – **макроспоре**. Најкрупнија је **функционална макроспора**, која је мајка ћелија **ембрионове кесице**, а остале три постепено дегенеришу. Након процеса макроспорогенезе, следи процес формирања женског гамета - **макрогаметогенеза**. У овом процесу се образује **ембрионова кесица** која одговара **макрогаметофиту** или **женском проталијуму**. Дакле, **функционална макроспора** (често означена као „**једноједарна ембрионова кесица**“) се дели митозом на два једра, од којих свако одлази на супротне половине, односно једно ка халази, друго ка микропили. Следе још две деобе чији је резултат образовање четири једра на сваком полу, укупно осам једара у процесу формирања ембрионове кесице. Поред деоба једара, долази и до увећања ембрионове кесице. У следећој фази, са сваког пола по једно једро одлази у централни део ембрионове кесице, па на половима остају по три једра заоденута са мало цитоплазме, те их често називамо **ћелије**. Тако на микропиларном полу остаје **једна крупнија јајна ћелија са две синергиде**, ситније (јајни апарат). На халазном полу се налазе **три ћелије - антипode**. Два једра у центру се или приљубе или сасвим споје, образујући **централно (секундарно) једро ембрионове кесице** коме припада највећи део цитоплазме и тако гради **централну ћелију са диплоидним бројем хромозома**. Ова фаза представља завршетак макрогаметогенезе односно потпуно образовану **осмоједарну ембрионову кесицу (женски гаметофит) са женским гаметом - јајном ћелијом** (Сл. 196).

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА



Слика 196. Макроспорогенеза и макрогаметогенеза

Овакав начин образовања ембрионске кесице је широко распрострањен па се назива и нормални тип. Поред описаног, постоје и другачији процеси постанка и образовања ембрионске кесице који су ређе заступљени.

ПРИКАЗ ГРАЂЕ ЦВЕТА. Цвет, као генеративни орган скривеносеменица, одликује сложена грађа која се може приказати на различите начине. Тако се грађа цвета, број, распоред и узајамни односи делова цвета, могу приказати **дијаграмом**

цвета и цветном формулом.

ЦВЕТНИ ДИЈАГРАМ је шематска пројекција цвета на раван управну његовој уздужној оси (тлоцрт цвета). За представљање делова цвета, користе се



Слика 197. Дијаграм цвета: а - општи дијаграм; б - дијаграм цвета грашка

устаљени симболи. На дијаграму се види број циклуса у цвету, број чланова сваког циклуса, њихов распоред и узајамни положај - сл. 197. У **ЦВЕТНИМ ФОРМУЛАМА** користе се слова, бројеви, знакови и симболи. На почетку формуле се налази ознака за симетрију цвета (* - актиноморфна, % - зигоморфна). Делови цвета се означавају великим латиничним словима. Тако се чашница означава са **К** (*Calyx*), круница са **С** (*Corolla*), прашници са **А** (*Androeceum*), скуп оплодних листића са **Г** (*Gynoeceum*), а хохламидан цветни омотач са **Р** (*Perigonium*). Број цветних делова у циклусу означава се бројем у индексу, док се за велики број цветних делова користи математички знак за бесконачно. Срастање цветних делова у циклусу се означава малим заградама, а срастање различитих циклуса угластим заградама. Положај плодника се означава хоризонталном линијом уз број оплодних листића (нпр. надцветан - $G_{(5)}$). Тако се грађа цвета приказано дијаграмом цвета (Сл. 197а) може представити следећом цветном формулом, * $K_5 C_5 A_5 G_5$.

ЦВАСТИ

Неке биљке имају појединачне цветове, попут нарциса, лале, магнолије, булке, божура, локвања итд. Међутим, много је већи број биљака код којих су цветови сакупљени у **цвасти**.

ЦВАСТ (*inflorescentia*) је скуп цветова на заједничкој осовини. Тако у грађи цвасти разликујемо **осовину (вретено цвасти)** и **цветове**. Величина цвасти веома варира, од малих, пречника тек неколико центиметара (код млечике), до великих цвасти 10 m дужине и пречника од 1m (палма – *Corypha umbraculifera*). И број цветова у цвастима се веома разликује, од свега два па до 300 000 код рогоза или чак 6 милиона код поменуто палме.

Иако постоји велики број прелазних форми цвасти између појединих категорија па је њихова класификација прилично тешка, ипак се јасно издвајају две основне категорије, а то су: **рацемозне** и **цимозне** цвасти (Сл. 201). Ове две категорије цвасти се разликују на основу начина формирања вретена цвасти, односно гранања вегетационе купе цвасти и редоследа отварања цветова.

РАЦЕМОЗНЕ ЦВАСТИ (моноподијалне, ботричне, гроздасте) су цвасти чије вретено дуже расте, моноподијално се грана, носећи већи број цветова. На самом врху овог типа цвасти не образује се цвет, па су категорисане као отворене цвасти. Редослед отварања цветова је такав да се прво отварају цветови при основи цвасти (акропетално) и одвија се постепено према врху. У категорији рацемозних цвасти према нивоу гранања, разликујемо **просте** и **сложене рацемозне цвасти**.

ПРОСТЕ РАЦЕМОЗНЕ ЦВАСТИ су оне код којих са јединственог вретена цвасти, односно осовине првог реда, полазе цветови (са или без дршке), који су заправо њени пазушни изданци („бочне гране“).

Основни типови простих рацемозних цвасти су: **грозд**, **клас**, **штит** и **главица**. Из основних типова се могу извести још неки **подтипови** као што су: **гроња**, **клип** и **реса** (Сл. 198, 199).

ГРОЗД (*racemus*) је цваст са издуженом осовином са више спирално распоређених цветова, на дршкама приближно исте дужине. Ова цваст је честа код врста из фамилије махунарки (Fabaceae), купусњача (Brassicaceae), љиљана (Liliaceae) итд. (Сл. 198а, 198б).

КЛАС (*spica*) је цваст са издуженом осовином и спирално распоређеним седећим цветовима. Карактеристична је за већи број представника из фамилије орхидеја (Orchidaceae), оштрица (Superaceae), код боквице (*Plantago* sp.) итд.



а



б



в

Слика 198. Просте рацемозне цвасти: а - грозд (багрем - *Robinia* sp.); б - грозд (минђушица - *Dicentra* sp.); в - гроња (трешња - *Prunus* sp.)

ШТИТ (*umbella*) је проста рацемозна цваст са скраћеном осовином са чијег врха полазе цветови са дршкама исте дужине (Сл. 199в). Цваст штит се налази код лука, јагорчевине, док су код бршљана прости штитови често сложени у метлицу итд.

ГЛАВИЦА (*capitulum*) је цваст код које се на скраћеној и задебљалој осовини налази велики број седећих цветова. Осовина главице може бити тањирасто проширена, испупчена или равна. Типична главица је заступљена код главичарки - фамилија *Asteraceae* (сунцокрет, маслчак, бела рада, камилица, звездан итд.) - сл. 199б.

ГРОЊА (*corymbus*) је цваст изведена од грозда (модификовани грозд). Гроња је цваст код које се на издуженој осовини налазе спирално распоређени цветови на дршкама различите дужине. Посматрано од базе цвасти дршке су све краће па се цветови налазе у скоро истој равни. Гроњу имају јабука, крушка, трешња, ђачки пољубац итд. (Сл. 198в).

КЛИП (*spadix*) је цваст изведена од класа (модификовани клас). Код клипа је осовина задебљала и носи спирално распоређене седеће цветове. Клип се налази код козлаца, иђирота, кале, спатифиљума, женске цвасти кукуруза итд. (Сл. 199а).

РЕСА (*amentum*) је такође изведена из класа, али је осовина цвасти танка, дугачка, без довољно чврстине па је оборена, виси и углавном садржи једнополне цветове. Биљке са ресама су прилагођене анемофилном опрашивању (ветром). Ресу имају орах, дуд, леска, бреза итд. (Сл. 199г).



Слика 199. Просте рацемозне цвасти: а - клип (спатифилум - *Spathyphillum* sp.); б - главица (сунцокрет - *Helianthus annuus*); в - штит (воштани цвет - *Hoya* sp.); г - реса (бреза - *Betula* sp.)

СЛОЖЕНЕ РАЦЕМОЗНЕ ЦВАСТИ су оне код којих цветови полазе са осовина другог, трећег или n-реда. У ову категорију припадају: **сложен грозд (метлица)**, **сложена гроња**, **сложен клас** и **сложен штит** (Сл. 200).

СЛОЖЕН ГРОЗД, МЕТЛИЦА (*racemus composita, panicula*) је сложена рацемозна цваст која има разгранату осовину цвасти код које са грана другог, трећег или вишег реда, из пазуха брактеја, полазе спирално распоређени прости гроздови. Сложен грозд има винова лоза, јоргован, рен итд.

СЛОЖЕНА ГРОЊА (*corymbus composita*) је сложена рацемозна цваст са чије издужене осовине, из пазуха брактеја, полазе спирално распоређене просте гроње. Сложену гроњу има глог.

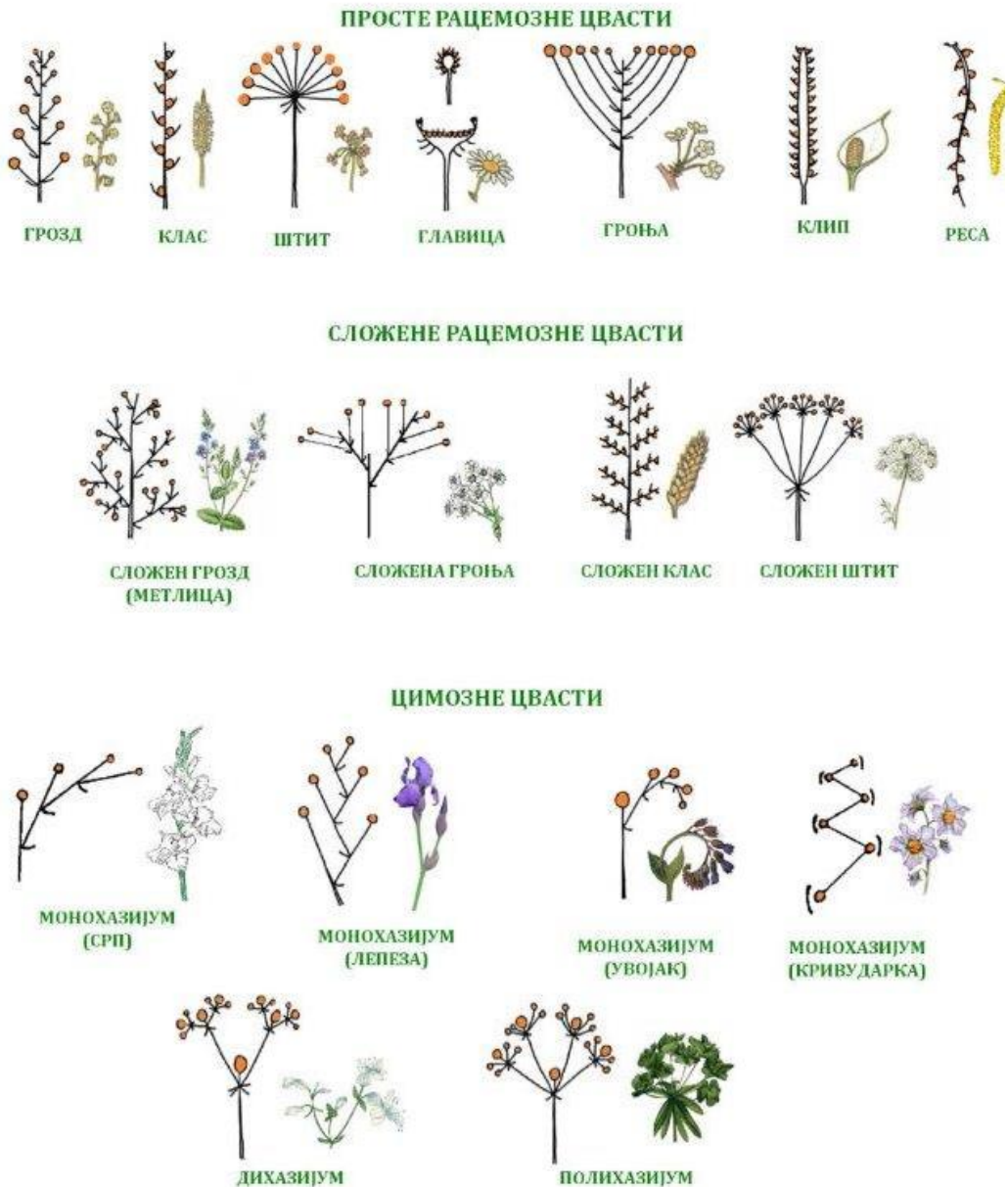
СЛОЖЕН КЛАС (*spica composita*) је цваст са чије издужене осовине, из пазуха плева, полазе спирално распоређени прости класови (класићи). Сложен клас је карактеристичан за велики број трава – фамилија Роасеае (пшеница, јечам, раж, пиревина, љуљ итд.).

СЛОЖЕН ШТИТ (*umbella composita*) је цваст са чије скраћене осовине, из пазуха листића инволукрума, полазе пршљенасто распоређени прости штитови.



Слика 200. Сложене рацемозне цвасти: а - сложен грозд (рен - *Armoracia* sp.); б - сложен клас (раж - *Secale cereale*); в - сложен штит (шаргарепа - *Daucus carota*)

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА



Слика 201. Цвасти

ЦИМОЗНЕ ЦВАСТИ (симподијалне, центрифугалне) су цвасти код којих се вегетациона купа цвасти грана најчешће симподијално, псеудодихотомо и сл. Код ових цвасти осовина цвасти (једна или више њих) расте кратко и доноси цвет, па једна или више осовина другог реда наставља са растом и надвисују претходну осовину и оне доносе цвет итд. На овај начин, цвет образован на осовини првог реда је најстарији.

Цимозне цвасти су: **монохазијум**, **дихазијум** и **плејохазијум** (**полихазијум**) - сл. 201, 202, 203, 204.

Монохазијум (*monochasium*) је цимозна цваст код које се испод осовине (цветне дршке) првог реда - субфлорално, развија само једна осовина, која је растом надвисује образујући цвет. Следећа осовина такође надвисује претходну итд.

У зависности од начина и правца развијања бочних грана у односу на главну осовину, монохазијуми се разликују.

Монохазијум код кога су осовине различитог реда у **истој равни** може бити по типу **српа** или **лепезе**.



Слика 202. Монохазијум – увојак (гавез - *Symphytum officinale*)

СРП (*drepanium*) је цваст код које се осовина цвасти развија са исте стране као и претходна (нпр. цваст гладиоле, врсте рода *Juncus* итд.).

ЛЕПЕЗА (*rhipidium*) је цваст код које се осовина цвасти развија са супротне стране у односу на претходну осовину (цваст перунике).

Монохазијум код кога су осовине у **попечној равни** у односу на раван осовине претходног реда, може бити по типу **увојка** или **кривударке**.

УВОЈАК (*bostryx*) је цваст код које се бочне осовине развијају са исте стране у односу на претходну осовину (цваст гавеза, љиљана итд.)

КРИВУДАРКА (*cincinus*) је тип монохазијума код које се бочне осовине развијају са супротне стране у односу на претходну осовину (нпр. цваст кромпира, процепак итд.).



Слика 203. Дихазијум (пуцавац – *Silene* sp.)

Дихазијум (*dichasium*) је цимозна цваст код које се након цветања главне осовине, субфлорално, образују две бочне осовине које цветају, па на њима се даље субфлорално, образују две једнаке осовине итд.

Плејохазијум, **полихазијум** (*pleiochasium*) је цваст код које главна осовина доноси цвет, а одмах испод њега (субфлорално) се образује три или више једнаких бочних осовина које се завршавају цветом.

Плејохазијум подсећа на штит, али је отварање цвета центрифугално (од средине цвасти). Овакву цваст налазимо код представника фамилија Euphorbiaceae (млечике), Sambucaceae (зова, апта) итд.

Поред наведених типова цвасти, постоје и њихови сложенији облици када због скраћивања осовина у оквиру плејохазијума и дихазијума долази до груписања цветова у одређену форму главице или гломеруле као код репе, пепељуге, лободе и сл. Или су као код неких родова фамилије уснатица (Lamiaceae) цветови пршљенасто распоређени, а изграђени су од дихазијума или монохазијума. Такође, код неких врста, главице могу бити груписане у грозд или метлицу и сл.



Слика 204. Полихазијум: а – млечика (*Euphorbia* sp.); б - зова (*Sambucus nigra*)

ЦВЕТАЊЕ

Биљке у првим фазама развоја формирају вегетативне органе (корен, стабло и лист) који им омогућавају раст и стварање довољне количине резервних хранљивих материја неопходних за следећу фазу у развојном циклусу.

Након периода раста, биљка прелази у фазу развоја генеративних органа, односно формирања цвета, семена и плода.

Само једанпут цветају једногодишње, двогодишње и само неке вишегодишње зељасте биљке. Образовањем плодова оне заврше животни циклус (угину).

Више пута током година, па и деценија, цветају биљке код којих доношење плодова не спречава даљи раст, који практично траје неограничено.

Цветање је процес отварања цветног пупољка. Биљке најчешће цветају **након листања**, мада код неких врста **цветање претходи листању** (кајсија, бресква, бадем, врба, топола, леска...).

За процес цветања је **неопходна довољна количина резервних хранљивих материја**, због чега је потребан одређен временски период до почетка цветања. Тако липа цвета тек након 20 година, буква после 60 година, бресква након 3-5 година. Са друге стране, коровске биљке могу веома брзо да цветају након ницања.

Када је у питању цветање биљке у целини, **време цветања** се разликује од врсте до врсте и веома зависи од спољашњих фактора. Тако нпр. наше дрвенасте врсте воћа (јабука, крушка, кајсија...) процветају за десетак дана, док образовање цвета код памука траје неколико месеци. Специфичан

пример је тропско какаоово дрво (*Theobroma cacao*) које цвета непрекидно, па се на истој биљци налазе и цветови и плодови.

Цветови неких биљака (које цветају ноћу, нпр. ноћни јасмин – *Cestrum nocturnum*, ноћна фрајла - *Hesperis matronalis*) се отварају веома брзо, док се код других тај процес одвија спорије.

Код великог броја биљака једном отворени цветови се више не затварају, док не увену. Код других пак, цветови се могу више пута дневно отворати и затварати (бела рада, лала, шафран...). Овакви покрети цвета називају се **настични покрети (настије)** и најчешће су повезани са променом температуре (термонастије) и светлосног интензитета (фотонастије).

Дужина трајања **отворености цвета** зависи најчешће од **опрашивања и временских услова**. Код већине биљака цвет остаје отворен релативно кратко време и обично након опрашивања вене.

Пример за кратко трајање цвета су ефемере (биљке чији је животни циклус веома кратак) чији цвет може да траје и само пола сата. Цвет родиног кљуна (*Erodium cicutarium*) се развије ујутру и вене после подне, код лубеничарке (*Hibiscus trionum*) траје само три сата итд.

Орхидеје су биљке код којих цвет веома дуго остаје отворен (нарочито у стакларама), услед недостатка одговарајућих инсеката, опрашивача.

ОПРАШИВАЊЕ

ОПРАШИВАЊЕ (ПОЛИНАЦИЈА) подразумева преношење полена са прашника на жиг тучка код скривеносеменица или на семене заметке код голосеменица.

Опрашивање је процес који претходи оплођењу.

Преношење полена се може одвијати на различите начине, али се биолошки разликују два типа – **самоопрашивање** и **унакрсно опрашивање**.

Самоопрашивање је тип опрашивања код којег полен доспева на жиг тучка истог цвета. Оваква појава је могућа само код двополних цветова код којих прашници и тучкови sazревају истовремено. Самоопрашивање се одвија код великог броја биљака и омогућено је положајем тучка и прашника. Такође, редовна је појава код тзв. клеистогамих цветова, односно приземних (или подземних) цветова који се не отварају (код љубичица – *Viola mirabilis*, *V. canina*, *V. hirta*, соце - *Oxalis acetosella*, кикирикија - *Arachis hypogea*, неких трава итд.).

Самоопрашивање није корисно за биљку јер доводи до самооплођења, што може довести до дегенерације, јер гамети имају исте наследне особине и развијају се у потпуно истим условима. Нова биљка, настала на овај начин, има много мање могућности прилагођавања на услове станишта.

Унакрсно опрашивање је тип опрашивања код којег полен једног цвета доспева на жиг тучка другог цвета. Код унакрсног опрашивања разликујемо два подтипа: опрашивање између различитих цветова исте индивидуе и опрашивање између цветова различитих индивидуа. Унакрсно опрашивање у биљном свету је много чешће од самоопрашивања и за последицу има **укрштено оплођење – алогамију**.

Као и опрашивање, и **укрштено оплођење**, може бити двојако: између цветова исте индивидуе и између цветова различитих индивидуа.

Опрашивање и оплођење између цветова исте индивидуе такође може имати одређено негативно дејство на потомство, слично самоопрашивању и самооплођењу, јер гамети потичу са исте индивидуе.

Укрштено оплођење у ужем смислу, између цветова различитих индивидуа, има позитивно дејство на потомство услед комбиновања различитих особина које потомству омогућавају успешније прилагођавање различитим условима средине.

Биљке на различите начине искључују самоопрашивање, нпр. **дихогамијом**, тј. сазревањем прашника и тучка једног цвета у различито време. Појаву ранијег сазревања прашника називамо **протерандрија**, а раније сазревање тучкова називамо **протерогинија**. Протерандрија је чешћа појава и јавља се код представника фамилија каранфила (Caryophyllaceae), махунарки (Fabaceae), слезова (Malvaceae), уснатица (Lamiaceae), главичарки (Asteraceae) и др. Протерогинија је много ређа и карактеристична је за представнике фамилија купусњача (Brassicaceae), ружа (Rosaceae), помоћница (Solanaceae) и др.

И појава **хетеростилије** такође помаже спречавању самоопрашивања, а одликује је појава да се код цветова исте врсте разликује дужина стубића (дуги и кратки стубићи) што прати и положај прашника, па су они ниже или више постављени у цвету. Ову појаву срећемо код јагорчевине, хељде итд.

У односу на начин и чиниоце преношења полена, разликујемо: **анемофилију** – опрашивање помоћу ветра, **зоофилију** – опрашивање уз помоћ животиња и **хидрофилију** – опрашивање помоћу воде.

Анемофилне биљке обично производе много ситних поленових зрна. Имају ситне, неугледне цветове, прашнике на дугим филаментима, лако покретљиве и крупне жигове прилагођене лаком прихватању полена. На овај начин се опрашује око 1/10 скривеносеменица (већина трава, оштрице, хмељ, конопља, коприва, дрвенасте биљке попут тополе, врбе, букве, храста, бреста итд.).

Зоофилија је најчешћи начин опрашивања биљака. Најчешћи и најзначајнији тип зоофилије јесте **ентомофилија** – опрашивање инсектима. Ентомофилне биљке се одликују цветовима живо обојене крунице. Такође, ако су цветови ситни тада су сакупљени у крупне цвасти, одликује их веома интензиван мирис (присутна етарска уља и сл.) који привлачи инсекте. Због тога су у овим цветовима углавном присутне нектарије са мирисним нектаром.

Орнитофилија је опрашивање биљака посредством птица, карактеристично за тропска и суптропска подручја (колибри, папагаји). **Малакофилија** је опрашивање биљака помоћу пужева (копитњак, водена сочивица). И слепи мишеви могу да опрашују биљке, та појава се назива **хироптерофилија** (*chiropterofilia*).

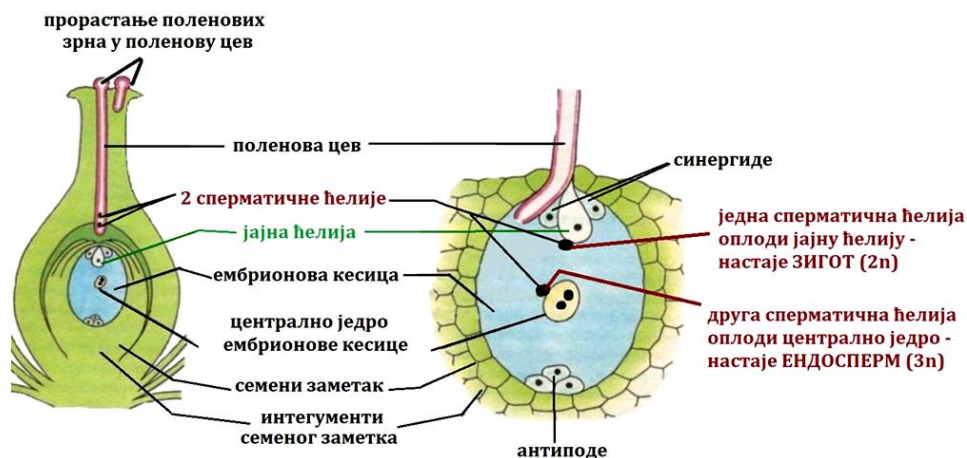
Хидрофилија је опрашивање посредством воде и карактеристично је за потпуно потопљене водене биљке (субмерзне) – ресина (*Ceratophyllum* sp.), подводница (*Najas* sp.), увијуша (*Vallisneria* sp.) итд.

ОПЛОЂЕЊЕ

Након процеса опрашивања, долази до спајања гамета, односно до процеса **оплођења** или **фертилизације**.

Процес оплођења се код већине биљака одвија већ након 30 минута по опрашивању. Код неких биљака, оплођење наступа након више сати, дана, месеци, па чак и година. Код значајног броја биљака (из фамилија Роасеае, Asteraceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae и др.) већ у поленовом зрну се генеративна ћелија дели на две сперматичне ћелије – па је поленово зрно **троћелијско** и такво се налази на жигу тучка.

Код друге групе биљака (фамилије Orchidaceae, Scrophulariaceae итд.) се јављају **двоћелијска поленова зрна** која садрже вегетативну и генеративну ћелију. Генеративна ћелија ће се, код ових биљака, тек у поленовој цеву поделити у **две сперматичне ћелије (мушки гамети)**.



Слика 205. Двојно оплођење

На било који начин пренешено, поленово зрно када падне на жиг тучка, почиње да прораста – „клија“. Тада се унутрашња опна зрна (интина) пробија кроз поре на егзини (спољашња опна поленовог зрна) и израста у **поленову цев**. Поленова цев расте и пробија се кроз стубић тучка (уз помоћ специфичног ткива уз дејство ензима или у неким случајевима кроз каналић). Поленова цев за свој раст црпи хранљиве материје из стубића тучка. Када поленова цев стигне до плодника, она расте по ткиву плодника, допире **до семеног зачетка** и пролази кроз микропилу. Овакав начин оплођења се назива **порогамија**. Код неких биљака се овај процес одвија **апорогамијом** (поленова цев пролази кроз ткиво интегументата - мезогамија или кроз халазу - халазогамија). Када поленова цев додирне ембрионову кесицу у семеном зачетку, долази до растварања њене опне, и продирања у једну од две синергиде или простор између јајне ћелије и синергиде, где се излуче сперматичне ћелије. Претпоставља се да синергиде, путем ензима,

делују на отварање поленове цеви. Вегетативна ћелија дегенерише (потроши се током овог процеса). Једна сперматична ћелија (n) се спаја са јајном ћелијом (n), а друга (n) се спаја са централном ћелијом ембрионске кесице ($2n$). Ову појаву називамо **двојно оплођење**, што је специфично само за скривеносеменице (Сл. 205).

Резултат двојног оплођења јесте образовање **диплоидног зигота**, насталог из оплођене јајне ћелије, који брзо прелази у **клицу (ембрион)** и **триплоидно централно једро** (из оплођеног централног једра) које образује хранљиво ткиво **ендосперм**. Синергиде и антиподе се након оплођења разарају.

Циклус развића скривеносеменица

Након детаљног описа цвета (који код скривеносеменица служи полном размножавању) и процеса који се одвијају у цвету, следи кратак опис развића скривеносеменица (Сл. 206).

Тучак, настао срастањем **макроспорофила** (оплодних листића, карпела) у доњем, проширеном делу – плоднику, носи семени зачетак (један или више). У **семеном зачетку (макроспорангији)** налази се нуцелус у којем се образује **археспоријална ћелија**.

Археспоријална ћелија мејозом даје четири хаплоидне ћелије – **макроспоре**. Три ситније дегенеришу, док се најкрупнија, функционална, развија и даје **ембрионову кесицу**. После низа деоба, ембрионска кесица ће имати осам једара (ћелија) – тзв. **осмоједарни стадијум у формирању ембрионске кесице**, која представља **макрогаметофит - женски проталијум**.

По једно једро са сваког пола одлази у централни део ембрионске кесице, формирајући **секундарно (централно) једро**, које са највећим делом цитоплазме гради диплоидно **централно једро (ћелију) ембрионске кесице ($n+n=2n$)**.

На половима остају по три хаплоидна једра и свако од њих са одговарајућом количином цитоплазме.

Ка микропили настаје **јајни апарат** који се састоји од једне крупније – **јајне ћелије (женски гамет)** и две ситније **синергиде**. На супротном, халазном полу, формирају се три ћелије **антиподе**.

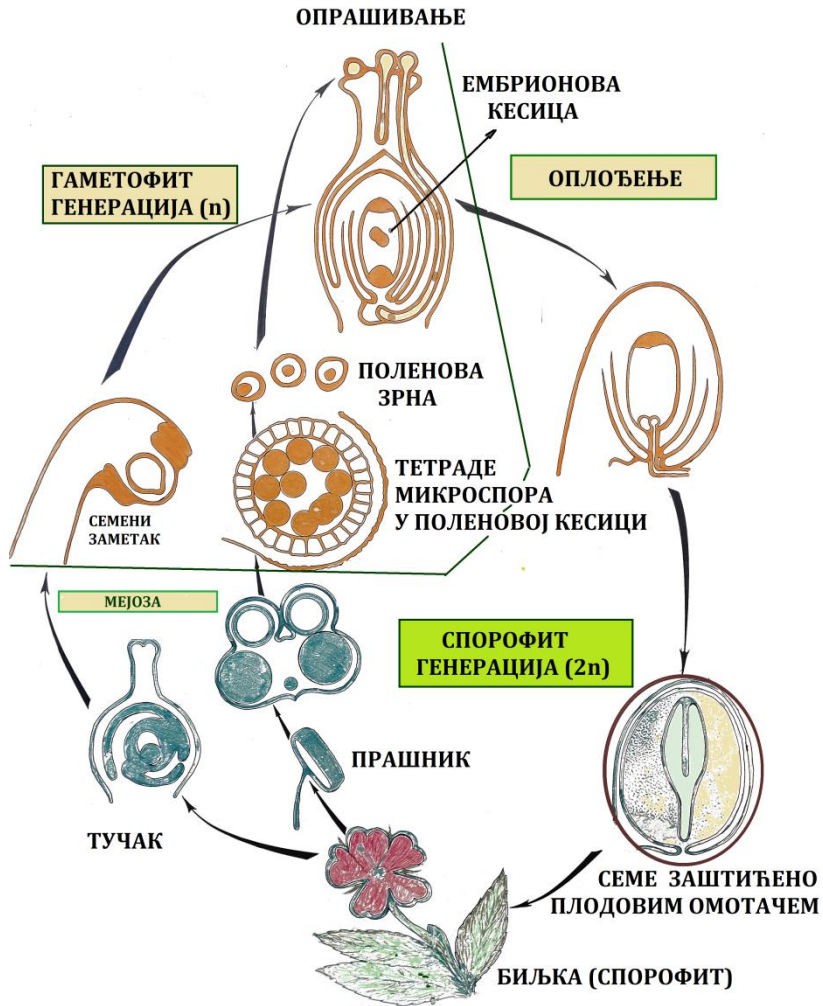
Прашници одговарају микроспорофилима, а **поленове кесице - микроспорангијама**. У поленовим кесицама се после редукционе деобе (мејоза), образују **поленова зрна (микроспоре)**.

У поленовом зрну настају две, по величини различите ћелије, већа – **вегетативна** и мања – **генеративна (антеридијална) ћелија**. Генеративна ћелија се још у самом поленовом зрну може поделити на **две сперматичне ћелије** - мушки гамети, или се ова деоба врши тек у **поленовој цеви**. Поленово зрно прорасло у поленову цев одговара јако редукованом **микрпроталијуму (микрогаметофит)**.

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

Након опрашивања долази до процеса **ДВОЈНОГ ОПЛОЂЕЊА**. Једна **сперматична ћелија** оплоди јајну ћелију одакле настаје **ембрион (клица)** са диплоидним бројем хромозома. Друга **сперматична ћелија** оплоди централну (секундарну) ћелију ембрионове кесице одакле настаје хранљиво ткиво **ендосперм** са триплоидним бројем хромозома ($n+2n=3n$) - сл. 205.

Двојно оплођење је карактеристично само за скривеносеменице. Након двојног оплођења из семеног зачетка настаје **СЕМЕ**, а из плодника тучка се образује **ПЛОД**. Семе је заштићено, "скривено" у плоду, од чега потиче назив **скривеносеменице**.



Слика 206. Развиће скривеносеменица (Magnoliophyta)

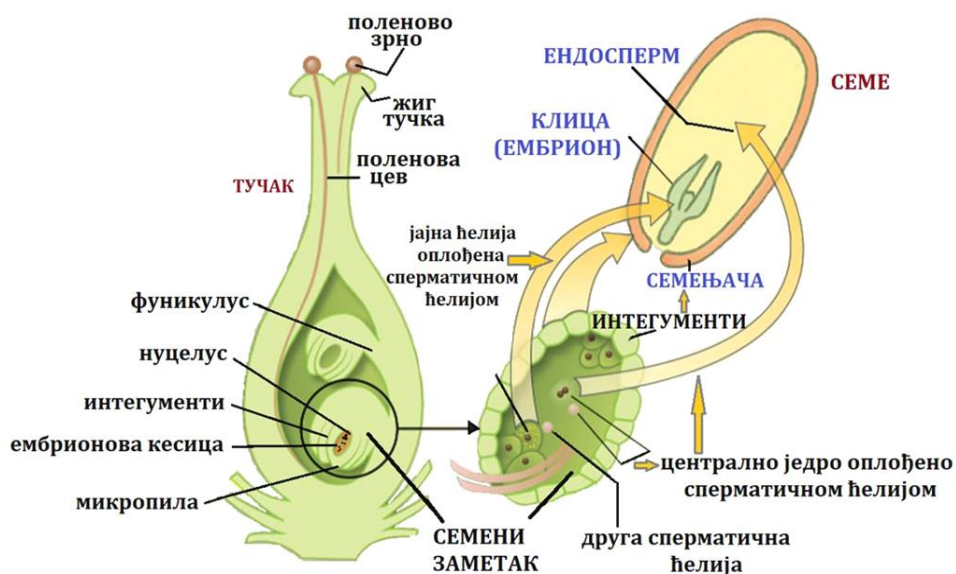
СЕМЕ

Након оплођења, изузев плодника, пропадају сви делови цвета, уколико не обављају неку другу функцију и метаморфозирају.

Следе процеси који се одвијају само у **плоднику** (ређе уз учешће још неког дела цвета) и доводе до формирања **плода са семеном**. Образовање семена и плода се не одвија одмах по оплођењу, већ након одређеног времена.

Семе се развија **из семеног заметка**, углавном након оплођења. Семе је **генеративни орган семеница** који служи њиховом **размножавању** и **распростирању**. Семе садржи заштитну овојницу – **СЕМЕЊАЧУ**, одређену количину **ХРАНЉИВОГ ТКИВА** и **КЛИЦУ (ЕМБРИОН)**, односно неразвијену биљчицу (спорофит).

Од оплођене јајне ћелије, настаје зигот, из кога се након низа ћелијских деоба и процеса диференцијације образује **клица (ембрион)**. Из оплођене секундарне ћелије ембрионске кесице се формира триплоидно хранљиво ткиво **ендосперм**, а од интегумента семеног заметка се образује **семењача** или **теста** (Сл. 207).



Слика 207. Формирање семена након двојног оплођења

СЕМЕЊАЧА (ТЕСТА) има заштитну улогу и анатомски се веома разликује код различитих биљака па је тешко дати општи принцип њене анатомске грађе. Њен спољашњи слој чине **епидермске**, густо збијене ћелије, чврстих, углавном неравномерно задебљалих зидова који су често одрвенели или оплутали. На површини семењаче се налази **кутикула**, преко које се код неких семена образују и слојеви **воска**. Оба ова слоја су различите дебљине

код различитих семена. Испод епидермиса семењаче диференцира се више слојева ћелија које се разликују по пореклу, облику, положају, величини и функцији. Посебно чврсту семењачу имају семена код којих плодоточна није довољна заштита семену (нпр. семена у пуцајућим плодовима) јер су изложена јаким утицајима спољашње средине. Само код семена која су добро заштићена унутар плодовога омотача, семењача је нежнија и тања (нпр. код семена житарица, брескве, трешње и сл.). Семењача може да буде потпуно сјајна и глатка или да поседује разне квржице, удубљења, кукице, длачице и сл., које служе за лакше распрострањавање семена. Такође, семењача може да буде различито обојена, једнобојна или разнобојна. Семењача се одликује и **еластичношћу** што јој омогућава да поднесе притисак настао бубрењем унутрашњости семена приликом усвајања воде, што спречава њено рано пуцање. Код семена се на семењачи уочава **пупак (hylum)** као ожиљак на месту где је семени зачетак одвојен од фуникулуса (пупчане врпце) или од плаценте (ако нема фуникулуса). Пупак се добро уочава код семена махунарки (пасуљ, грашак, соја...). На семењачи је уочљив и **остатак микропиле** семеног зачетка, који код семена служи за улазак воде у процесу клијања и пробијање коренка клице. Такође, на месту срастања фуникулуса и интегументата (код анатропног семеног зачетка) уочава се **семени шав (raphe)**.

Ретко семена имају **сочну семењачу** као код нара (*Punica granatum*) или **меснату**, као код гинка (*Ginkgo biloba*) и магнолије (*Magnolia* sp.). На неким семенима се формирају израштаји различитог порекла - **арилус** и **карункула**.

Арилус (arillus) настаје од фуникулуса или интегументата, опкољава семе, али не сраста са њим. На семену тисе (*Taxus baccata*), црвено је обојен, сочан и садржи хранљиве материје па служи за примамљивање животиња и распрострањавање семена (Сл. 208). Арилус је присутан и на семену локвања (*Nymphaea alba*) и куриковине (*Euphyasia europaeus*) у облику надувене кесице итд.



Слика 208. Семе са арилусом (тиса - *Taxus baccata*)



Слика 209. Семе са карункулом (рицинус - *Ricinus communis*)

КАРУНКУЛА (caruncula) настаје од интегументата у нивоу микропиле, садржи доста уља и нешто протеина, па се често назива и уљано тело (на семену рицинуса - *Ricinus communis*) - сл. 209.

ХРАНЉИВО ТКИВО клице се развија у форми **ендосперма** или **перисперма** и служи за исхрану клице. **Ендосперм** скривеносеменица је секундарни и настаје након оплођења, деобом триплоидног једра ($3n$) ембрионове кесице (насталог приликом двојног оплођења и то спајањем секундарне ћелије ембрионове кесице - $2n$ и сперматичне ћелије - n). Ендосперм често у потпуности ресорбује нуцелус па у целости заузима његово место у семену. Ендосперм се образује на различите начине, али ће овде бити поменута само два најчешћа типа: **нуклеарни** и **целуларни**. Код биљака са крупнијом ембрионовом кесицом (примитивније дикотиле и монокотиле) од оплођене секундарне ћелије се ствара деобама велики број слободних једара, а тек касније се образују ћелије, па овај тип образовања ендосперма називамо нуклеарни. Код биљака са уским ембрионовим кесицама (савршеније дикотиле) деобе једра прати образовање ћелија, па овај тип образовања ендосперма називамо целуларни. Нека семена поред ендосперма могу поседовати и други облик хранљивог ткива – **ПЕРИСПЕРМ**, који заправо представља преостали, неутрошени нуцелус семеног заметка.

С обзиром на одсуство или присуство различитих типова хранљивог ткива, разликујемо: **семена без хранљивог ткива**, **семена са ендоспермом**, **семена са периспермом** и **семена са ендоспермом и периспермом**.

Семена без хранљивог ткива настају када ембрион (клица) за свој развој утроши читав ендосперм и тада клица заузима целокупну унутрашњост семена. Целокупне хранљиве материје се преносе **у клицине листиће (котиледоне)** који због тога постају дебљи. Оваква семена се налазе код великог броја дикотила (фамилије Fabaceae, Brassicaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae, Rosaceae, и др.).

Постоје и семена код којих ресорпција није потпуна па се око клице задржи један или два слоја ендосперма.

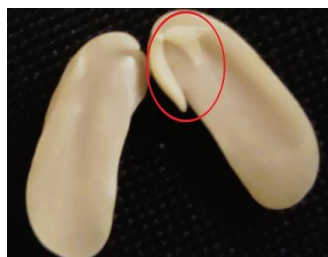
Семена са ендоспермом се карактеришу малом клицом док највећи део унутрашњости семена заузима ендосперм. Овај тип семена је доста чест (фамилија трава - Poaceae, љиљана - Liliaceae итд.). Ако у ендосперму доминира скроб, тада ће он бити брашњав (житарице), ако доминирају протеини, биће стакласт, а ако су доминантна уља, биће уљан, у семену кокосове палме ендосперм је сочан, а код слеза слузав.

Семена са периспермом су карактеристична за представнике фамилије Caryophyllaceae (каранфили). Перисперм је хранљиво ткиво вегетативног (бесполог) порекла јер настаје из нуцелуса.

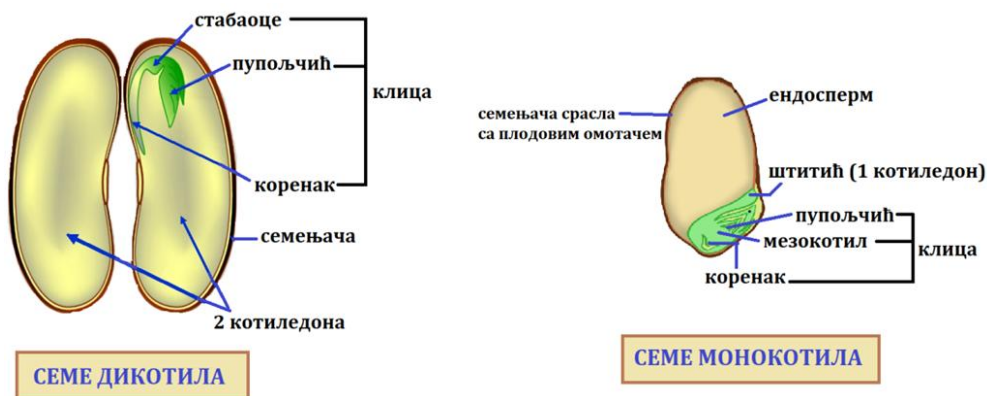
Семена са ендоспермом и периспермом се одликују хранљивим ткивом двојног порекла (ендосперм полног, перисперм вегетативног). Овакав тип семена се сматра еволуционо примитивном карактеристиком и ретко се јавља. Поседују га на пример семена бибера и ђумбира, представници фамилије Nymphaeaceae (локвањи) и др.

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

КЛИЦА (ЕМБРИОН) настаје након оплођења, из зигота. Редослед ћелијских деоба и процес образовања ембриона се разликује код дикотила и монокотила. Ембрион заузима различит положај у семену (прав, искривљен, савијен, па чак и спирално увијен). Клица (ембрион) је најчешће жућкаста или бела (Сл. 210), ретко је зелене боје (бршљан, јавор). Клица је у почетку изграђена од **меристемских ткива** (изузев клициних листића - котиледона) чије се ћелије деле и диференцирају, све док се меристеми не задрже само у пупољчићу, на врху корена (вршни меристеми) и у централном цилиндру стабаоцета (бочни меристеми) клице. Делови клице се код скривеносеменица нарочито добро уочавају приликом клијања. Тако се на **КЛИЦИ ДИКОТИЛА** може разликовати **пупољчић**, **стабаоце** (епикотил и хипокотил), **коренак** и **два клицина листића (котиледони)**. Епикотил и хипокотил чине делове стабаоцета изнад и испод нодуса - места на стабаоцету где су причвршћени клицини листићи (Сл. 211). Код **КЛИЦЕ МОНОКОТИЛА** се диференцира само један котиледон, кога у највећој мери чини апсорпциони паренхим који служи за исхрану ембриона. Клице различитих монокотила се доста разликују. Тако су **код трава** (фам. Роасеае) специфично грађене и јасно се разликује **пупољчић** који је заштићен овојницом (колеоптил), која је пореклом од једног дела котиледона. Други део котиледона се диференцира у **штитић (scutellum)** који служи за усвајање материја из ендосперма и исхрану клице (Сл. 211). Део котиледона који спаја колеоптил и штитић, сраста са хипокотилом дајући тзв. **мезокотил**, испод кога се развија коренак клице, заштићен овојницом (колеориза). Коренак трава брзо престаје са растом, али се из мезокотила формирају бројни адвентивни корени. У клици су зачети и из клице се развијају сви вегетативни органи биљке.



Слика 210. Клица дикотила (пасуљ - *Phaseolus vulgaris*)



Слика 211. Семе

Развиће клице (ембриона) без оплођења

Иако се типичан ембрион развија након оплођења (полно) из зигота, код неких скривеносеменица могуће је **образовање ембриона без оплођења – бесполним путем**. Процес образовања ембриона без оплођења назива се **апомиксис** (грч. *apo* – без; *миксис* – мешање). Највећи број врста код којих се јавља апомиксис су из фамилија главичарки (*Asteraceae*), ружа (*Rosaceae*), трава (*Poaceae*), лукова (*Alliaceae*), помоћница (*Solanaceae*) и др.

Постоји више типова апомиксиса:

Партеногенеза – образовање ембриона из неоплођене јајне ћелије;

Апогамија - образовање ембриона из других ћелија ембрионске кесице (синергиде, антиподе);

Аспорија – ембрионска кесица се не развија из макроспоре, већ из ћелија нуцелуса или интегумената семеног зачетка;

Адвентивна ембрионија – ембрион се зачиње **ван ембрионске кесице**, из ћелија нуцелуса (нуцеларна ембрионија) или из интегумената (интегументална ембрионија).

Потребно је истаћи да се код исте врсте могу јавити различити типови апомиксиса као и то да се код неких врста апомиксис јавља упоредо са нормалним полним процесом образовања ембриона, након оплођења (амфимиксис).

У вези са наведеним, код биљака постоји појава која се назива **партенокарпија**, а односи се на плодове који су образовани без оплођења.

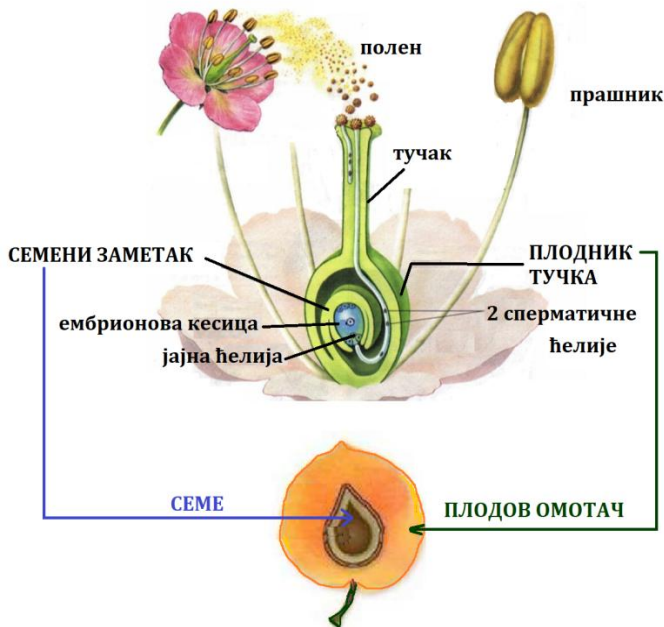
ПЛОД

Након оплођења, у цветну се дешавају различите промене. Тако се код већине биљака суше и опадају листићи цветног омотача, као и прашници, жиг и стубић тучка. При томе се дешавају веома велике промене у семеном зачетку и плоднику тучка услед прилива хранљивих материја, а код неких биљака и у саму цветну ложу, осовину цвасти или неки други део цвета. Дакле, приливом хранљивих материја, из зида плодника развија се плод (плодов омотач) у коме се образује семе са клицом.

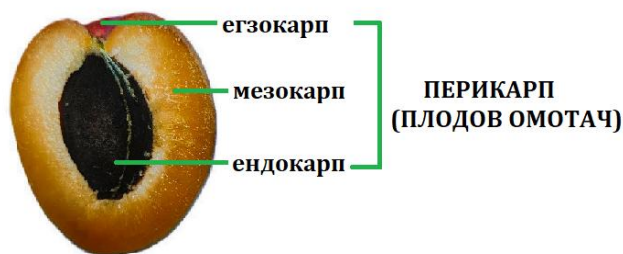
Плод је генеративни орган скривеносеменица који након оплођења, настаје из плодника тучка, а код неких биљака и из неких других делова цвета или цвасти, који извесно време затвара семе, штити га и евентуално олакшава његово расејавање (Сл. 212).

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

ПЛОДОВ ОМОТАЧ (ПЕРИКАРП) је диференциран на три дела, који се нарочито добро уочавају код монокарпних коштуница (плод шљиве, вишње, трешње, брскве, кајсије...) - сл. 213. Перикарп чине: **егзокарп** – спољашњи део, **мезокарп** – средњи део и **ендокарп** – унутрашњи део. Егзокарп и ендокарп заправо одговарају лицу и наличју оплодног листића (карпеле) и углавном су једнослојни. Ендокарп може бити и дебљи и одрвенео код неких врста плодова. Мезокарп обично чини већи број слојева ћелија, посебно код сочних плодова код којих ове ћелије садрже различите хранљиве материје. Наиме, грађа плодовог омотача се разликује код различитих типова плода.



Слика 212. Плодник тучка са семеним заметком и плод



Слика 213. Плод

Према Беку (Beck-u), плодови су подељени у две основне групе: **моноантокарпни** (настали из једног цвета или плодника) и **полиантокарпни** (настали из више цветова или цвасти) - Сл. 214.

Будући да плод настаје из плодника тучка, а плодник може бити изграђен из једне (монокарпан) или више карпела (поликарпан), тако су и плодови грађени из различитог броја карпела.

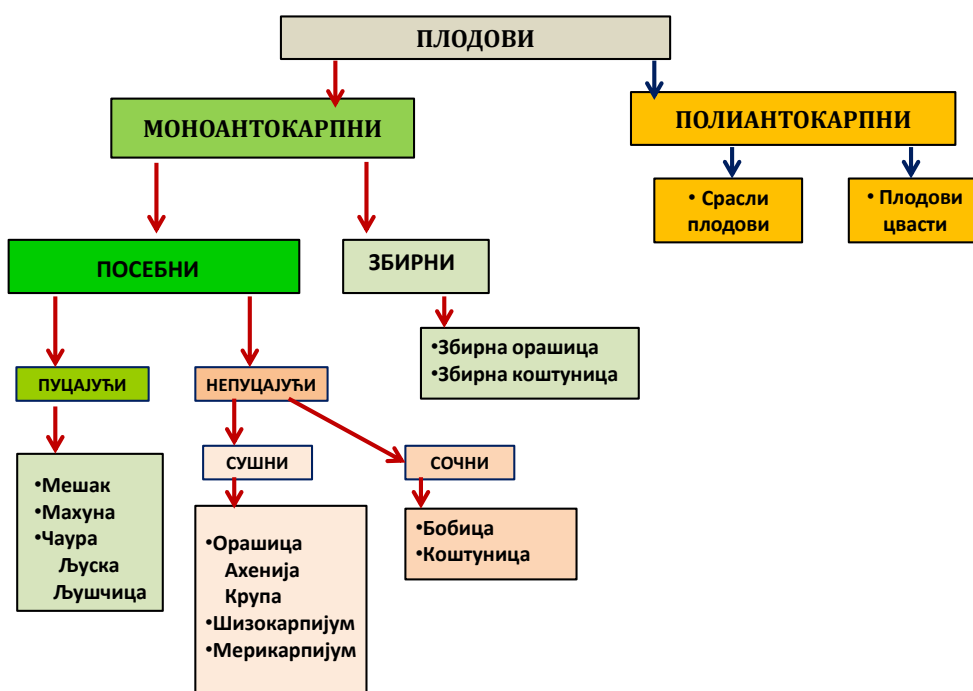
МОНОАНТОКАРПНИ ПЛОДОВИ могу бити **посебни** и **збирни**. Посебни плодови се образују из једног плодника (монокарпног или синкарпног гинецеума). Такође, посебни плодови се могу образовати и од апокарпног гинецеума (више тучкова), где се из сваког плодника тучка образује посебан, појединачан, несједињен плод.

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

ПОСЕБНИ ПЛОДОВИ могу бити плодови који се спонтано отварају – **пуцајући** и плодови који опадају затворени – **непуцајући**. У категорији непуцајућих постоје плодови са сушним перикарпом – **сушни** и плодови чији је перикарп сочан – **сочни плодови**. У пуцајуће плодове убрајамо **мешак, махуну, чауру** (Сл. 214).

Мешак (*foliculus*) је сушни плод настао из плодника од једне карпеле и отвара се само са једном пукотином, по трбушном шаву. Мешак је карактеристичан за неке врсте из фамилије *Ranunculaceae* (нпр. кукурек – *Helleborus* sp., жаворњак – *Delphinium* sp., кандилак – *Aquilegia* sp. итд.), за ђачки пољубац (*Spiraea* sp.), за циганско перје (*Asclepias* sp.) итд.

Махуна (*legumen*) је такође сушни пуцајући плод који настаје из плодника од једне карпеле, али пуца и отвара се са две пукотине, по леђном и трбушном шаву. Махуна је карактеристичан плод за фамилију *Fabaceae* која је добила назив махунарке или легуминозе, управо по карактеристичном плоду. Поред типичног изгледа дугуљастог облика (као нпр. код пасуља, грашка, соје итд.), махуна може бити спљоштена (багрем, гледичија), надувена (клокочика), спирално увијена (луцерка, неке врсте детелине) итд. Типичне махуне садрже већи број семена, али постоје изузеци као што је махуна кикирикија, која садржи два семена (и остаје затворена јер сазрева испод земље) или махуна еспарзете, која садржи само једно семе.



1

Слика 214. Основни типови плодова (по Веck-у)

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

Чаура (capsula) је сушни пуцајући плод који настаје од синкарпног плодника који је настао срастањем две или више карпела. Слично синкарпном плоднику који може да има једну или више плодникових шупљина, тако се и унутрашњост чаура разликује у вези са типом преграда. Чауре се међусобно разликују с обзиром на начин отварања и избацавања семена, па разликујемо: **чауре са капцима**, **чауре са зупцима**, **чауре са порамима** и **чауре са поклопцем**.

Чауре са капцима су најчешће (кантарион, татула, перуника, лала, памук итд.), а одвајање (пуцање) капака се одвија пукотинама на различитим деловима карпела (Сл. 215а). **Чауре са зупцима** отварају се само у горњем делу формирајући зупце. Честе су код представника фамилије *Caryophyllaceae* (каранфил, пуцавац, мишјакиња итд.) – сл. 215б. **Чауре са порамима** су веома ретке. Код булке и мака (*Papaver* sp.) се поре формирају испод диска са жиговима, а код врста рода *Campanula* (звончићи) се поре образују при дну плода. **Чауре са поклопцем** су чауре код којих се већи или мањи део чауре одвоји у облику поклопца. Овакав тип чауре карактеристичан је за бунику, видовчицу, боквицу, пркос итд.



Слика 215. Чаура: а - чаура са капцима (памук - *Gossypium* sp.); б - чаура са зупцима (пуцавац - *Silene* sp.)

Посебном типу чауре припадају плодови карактеристични за фамилију купусњача (*Brassicaceae*), а то су **љуска** и **љушчица**. Ови плодови настају од плодника из две карпеле, а отварају се са четири уздужне пукотине. Током образовања семених заметака са плаценти израста преграда звана **тин** која накнадно дели унутрашњост плодника на два окца. Због тина, овај тип чауре пуца по четири бразде и одваја два капка, а тин са семенима се задржава на дршци.

Љуска (siliqua) је три и више пута дужа од своје ширине (купус, ротква, горушица, орањ итд.), док су код **љушчице (silicula)** ширина и дужина приближно исте (хоћу-нећу, реника, угаз, ланик итд.) – сл. 216.



Слика 216. Пуцајући плодови

Сушни непуцајући плодови су **орашица**, **шизокарпијум** и **мерикарпијум**.



Слика 217. Синкарпна орашица са купулом (леска – *Corylus* sp.)

Орашица (*nux*) је сушни непуцајући једносемени плод и може настати од плодника из једне карпеле – **монокарпна орашица** или од плодника из две или више сраслих карпела – **синкарпна орашица** (Сл. 217). Орашице могу имати различите додатке који помажу расејавању и разношењу, попут длачица пореклом од жига или стубића и жига тучка (нпр код љутића). Орашице код неких врста (бреза, брест, јасен и др.) имају крилца која олакшавају расејавање, па их називамо **крилате орашице**. Поред тога,

неке орашице имају различите додатке као што је **купула** на синкарпним орашицама храста, букве, леске, дивљег кестена и др. (Сл. 217, 218).

Посебни облици синкарпних орашица су **ахенија** и **крупа**.

Ахенија (*achenium*) је синкарпна орашица карактеристична за представнике фамилије главичарки (*Asteraceae*), код којих настаје од подцветног плодника из две карпеле и плодов омотач не сраста са семењачом. Ахенија код представника главичарки може имати додатке настале редукцијом чашичних листића у чуперак финих длачица – папус, тада се назива *cypsela* или ахенија са папусом. Папус служи лакшем расејавању и разношењу плодова ветром (анемохорија) - сл. 218.

Крупа (*caryopsis*) је такође синкарпна орашица настала од плодника изграђеног од две карпеле код које плодов омотач сраста са семењачом. Крупа је плод карактеристичан за траве (фам. *Poaceae*) - сл. 218.



Слика 218. Орашице

Шизокарпијум (*schizocarpium*) је сушни непуцајући плод који настаје од плодника грађеног из најмање две карпеле. Након сазревања, шизокарпијум се одваја (поцепа) на онолико плодића колико је карпела учествовало у грађи плодника, па овај плод називамо и **цепајући**. Плодићи остају на заједничкој дршчици која се назива **карпофор**, са које касније отпадају

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

засебно. Шизокарпијум имају представници фамилије Ариасеае (шаргарепа, ким, першун, мирођија, селен, клен, јавор итд. (Сл. 219).



Слика 219. Цепажући плод - шизокарпијум: а - селен (*Levisticum officinale*); б - клен (*Acer* sp.)



Слика 220. Подељени плод - мерикарпијум (босиљак - *Ocimum* sp.)

Мерикарпијум (*mericarpium*) је сушни непуцајући плод који настаје од плодника изграђеног од две карпеле, али се након сазревања подели на четири плодића. Дакле свака карпела се подели на два плодића, па овај тип плода називамо и подељени плодови. Мерикарпијум је плод карактеристичан за представнике фамилија *Lamiaceae* (уснатице) и *Boraginaceae* (оштродлаке) - сл. 220.

Сочни плодови су **бобица** и **коштуница**.

Бобица (*bacca*) је сочни плод код кога су јасно изражени егзокарп (спољашњи кожасти омотач) и мезокарп са ендокарпом, који чини главни меснати део плода. Бобице настале од плодника из једне карпеле су **монокарпне бобице** (шимширика), а бобице настале од плодника из две или више карпела су **синкарпне бобице** (парадајз, патлиџан, кромпир, винова лоза, лубеница, диња, велебиље итд.) - сл. 221.



Слика 221. Бобица (парадајз - *Solanum lycopersicum*)



израштаји
ендокарпа
срасли егзокарп
и мезокарп

Слика 222. Бобица цитруса (лимон - *Citrus medica*)

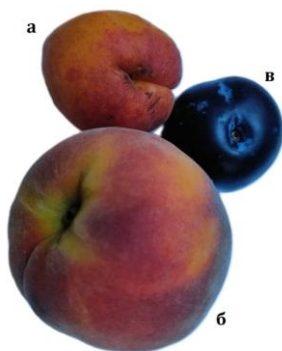
Специфичан тип бобице имају цитруси (лимон, наранџа, мандарина итд.) код којих су егзокарп и мезокарп срасли у дебео, чврст омотач плода - „кору“, са бројним интерцелуларима испуњеним секретом (лизигени носачи секрета). Ендокарп формира кесасте, вишећелијске израштаје испуњене сочним материјама. Поред тога, карпеле залазе у унутрашњост плода и деле га на више комора (Сл. 222).

РАЗМНОЖАВАЊЕ БИЉАКА

Код представника фамилије Cucurbitaceae (тиква, краставац, диња и др.) у грађи спољашњег дела плода („коре“) учествује и цветна ложа која сраста са егзокарпом. Меснати, сочни део плода је пореклом од мезокарпа и ендокарпа (Сл. 223). У плоду нара, рибизле и огрозда, сочни део је пореклом од интегумената семеног заметка, а не од плодника тучка.



Слика 223. Бобица диње (*Cucumis melo*)



Слика 224. Монокарпна коштуница: а - кајсија (*Armeniaca vulgaris*), б - бресква (*Persica vulgaris*) в - шљива (*Prunus domestica*)

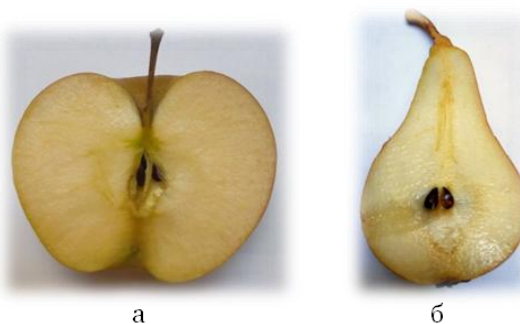
Коштуница (*drupa*) је сочни плод код кога су типично развијена сва три дела плодовог омотача, спољашњи кожаст егзокарп, сочан мезокарп и чврст или одрвенео ендокарп („коштица“) унутар кога се налази семе.

Коштуница настала од једнокарпелног плодника назива се **монокарпна коштуница**. Карактеристичан је плод за представнике потфамилије Prunoideae, фамилије Rosaceae (бресква, кајсија, шљива, трешња, вишња итд.) - сл. 224.

Посебан тип коштунице јесте **синкарпна коштуница (*potium, drupa syncarpa*)**, плод карактеристичан за представнике потфамилије Maloideae, фамилије Rosaceae

(јабука, крушка, дуња итд.) - сл. 225. Код овог типа коштунице, плодник је изграђен од више карпела, а ендокарп је у форми пергаментних коморица (у којима се налази семе), а око њих се налази мања зона меснатог мезокарпа и егзокарпа. Највећи,

спољашњи део плодовог омотача овог типа синкарпне коштунице, пореклом је од цветне ложе, која сраста са подцветним плодником.

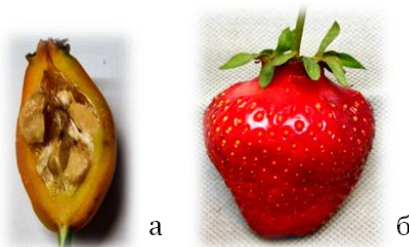


Слика 225. Синкарпна коштуница: а - јабука (*Malus domestica*), б - крушка (*Pyrus communis*)

Синкарпна коштуница је и плод ораха (*Juglans*), код кога се сочни део плода постепено суши, а ендокарп плодовога омотача одрвени и чини „љуску“ која штити клицу са крупним котиледонима, у којима су смештене резервне хранљиве материје. Овај тип коштунице настаје из двокарпелног плодника у чијој грађи суделују и делови пореклом од брактеја.

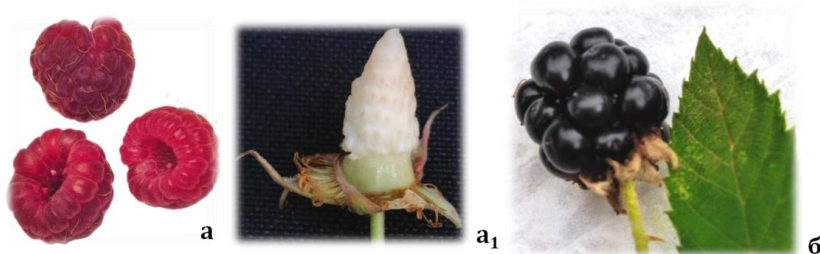
Збирни плодови настају из апокарпног гинецеума, где се из сваког плодника/карпеле формирају појединачни плодићи, који су међусобно повезани ткивом цветне ложе или непосредно зидом плодника.

Збирна орашица је плод код кога су орашице повезане са разраслом цветном ложом, а приликом сазревања се у целости одваја од цветне дршке. Код руже (*Rosa* sp.), збирну орашицу образује удубљена цветна ложа у чијој се унутрашњости налазе бројне орашице (Сл. 226а). Код јагоде (*Fragaria* sp.) збирну орашицу чини испупчена, сочна цветна ложа, са бројним орашицама на њеној површини (Сл. 226б).



Слика 226. Збирна орашица: а – ружа (*Rosa* sp.); б – јагода (*Fragaria* sp.)

Збирна коштуница је плод изграђен из бројних монокарпних коштуница које непосредно срastaју зидовима плодника и остају на заједничкој, сушној цветној ложи. Код малине (*Rubus idaeus*) зреле срасле коштунице се заједно одвајају од задебљале цветне ложе (Сл. 227а), која остаје на цветној дршци (Сл. 227а₁). Код купине (*Rubus caesius*) зреле срасле коштунице се заједно са цветном ложом одвајају од цветне дршке (Сл. 227б).



Слика 227. Збирна коштуница: а – малине (*Rubus idaeus*); а₁ - цветна дршка са задебљалом цветном ложом; б – купине (*Rubus caesius*)

ПОЛИАНТОКАРПНИ ПЛОДОВИ настају из више цветова или цвасти.

СРАСЛИ ПЛОДОВИ (*sorocarpium*) настају срастањем плодовог омотача два или више плодова. Плод карактеристичан за орлове нокте (*Lonicera*) настаје срастањем два сочна плода, бобице (Сл. 228). Само понекад, ова појава срастања плодовог омотача два плода, јавља се код шљиве, вишње, трешње, парадајза када настане двојни плод или плод близанац (Сл. 229). Плод ананаса такође представља срасли плод настао срастањем бројних бобица, а средину овог плода чини месната осовина цвасти.



Слика 228. Срасли плодови (орлови нокти - *Lonicera* sp.)



Слика 229. Плод близанац (шљива - *Prunus domestica*)

ПЛОДОВИ ЦВАСТИ (*desmocarpium*) су ретки у нашој флори, а најкарактеристичнији примери код нас су плод дуда и смокве, биљака из фамилије Морасеае. Плод дуда настаје од женске цвасти – ресе, код кога сочни делови плода пореклом од цветног омотача (чашицолик перигон) садрже појединачне орашице,



Слика 230. Плодови цвасти: а – дуд (*Morus alba*); б – смоква (*Ficus carica*)

настале из плодника тучка. Овако образовани плодићи остају на заједничкој осовини ресе, чинећи карактеристичан плод – дудињу (Сл. 230а). Плод смокве настаје разрастањем осовине цвасти која опкољава појединачне синкарпне орашице настале из ситних женских цветова причвршћених на унутрашњем зиду улегнуте осовине цвасти (Сл. 230б).

Расејавање плодова и семена

Процес расејавање плодова и семена је веома важан за опстанак дате врсте јер од успешности разношења плодова и семена зависи освајање простора и ширење одређене врсте, јер је простор у близини матичне биљке ограничен и није довољан за развој већег броја нових јединки. Из тог разлога, постоји читав низ различитих адаптација које олакшавају расејавање и разношење плодова и семена на што веће удаљености од биљке на којој су образовани.

Једна од таквих адаптација јесте појава **аутохорије** или **самораспростирања**, када се зрели плодови сами отварају и одбацују семена, захваљујући различитим анатомским адаптацијама и променом тургора у одређеним слојевима пловог омотача (недодирак – *Impatiens* sp., рицинус – *Ricinus communis*). Код неких биљака се пак, плодови са семенима увлаче захваљујући цветним дршкама у пукотине стена (*Cymbalaria muralis*) или у земљу (кикирики – *Arachis hypogea*) где сазревају и њихова семена клијају након одређеног времена.

Већином се код биљака разношење плодова и семена одвија на неки други начин, различитим факторима (ветар, вода, животиње, човек) што је названо **алохорија**. На овај начин разнешени плодови и семена често доспеју у веома неповољне услове за клијање, па су се током еволуције алохорне врсте адаптирале образовањем великог броја плодова и семена.

Расејавање плодова и семена **ветром** називамо **анемохорија**. Семе анемохорних врста је лагано, ситно и обично снабдевано различитим додацима (длачице, чуперак длачица – папус, крилца итд.) који олакшавају разношење. Анемохорне врсте су честе у областима које су изложене јаким ветровима попут степа, планина, пустиње, обале мора и сл.

Код биљака које живе у води и приобалном простору водених екосистема, плодови и семена се разносе **водом**, што називамо **хидрохорија**. Код ових плодова и семена често су присутни додаци, који су попут мехурића испуњени ваздухом, што им олакшава боље лебдење у води.

Разношење плодова и семена **животињама** називамо **зоохорија**. Код овог типа, разликујемо два начина разношења плодова и семена, тзв. **епизоично** – када се плодови и семена закаче споља за крзно или перје и **ендозиично** – када животиње поједу семена и плодове, који тада прођу кроз цревни тракт.

Код биљака веома важан фактор у њиховом распрострањању јесте и **човек**, што називамо **антропохорија**. Захваљујући антропохорији, читав низ гајених биљака је пренешен, изван њихове постојбине, на различите континенте у потпуно друге крајеве света где се никада не би нашле без човековог суделовања.



СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА је ботаничка дисциплина која проучава разноврсност биљног света као и узроке те разноврсности, налазећи начина да ту разноврсност уреди (класификује) у логички уређен систем.

Први задатак систематике биљака јесте сврставање биљака у више систематске категорије (родове, фамилије, редове итд.), што чини **флористичку систематику**. У овом контексту, потребно је објаснити и појам **таксономије**, који се често поистовећује са систематиком, иако би се пре могло рећи да су различите, али преклапајуће области. Таксономија чини део флористичке систематике и бави се принципима и методама правила класификације, односно таксономским јединицама, у циљу успостављања што рационалнијег система класификације. Таксономија укључује идентификацију (детерминацију) и **НОМЕНКЛАТУРУ** (давање имена биљкама). Други задатак систематике биљака јесте проучавање еволуције и сродничких односа између биљака, што чини **филогенетску систематику** или **филогенију**.

Систематика биљака је базична дисциплина за многобројна биолошка истраживања као и за примењене биолошке дисциплине попут пољопривреде, шумарства, фармације, медицине и ветерине. Тачна и прецизна детерминација биљака, предуслов је за добијање поузданих полазних података у процесу стварања гајених сорти биљака, хибрида, за добијање лекова, као и за доношење важних одлука везаних за мере заштите, економске мере итд.

Историјски развој ботанике је почео пре око 2,5 хиљаде година, док се први подаци из систематике биљака појављују пре 300 - 400 година пре нове ере, од стране **Теофраста**, Аристотеловог ученика. Његова дела су обухватила неколико стотина описаних биљака које је сврстао у: дрвеће, жбунове, полужбунове и траве. Прве класификације биљака су биле у тесној вези са њиховом применом и практичном употребом (исхрана, лек итд.).

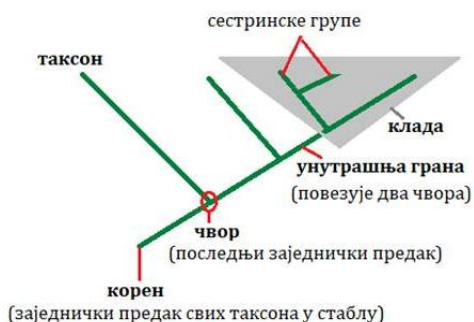
Након дугог временског периода и више истраживача природњака, најзначајније име у области систематике, било је име шведског систематичара (ботаничар и зоолог) **Карла Линеа** (Carl von Linné 1707-1778). У свом капиталном делу „*Species Plantarum*“ описао је 7700 биљних врста. Међутим, Линеов систем је ипак био мањкав јер се није базирао на сродству између врста, већ најчешће само на једном карактеру, а то је био број прашника у цвету, њиховом међусобном срастању, или срастању са другим деловима цвета.

И пре Линеа су постојали покушаји да се изван број врста опише и именује латинским називима и ти називи су били у форми описних реченица – **полиномијална терминологија** (до 12 речи, прва реч је била име рода) што се показало као веома непрактично. Овакав начин именовања биљака у почетку је прихватио и сам Лине, да би веома брзо увео скраћени облик назива биљака, које су сада чиниле само две речи, тзв. **БИНАРНА НОМЕНКЛАТУРА**. Прва реч у називу биљке је означавала назив рода, а друга

описни назив врсте. Тако је, на пример, некадашњи полиномијални назив врсте, *Tradescantia ephemereum phalangoides tripetalum on repens virginianum gramineum*, који је у преводу значио: једногодишња, зељаста, пузајућа традесканција из Вирџиније, траволика, са три крунична листића, преведен у бинарни назив, *Tradescantia virginiana*, што у преводу значи, вирџинијска традесканција. Уз назив биљне врсте, увек се наводи и иницијал/и или пуно име аутора који је именовао дату врсту, нпр. *Tradescantia virginiana* L. (L. – Лине).

Након Линеа, узимајући у обзир различите морфолошке карактеристике биљака, развијани су и други вештачки класификациони системи. Њих су заменили различити природни системи класификације. Међутим, највећи утицај у наступању новог времена у биолошким истраживањима уопште, али и развоју система класификације биљака, имао је **Чарлс Дарвин** (Charles Darwin), захваљујући његовом капиталном делу о еволуцији живог света („Порекло врста“, 1859). Прихватање Дарвинове теорије еволуције, омогућило је класификацију и систематизацију биљака не само на основу њихових морфолошких карактеристика, већ и **на основу њиховог сродства и порекла**, што представља **период филогенетске систематике**.

У последње време, захваљујући рачунарским техникама, те груписању и повезивању огромног броја података, омогућен је значајан напредак филогенетске таксономије и систематике. При том се, уз помоћ нумеричке статистике, посебно развила **кладистичка анализа** или **кладистика** (грч. *klados* = грана), која је предуслов за израду кладограма, тј. специфичних дрволикних дијаграма, који служе да повежу сродне таксоне (Сл. 231). И раније су се кладограми (фенограми) користили за приказивање филогенетске везе (сродничких односа), међутим за разлику од таквих уобичајених филогенетских стабала (конструисаних на основу сличности организама), код савремених кладограма стоје тзв. **монофилетичке групе – кладе**, које се повезују и гранају у односу на међусобну повезаност, тј. припадност заједничкој предачкој линији. Захваљујући резултатима кладистичке анализе, дефинисани су нови системи класификације, где се жива бића класификују **на основу еволуционе сродности** уз помоћ генетичких, биохемијских и молекуларнобиолошких метода.



Слика 231. Шема кладограма (филогенетско стабло) са основним појмовима

Данас се број биљака на Земљи (изузимајући алге и фотосинтетски активне бактерије), процењује на око **265 000**. Од тог броја, маховина је око 27 000, пречица 800, раставића 40, папрати 11 000, голосеменица 800 и **скривеносеменица око 226 000**. Према подацима које наводе Стевановић и сар. (1995), флору Републике Србије чини **3 562 васкуларне биљне врсте**. Приказано у процентима, тај број врста чини око 1,34% од укупног броја биљака на Земљи, што је у односу на површину наше земље, значајно

флористичко богатство. Број врста на једном подручју није константан јер се описују нове врсте, а за поједине се утврђује да нису адекватно описане или на жалост нестају услед нарушавања станишта на којима расту.

Основни принцип и захтев класификације јесте да разноврста целокупан биљни свет и да при том укаже на узајамне сродничке односе између класификованих организама.

У систематици уопште, основна систематска категорија је **врста (*species*)**. Појам „врста“ се може дефинисати и посматрати са различитих аспеката па је тешко дати јединствену, униформну и потпуно прецизну дефиницију врсте. На овом месту наводимо дефиницију врсте по Мајеру (Mayr): „**Врсте су групе природних популација које се стварно или потенцијално укрштају међу собом, а које су репродуктивно изоловане од других таквих група**“ (Радоман, 1961). Рад на дефинисању појма врсте је интензиван те се готово сваке године појављују нова сазнања која на неки начин мењају основну дефиницију врсте. Из тих разлога је најреалније приступити објашњавању врсте као концепту, а не као дефиницији. Но, за разумевање систематике биљака приказане у овом уџбенику, предложена дефиниција је довољно илустративна и садржајна.

Одређене врсте могу имати више заједничких особина, па се тако генетички сродне врсте групишу у вишу систематску категорију **род (*Genus*)**. Међусобно сродни родови се групишу у следећу вишу категорију, **фамилију (*Familia*)**. Сродност између родова једне фамилије је мања од сродности између врста у оквиру рода. Врсте једне фамилије имају много заједничких карактеристика што указује на вероватно заједничког претка. Фамилије са сличним морфолошким карактеристикама се сврставају у **ред (*Ordo*)**, а редови се, по истом принципу, сврставају у следећу вишу категорију **класу (*Classis*)**, класе се сврставају у **раздео (*Phylum*)**, раздели у **царство (*Regnum*)** и коначно, царства у **домен (*Regio*)**.

Домени су најсавременије категорије, које су издвојене на основу разлика између секвенци rRNA. Домени живих бића на Земљи су: ***Bacteria*** (бактерије и модрозелене бактерије), ***Archaea*** (прокариоте екстремних станишта) и ***Eukarya*** (еукариотски организми).

Према Међународном кодексу номенклатуре алги, гљива и биљака, који се до скоро звао и Међународни ботанички Кодекс, свака систематска категорија има свој назив. Такође, свака категорија, изнад рода, одликује се карактеристичним **наставком**. Наставци су за **фамилију -aceae**, за **ред -ales**, за **класу -opsida** и за **раздео -phyta**.

Све таксономске категорије се пишу латинским називима, великим почетним словом, изузев описног назива врсте. Таксономске категорије од нивоа рода на ниже (род, врста, подврста итд.), пишу се косим/*italic* словима, док се називи таксона виших од рода (фамилија, ред, класа и др.), пишу редовним словима.

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

Пример редоследа систематских категорија (хијерархијски низ):

Домен (<i>Regio</i>)	Eukarya – еукариотски организми
Царство (<i>Regnum</i>)	Plantae - биљке
Раздео (<i>Phylum</i>)	Polysporangiophyta (Tracheophyta) - васкуларне биљке
Класа (<i>Classis</i>)	Magnoliopsida
Ред (<i>Ordo</i>)	Solanales
Фамилија (<i>Familia</i>)	Solanaceae - помоћнице
Род (<i>Genus</i>)	<i>Solanum</i> - помоћница
Врста (<i>Species</i>)	<i>Solanum tuberosum</i> L. - кромпир

Поред наведених, основних систематских категорија, у употреби су и одређене међукаатегорије (надред – *Superordo*, подред – *Subordo*, поткласа – *Subclassis*, потфамилија – *Subfamilia*, трибус - *Tribus* итд.).

Више систематске категорије од врсте, као основне систематске категорије, називају се **супраспецијске** (род, ред, класа итд.), а ниже систематске категорије од врсте, су субспецијске или чешће **инфраспецијске**, и то су: подврста (*subspecies*), варијетет (*varietas*) и форма (*forma*).

У овом хијерархијском низу, идући од виших ка нижим систематским категоријама, све је већи број заједничких особина.

Данас у свету не постоји јединствен став по питању систематике виших биљака, нарочито у погледу класа и раздела. У овом уџбенику систематска припадност ће бити приказана према најсавременијим принципима. Наиме, више се не користи јединствени модел, већ су свака од великих група биљака подвргнуте детаљним морфолошким, биохемијским, генетичким и молекуларним анализама те за сваку групу постоји посебна нова систематика. Све то је обједињено у најновијим уџбеницима Систематике биљака па ће и у овом бити преузета из уџбеника Мајкла Симпсона (Michael G. Simpson, 2019), са минималним одступањима, из практичних разлога и у обиму неопходном за студенте агрономије.

Домен Eukarya – еукариотски организми

ЦАРСТВО PLANTAE - БИЉКЕ

РАЗДЕО MONOSPORANGIOPHYTA

Царству биљака припадају и **НЕВАСКУЛАРНЕ БИЉКЕ** једноставније организације, које обично називамо **МАХОВИНЕ**. Оне су укључене у раздео Monosporangiophyta, кога чине три подраздела: **рожњаче** (Anthocerotophytina), **јетрењаче** (Marchantiophytina) и **праве маховине** (Bryophytina) (Simpson, 2019). Маховине су посебна група биљака која се поред специфичне морфологије карактеришу и специфичном физиологијом и биологијом. Грана ботанике која се бави проучавањем маховина назива се **бриологија**.

Иако се појављују још у периоду палеозоика, маховине и данас, као и некада заузимају важно место у биљном покривачу Земље. Оне су познати и као први успешни колонизатори површине наше Планете. Прилагођене су копненом начину живота, али им је за оплођење неопходна вода. Развијају се на свим континентима, расту на најразличитијим местима, али најбујније су на врло влажним местима попут тундре и влажних високих планина, посебно њихових северних страна. Маховине су већином вишегодишње биљке малих димензија, од неколико милиметара до неколико дециметара (Сл. 232). Једино неке водене маховине достижу веће дужине. У њиховом животном циклусу се смењују спорофит и гаметофит генерација, са доминацијом гаметофита. Тако гаметофит (полна генерација), поред функције у полном размножавању, обавља и функције фотосинтезе, снабдевање водом и минералним материјама, док је спорофит мрке боје, служи само за образовање спора, не води самосталан живот, живи на рачун гаметофита, не обавља фотосинтезу.



Слика 232. **Маховина**: а – гаметофит; б - спорофит (спорогон са чауром)

РАЗДЕО POLYSPORANGIOPHYTA (TRACHEOPHYTA) - ВАСКУЛАРНЕ БИЉКЕ

ВАСКУЛАРНЕ БИЉКЕ (ВИШЕ БИЉКЕ, КОРМОФИТЕ) се одликују сложеном грађом, која се знатно разликује од грађе нижих биљака. То су вишећелијски организми, који настају из исто тако мултицелуларног ембриона, насталог полним размножавањем. У њиховом циклусу развића изражена је смена генерација, са доминацијом спорофита, који је диференциран на биљне органе (корен, стабло и лист), а изграђен је од високо диференцираних ткива. Назив васкуларне биљке су добиле због поседовања високо диференцираних проводних (васкуларних) ткива – ксилема и флоема. Васкуларне биљке су аутотрофни организми, са хлоропластима дискоидног облика и пигментима (хлорофил а и б, ксантофил, каротен и др.). Основна резервна материја им је скроб. Широко су распрострањене на Земљи, али им са повећањем географске ширине број опада. Тако, на северу допиру до Гренланда (до 83 степена географске ширине), а на Хималајима расту и до 6000 метара надморске висине. Највећи број биљака са проводним судовима расте на копну, а само неке су секундарно прешле на живот у воденој средини (већином у слаткој води).

Више биљке имају веома велики значај за функционисање живота на Земљи јер су примарни продуценти (примарни произвођачи органске материје у процесу фотосинтезе, ослобађају кисеоник), што је од кључног значаја за одржавање живота на Земљи. Оне су најважнији извор хране и лекова, али и сировина за различите производе. Поред тога, од великог су значаја за формирање и очување земљишта. Од огромног су значаја и као извор топлотне енергије и органских енергената (гас, нафта, дрво, угаљ).

Подраздео *Lycopodiophytina* Класа *Lycopodiopsida* - пречице

ПРЕЧИЦЕ спадају у најстарије више биљке, које и данас насељавају нашу Планету. Доминирале су у касном палеозоику, да би данас остао само мањи број родова и врста, без већег значаја за укупни биљни покривач. Иако је на основу фосилних налаза констатовано да су раније живеле и дрвенасте пречице, данашњи представници су ниске, вишегодишње, зимзелене, зељасте биљке. Изгледом делимично личе на групу правих маховина. Надземни и подземни изданци (често ризом) расту захваљујући вршним меристемима, али њихове иницијалне ћелије временом губе способност деобе, па пречице имају ограничен раст. За пречице је карактеристично дихотомо гранање (и подземних и надземних изданака) при чему дихотомија може бити једнака или неједнака. Код неједнаке дихотомије (анизотомија), може се образовати моћније главно стабло, које у први мах подсећа на моноподијално гранање.

Пречице могу бити изоспорне и хетероспорне. Споре се формирају у спорангијама које су смештене на горњој страни спорофила. Када зрела спора доспе на влажно земљиште, клија тек након неколико година (5-6 и дуже) образујући проталијум (гаметофит). Проталијуми могу бити једнополни или двополни, а развијају се на рачун хранљивих материја из споре, углавном подземно, у форми меснатих („кртоластих“) творевина, димензија 2-20 мм. Код пречица се гамети образују у антеридијама и архегонијама (које се развијају на проталијуму), а за оплођење је потребна вода (роса, киша, и сл.). Из зигота (ембрион), израста млада биљка, спорофит.

Класу **Lycopodiopsida** чине три реда у који су укључени рецентни представници, са истоименим фамилијама и типичним родовима: ред *Lycopodiales*, фам. *Lycopodiaceae* – ***Lycopodium*** (Сл. 233); ред *Selaginellales*, фам. *Selaginellaceae* – *Selaginella* и ред *Isoetales*, фам. *Isoetaceae* – *Isoetes*.



Слика 233. *Lycopodium* sp. (пречица) (а - биљка са спорофилима груписаним на врху, хербаризован примерак)

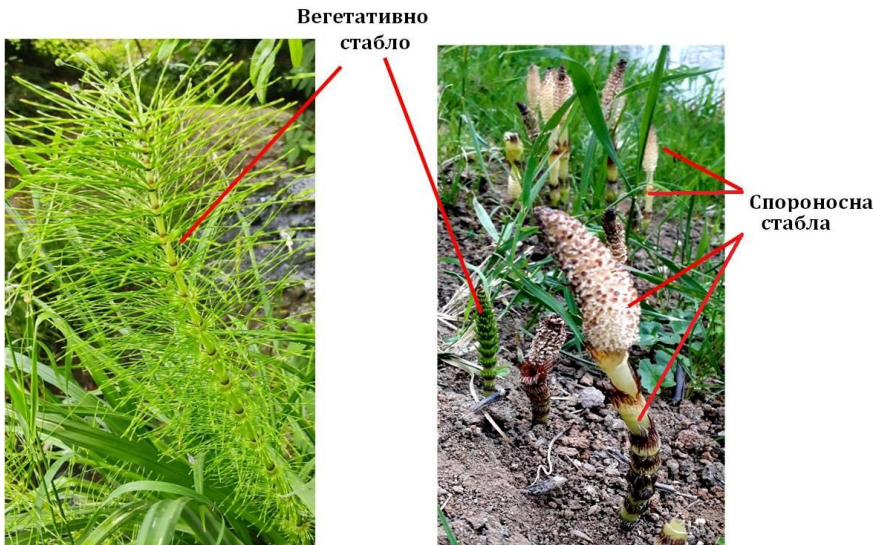
Подраздео Polypodiophytina

Класа Polypodiopsida (Leptosporangiateae) – папрати

Подкласа Equisetidae - раставићи

Данашњи **РАСТАВИЋИ** су зељасте биљке, остаци некадашњих дрвенастих облика који су живели у девону и карбону (палеозоик). Ову подкласу данас чини само један род – *Equisetum* (фам. *Equisetaceae*, ред *Equisetales*), са око 35 зељастих, вишегодишњих врста, које живе на целој Земљи, изузев Аустаралије. За раставиће је карактеристично чланковито стабло са ребрасто избразданим интернодијама, које се код већине врста грана. Из чворова полазе пршљенасто распоређене, чланковите бочне гране. На чворовима се развијају редуковани, љуспасти листићи који срастају својим основама у рукавац, охреу (*ochrea*). При подлози, из чланковитог ризома развијају се надземна стабла, а испод земље се развијају бројни корени. Код већине врста рода *Equisetum*, надземна стабла су једногодишња, а следеће године се из ризома формирају нова. Код неких врста овог рода, образују се две врсте стабла, најпре спороносно, бледо које на врху носи спороносни клас, које након ослобађања спора, пропада. Након тога, из ризома се образује зелено, разгранато, вегетативно стабло (Сл. 234). Код других врста рода ***Equisetum*** образују се само зелена стабла, која тек крајем лета на својим врховима образују спороносне класове. Из спора се развија углавном једнополан, гранат проталијум (гаметофит) на коме се образују гаметангије. Спајање

гамета (оплођење) обавља се уз помоћ капљица воде. Из оплођене јајне ћелије, формира се ембрион или клица која се развија у одраслу биљку – спорофит. Код нас су честе врсте *Equisetum arvense* (пољски раставић), који се појављује и као коровска биљка у окопавинама, *E. telmateia* (велики раставић), *E. pratense* (ливадски раставић) итд.



Слика 234. *Equisetum* sp. (раставић)

Подкласа *Ophioglossiidae*

Овој подкласи припада фамилија *Ophioglossaceae* из реда *Ophioglossales*, са два рода, *Ophioglossum* (једнолистак) и *Botrychium* (месечинац). Ову фамилију чине вишегодишње зељасте биљке, са подземним, хоризонталним или косим ризомом, са кога полазе бројни корени без коренских длачица, па живе у симбиози са гљивама. Из вегетационе купе ризома, надземно се формира један лист, који веома споро расте (5-6 година). На заједничкој лисној дршци, лист је рашчлањен на два дела, стерилни, вегетативни део, који обавља фотосинтезу и фертилни, спороносни део листа, који носи спорангије са спорама. Из спора се образује вишегодишњи, подземни кртоласто-ваљкаст проталијум (гаметофит) који такође живи у симбиози са гљивама. На њему се образују гаметаангије у којима се образују гамети. Из оплођене јајне ћелије се формира ембрион, који код неких врста остаје под земљом више година, након чега се из њега развија биљка, спорофит.

Подкласа Polypodiidae

Ред Salviniiales

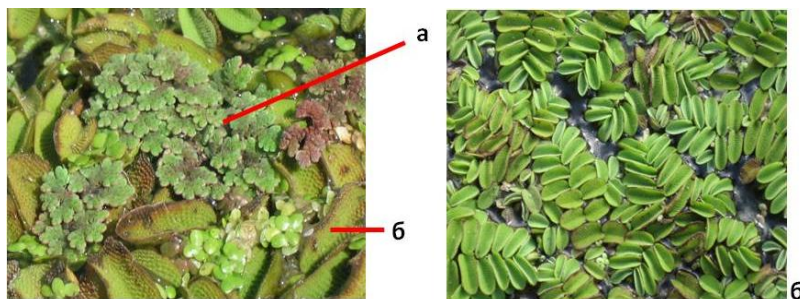
Овој подкласи припада ред Salviniiales кога чине искључиво водене, хетероспорне папрати, које су се секундарно прилагодили животу у води, сврстане у три фамилије: Marsileaceae (типичан род *Marsilea*), Azollaceae (типичан род *Azolla*) и Salviniaceae (типичан род *Salvinia*).

Из рода *Marsilea*, у нашој флори, заступљена је само врста *Marsilea quadrifolia* (четворолисна разноротка) - сл. 235, која расте по мочварним ливадама или по ободу мањих бара. Поседује дугачак ризом са чије доње стране у влажном муљу полазе корени, а са горње стране се образују листови са дугим лисним дршкама и лисном плочом која је подељена у четири режња, па подсећа на детелину са четири листа. Нерватура је дихотомог типа. На лисној дршци, уз ризом, на краткој, дихотомо гранатој дршци образују се спорокарпи, карактеристични за водене папрати (код већине представника одговарају сорусима копнених папрати) који садрже микро и макроспорангије. Споре се ослобађају у воду, где врло брзо израстају у једнополне, мушке и женске гаметофите (проталијуме), на којима се образују гаметангије (антеридије и архегоније), а у њима гамети (антерозооиди и јајна ћелија). Из оплођене јајне ћелије се образује ембрион, који израста у спорофит – одраслу папрат.



Слика 235. *Marsilea quadrifolia* (четворолисна разноротка)

Azolla (Сл. 236а), је нежна, ситна водена папрат која изгледом подсећа на маховине, разграната је, пливајућа (флотантна), са бројним коренима са доње стране стабаоцета. Листићи су густо збијени, са горње стране стабла, наизменично распоређени у два реда и дубоко подељени у два режња. Са унутрашње стране горњег режња листића налазе се фина удубљења у којима симбиотски живе колоније цијанобактерије *Anabaena azollae*, што овој папрати даје црвенкасту боју. Микро и макро спорангије су такође у спорокарпима. У нашој флори присутне су *Azolla caroliniana* и *A. filiculoides*.



Слика 236. Водене папрати: а - *Azolla* sp. (азола); б - *Salvinia natans* (салвинија)

Из рода *Salvinia*, у нашој флори заступљена је само врста *S. natans* (салвинија, непачка) - сл. 236б, једногодишња или вишегодишња водена, пливајућа папрат, са танким стаблом које на сваком нодусу има три листа, од којих су два горња пливајућа, јајастог облика, а доњи лист је издељен, кончаст - подсећа на корен (хетерофилија). Макро и микроспорангије се образују на скраћеним деловима подводних листова, у специфичним лоптастим омотачима спорокарпима. Процеси клијања спора, развића проталијума и оплођење, одвијају се у води.

Ред Polypodiales

Овај ред чине **ТИПИЧНЕ ПАПРАТИ** са релативно кратким стаблом, нејасно изражене чланковите грађе (изузев дрвенастих врста). Углавном им одговарају засенчена места (скиофите) па су честе у шумама, у приземним спратовима. Иако расту у свим деловима Земље, у тропима достижу највећи развој. Тако се, само у тропима, поред зељастих представника, развијају и дрвенасте врсте, нпр. *Alsophyla australis* која достиже висину и до 20 m. У нашој флори папрати су углавном вишегодишње зељасте биљке, са подземним метаморфозираним изданком - ризомом. Ризом је слабо разгранат, а надземно су листови углавном распоређени у розети (Сл. 237), услед релативно скраћеног надземног стабла, код кога не долази до секундарног деблања. У анатомској грађи стабла, присутни су проводни снопићи концентричног типа. Спорангије се образују на наличју листова и сакупљене су у групице – сорусе (Сл. 238б). Проталијум (гаметофит) је самосталан, надземан, аутотрофан, углавном плочастог облика (ретко је разгранат). Овом реду данас припада око 9 000 врста, које су груписане у неколико подредова и више фамилија.

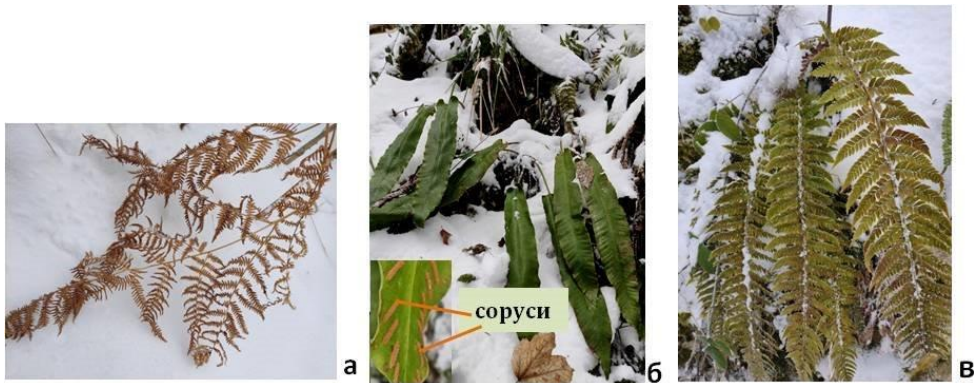


Слика 237. Папрати: а - *Asplenium trichomanes* (округла слезница); б - *Polystichum* sp. (папратњача)

Поменућемо само најчешће папрати у нашој флори. *Pteridium aquilinum* (бујад) - фам. Dennstaedtiaceae, изоспорна, вишегодишња папрат, расте често код нас на сувљим шумским пропланцима, али понекад расте и као коровска

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

биљка на ораницама. Достиже висину од 50 до 150 cm, листови у розети, троугластог облика који су двојно, тројно или вишеструко перасто дељени (Сл. 238а). *Dryopteris filix mas* (навала) - фам. Dryopteridaceae, је вишегодишња зељаста биљка, са косим ризомом на чијем врху се надземно образује густа розета веома крупних, двојно перасто дељених листова. Навала је изоспорна папрат. *Asplenium scolopendrium* (јелењи језик) - фам. Aspleniaceae, је вишегодишња, зимзелена, зељаста биљка са кратким ризомом. Расте у шумама букве и мешовитим шумама букве и јеле. Листови су цели, дуги 10-60 cm, са издужено копљастом лиском, целог или благо таласастог обода. На наличју листа су линеарно издужени соруси са спорангијама (Сл. 238б). *Asplenium ceterah* (златна папрат) – фам. Aspleniaceae, расте у пукотинама стена и зидова (хазмофита), на сувим местима. Зимзелена је, зељаста, вишегодишња папрат са мрким ризомом са кога полазе корени и листови. Листови су чврсти, кожasti, са лица зелени, а наличје им је златно мрко од црепасто распоређених љуспастих длака које штите сорусе са спорангијама. И лисна дршка је прекривена љуспастим длакама, а лисна плоча је перасто урезана са наизменичним режњевима. *Polypodium vulgare* (слатка папрат) - фам. Polypodiaceae, народни назив је добила због ризома слатког укуса. Расте у приземним спратовима влажних шума. Зимзелена, вишегодишња, зељаста биљка са дубоко перасто дељеним листовима, дугих линеарних режњева, који на наличју носе сорусе (групице спорангија).



Слика 238. Папрати: а - *Pteridium aquilinum* (бујад); б - *Asplenium scolopendrium* (јелењи језик); в - *Polystichum aculeatum* (крпаста папратњача)

ПОДРАЗДЕО SPERMATORHYTINA – СЕМЕНИЦЕ

Овом подразделу припадају биљке на највишем степену развића које поседују **семе** као орган за расејавање и размножавање. Управо семе је овим биљкама, у датим еколошким условима, обезбедило опстанак и успешну адаптираност, што је омогућило њихову доминацију у формирању вегетације на Земљи. Код семеница је такође изражена смена генерација, са доминацијом спорофита и редукцијом гаметофита који не води самосталан живот, сведен је на ћелијски ниво, па је за утврђивање смене генерација потребна веома прецизна цитолошка анализа. Све семенице су хетероспорне (образују макроспоре и микроспоре), код којих макроспора остаје унутар затворене макроспорангије која добија нови трослојни омотач (семени заметак), не напушта је, па се унутар макроспорангије развија женски макрогаметофит, процес оплођења и развиће ембриона (клице). Управо ова особина омогућила је **оплођење без присуства воде**, што је допринело успешном преживљавању и полном размножавању семеница, чак и у пустињским условима. Из семеног заметка (макроспорангије) образоваће се семе, које поред клице (зачетак нове биљке), садржи довољну количину резервних хранљивих материја, неопходне ензиме и овојницу (семењачу), која обавија и штити ембрион - клицу.

Класа *Lyginopteridopsida* (*Pteridospermae*) – „семене папрати“

У ову класу су сврстане изумрле биљке које су, према фосилним налазима, поседовале листове сличне перастим листовима правих папрати, али су по први пут на врховима, ободу и бочним нервима листова, имале семене заметке и поленове кесице. Након оплодње на листовима у нарочитим структурама налазила су се **семена**. Зато су назване „семене папрати“. Описано је неколико стотина врста, међу којима су се разликовале дрвенасте врсте и лијане као и зељасти представници. Иако су се размножавале семеном, у семенима нису забележени ембриони (клице) што ствара недоумицу. „Семене папрати“ су најпримитивније међу голосеменицама, али се јасно разликују од папрати јер су имале семена, специфичну анатомску грађу стабла и корена, као и секундарно дебљање. По неким научницима, оне су прелазна група између правих папрати и голосеменица, а према другима су то две групе биљака које су паралелно еволуирале.

Gimnospermae – голосеменице

ГОЛОСЕМЕНИЦЕ су дрвенасте (дрвеће и жбунови), хетероспорне биљке. Микроспорофили су веома разнолики и код већине група, сакупљени у **микростробилусе – мушке шишарке**. Макроспорофили су такође разнолики и углавном сакупљени у **макростробилусе - женске шишарке**. Дакле, стробилуси голосеменица су једнополни, а биљке су једнодоме или дводоме. У прошлости су постојале и голосеменице са двополним шишаркама (бенетити), међутим, комплетна ова група је изумрла. Листови су им различити, од ситних љуспастих, игличастих, до крупних, перасто дељених. Код голосеменица се, по први пут, на макроспорангијама образују заштитни омотачи које граде интегумент, па их називамо **семени замеци**. Међутим, оплодне љуспе (карпеле) не срastaју, већ су на њима голи семени замеци, па отуда назив **голосеменице**. Унутар семеног заметка одвија се оплођење (унутрашње оплођење) и развиће ембриона. Управо ова особина омогућава оплођење без присуства воде. У процесу развића ембриона од семеног заметка, образује се **семе**, орган за расејавање и размножавање голосеменица.

Класа Cycadopsida – цикаси

ЦИКАСИ чине мању групу, једну од најстаријих голосеменица, тропских и суптропских подручја, које обликом подсећају на палме, па одатле долази и њихов назив (грч. *kykas* = палма). Фосилни налази из доба мезозоика обилују остацима флоре цикаса која је у то време била доминантна на Земљи, те је у палеоботаници овај период и познат као "ера цикаса".

Данас цикаси самоникло живе у свим деловима Земље, изузев Европе и Антарктика. Ову групу чини само један ред – Cycadales, са две фамилије, Cycadaceae и Zamiaceae. Фамилија Cycadaceae садржи преко 100 врста, сврстаних у десетак родова. Типичан



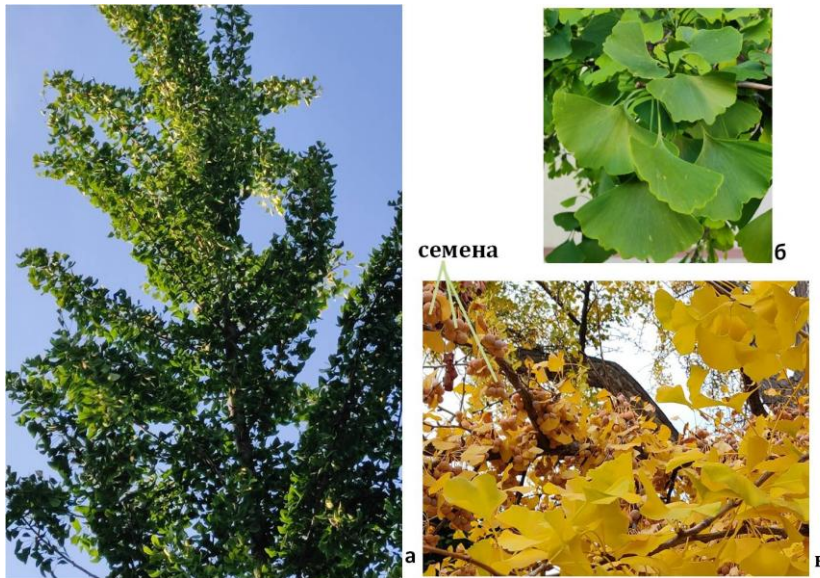
Слика 239. *Cycas revoluta* (цикас): а – изглед биљке; б – женска јединка са макроспорофилима у средишту лисне розете

представник је *Cycas*, дрвенаста биљка висине и преко 10 m. Типичан

представник је *Cycas revoluta* (Сл. 239), чије право, негранато стабло достиже пречник преко 1m, са розетом перастих листова на врху, у чијем средишту се налази вегетациона купа. Опадањем листова, на стаблу се задржава лисна основа која стаблу даје „црепасту“ површину. Цикаси су дводоме биљке, па се на мушким јединкама образује мушка „шишарка“ изграђена од микроспорофила са микроспорангијама (поленовим кесицама) у којима се образују микроспоре – Polenova зрна. Крупни наранџасто-црвенкасти макроспорофили, прекривени густим жутим длачицама (слични листовима) се образују на женским јединкама (Сл. 239б) и у доњем делу носе неколико (2-8) макроспорангија – семених земака. Из семених земака, након оплођења (покретни сперматозоиди) ће се образовати семе. Фамилија Zamiaceae садржи преко 200 врста распрострањених у тропским и суптропским областима Африке, Америке и Аустралије. Економски значај имају декоративне врсте родова *Ceratozamia*, *Encephalartos*, *Zamia* итд.

Класа Ginkgopsida – гинко

Једини живи представник ове класе јесте реликтна врста *Ginkgo biloba* (гинко) – сл. 240, која је народни назив - гинко (сребрна бресква или сребрни плод) добила по свом семену које има сочан омотач. Самоникло расте у Кини, где се сматра светом биљком и предметом поштовања. Као декоративна биљка, гинко се гаји широм света.



Слика 240. *Ginkgo biloba* (гинко): а – изглед биљке; б - листови гинка; в – гинко у јесен, са ћилибарно-жути семенима

Гинко је листопадна голосеменица, дводомна је биљка (разликују се мушке и женске јединке) која веома касно достиже фазу зрелости, па семе

образују тек након 25-30 година. Зрела семена у јесен добијају ћилибарно-жуту боју, и веома су непријатног мириса (због присуства масне бутерне киселине - мирис ужегнутог путера). Гинко достиже висину и преко 30 m, а пречник стабла више од 3 m. Млађе биљке имају пирамидалну форму, а бочне гране полазе са стабла скоро под правим углом. За разлику од четинара, гинко не образује смолу. Листови су двојако распоређени, на дугим, брже растућим изданцима су спирално распоређени, а на краћим изданцима као „чуперак“ од 5-7 листова. И облик листа код ове голосеменице је јединствен – лезеасти је облика или широко клинаст, са дихотомом нерватуром, стоме су на наличју. Лиска је углавном усечена и подељена на две симетричне половине (лат. *biloba* – два режња/сегмента). Архаичне особине ове врсте су: оплођење помоћу покретљивих сперматозоида (блискост са цикасима), развиће ембриона у семеним замецима опалим са биљке (блискост са „семеним папратима“) и семена им клијају без периода мировања. У ери мезозоица, овај род је бројао неколико десетина врста и имао је скоро космополитски ареал (распрострањен на свим континентима).

Класа *Gnetopsida*

Овој класи и истоименом реду (*Gnetales*) припадају **три специфична рода голосеменица**, која су због извесних разлика ипак сврстани у три различите фамилије: *Ephedra* (фам. *Ephedraceae*), *Welwitschia* (фам. *Welwitschiaceae*) и *Gnetum* (фам. *Gnetaceae*). И поред разлика, постоји низ особина које су им заједничке: дихазијални стробилуси, омотач око стробилуса (налик цветном омотачу), назнака двополности (нарочито код велвичије), присуство трахеја у секундарном ксилему, наспраман распоред листова, клица са два котиледона, одсуство смоних канала итд., што их одваја од типичних голосеменица. Род *Ephedra* садржи преко 40 врста распрострањених у сувим подручјима, пустињама, полупустињама, песковима, камењарима и сл., углавном у Средоземљу, западном делу Северне Америке и Јужној Америци. Ове биљке се одликују ксероморфном грађом, то су ниски разгранати жбунови, ретко достижу висину од 6-8 m. Њихова млада стабла су ребраста, зелена и обављају фотосинтезу. Листови су ситни, љуспасти и брзо отпадају. Стробилуси су им једнополни, а биљке су углавном дводоме. Само код неких врста се развијају двополни стробилуси. *Welwitschia mirabilis* расте у пустињи Намиб (југозападна Африка). Типична је ксерофита, прилагођена сувој пустињској клими. Подсећа на „одраслу клицу“, са дугим главним кореном (до 3 m), са ниским подземним стаблом, чији надземни део расте до 50 cm висине. Стабло је седласто усечено, па се на њему образују два крупна листа, који неограничено расту основом читавог живота биљке (активношћу интеркаларног меристема) па у појединим случајевима достижу старост и преко 2 000 година. Ова биљка влагу обезбеђује углавном из густе магле (честа у приобалном делу Намибијске пустиње) која се кондензује на површини листова и улази кроз стоме, присутне на лицу и наличју листова

(22 000 стома на 1 cm²). Биљка је дводома. Оплођење је специфично и супротно у односу на друге семенице, јер код велвичије цеви проталијума (женски гаметофит) се издужују и спајају својим врхом са поленовом цеви, па предње једро из проталијалне цеви улази у цитоплазму поленове цеви и спаја се са сперматичном ћелијом. Након оплођења, зигот прелази из поленове цеви у женски гаметофит (проталијум). Из зигота се образује ембрион (клица), који се налази у семену са крилатим омотачем. Род *Gnetum* чини око 30 врста које расту у влажним тропским пределима. Углавном су лијане са чврстим, кожастим, широким листовима, перасте нерватуре (слично дикотилама), наспрамног распореда. Често по ободу садрже расподне пупољке. И *Gnetum* је такође дводома биљка, са класоликим стробилусима, који могу да се дихазијално гранају.

Класа Pinopsida – четинари

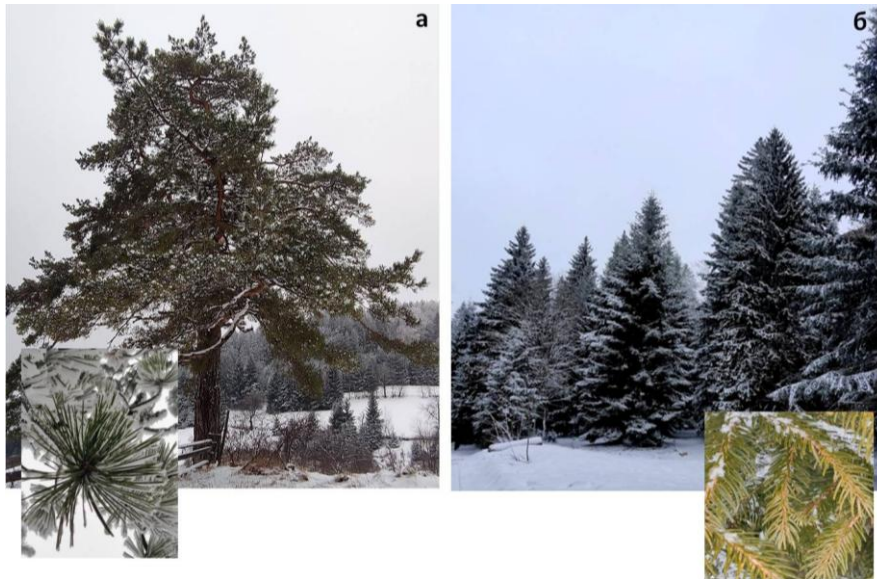
Овој класи припада и типични ред Pinales, чије представнике називамо **ЧЕТИНАРИ**, због њихових, најчешће, зимзелених, игличастих (четине, иглице) или љуспастих листова. Листови су ксероморфни, углавном вишегодишњи, покривени дебелом кутикулом и стомама увученим у удубљења, затворена зрнцима воска, са простом нерватуром (један нерв на средини листа). Четинари су распрострањени у умереном и хладном појасу, нарочито северне хемисфере где образују простране четинарске, зимзелене шуме - **тајге**. Углавном су моноподијално гранато дрвеће, ређе жбунови. Најчешће поседују смолне канале. Код четинара, микро и макроспорофили су спирално причвршћени за осовине, образујући различите једнополне (мушке и женске) стробилусе – **шишарке**. Четинари су углавном једнодоме, ретко дводоме биљке.

Фамилија Pinaceae

Ову фамилију чине дрвенасте, моноподијално разгранате биљке са зимзеленим игличастим листовима (листопадне су само врсте родова *Larix* и *Pseudolarix*). Фамилију борова чине једнодоме биљке код којих мушке шишарке чине многобројни микроспорофили (прашници), који са доње стране носе по две поленове кесице у којима се образују поленова зрна. Женске шишарке су крупније, јер их граде заштитни листићи (љуспе) у чијим се пазусима налазе по два макроспорофила (оплодни листићи, љуспе), на којима се налазе по два семена заметка. Женска шишарка је дрвенаста и остаје затворена до сазревања семена. Семена су окриљена за лакше расејавање, а клица (ембрион) садржи више котиледона. Величина женских шишарки доста варира код различитих представника.

Фамилију Pinaceae чини 12 родова, од којих је најчешћи род *Pinus* (**бор**), са око 90 врста распрострањених најчешће у северној хемисфери. Борови образују дуге изданке покривене мрким, кожастим љуспицама, који носе кратке изданке чији су врхови са белим, љуспастим листићима, кроз које

избија најчешће 2-5 (ретко 1-8) зелених игличастих листова (Сл. 241а). У нашим крајевима чести су *Pinus nigra* (црни бор) и *P. silvestris* (бели бор). На Балканском полуострву, ендемска врста *P. peuce* (молика) гради читав шумски појас, изнад појаса букве и јеле, док *P. heldreichii* (муника) расте само на Балканском полуострву и јужној Италији. Код нас је присутан и бор кривуљ - *P. mugo* (syn. *P. montana*), жбун висине 3-5 m, који налазимо на граничним условима за раст шумских дрвенастих врста.



Слика 241. **Pinaceae**: а - *Pinus silvestris* (бели бор); б - *Picea* sp. (смрча)

Роду ***Abies* (јела)** припада 46 врста које расту у планинским пределима северне хемисфере. У нашој земљи расте *A. alba* (бела јела), дрво висине до 65 m, испуцале светлосиве коре, пршљенасто распоређених, хоризонтално постављених бочних грана (Сл. 242). Пупољци су без смоле. Четине дуге 17-30 mm, широке око 2 mm, бледо-зелене, са две видљиве линије стома на наличју, распоређене обично у два реда. Мушке су шишарке ресолике, дужине као четине. Женске су шишарке дужине 10-30 cm, ширине до 5 cm, стоје усправно, сазревају у првој години и распадају се. Семе је дуго 7-10mm, са двоструко дужим крилцем.

Род ***Picea* (смрча)** обухвата око 50 врста распрострањених у северној умереној зони. Роду *Picea* припада високо, зимзелено дрвеће, спирално распоређених иглица (Сл. 241б).



Слика 242. ***Abies alba*** (јела)

Шишарке су viseће, не распадају се. Код нас самоникло расту две врсте *Picea abies* (смрча) и *P. omorika* (Панчићева оморика). Смрча је висока око 50 m, пирамидалне круне и пршљенасто распоређених грана. Кора је црвенкасто-смеђа до сива, иглице дуге до 25mm, четвороугаоне, зашиљене, са свих страна са видљивим беличастим линијама стома. Шишарке су viseће, дужине до 16 cm, зреле су смеђе боје. Код нас, на вишим планинама, гради читаве шуме. Панчићева оморика (*P. omorika*) има узано пирамидалну круну, достиже висину до 50 m. Доње гране су viseће, врховима окренутим на горе. Кора је смеђе боје, пупољци су без смоле. Иглице су пљоснате, дужине до 20 mm, са наличја са две беличасте линије стома. Шишарке су viseће, сјајне, црвенкастосмеђе, дуге до 5 cm. Панчићева оморика је реликт терцијара и ендем Балканског полуострва. У Србији расте око средњег тока Дрине, али се и сади по парковима, као украсна.

Роду *Larix* (ариш) припада десетак врста. У Европи расте само *Larix decidua* (ариш европски). Ариш је листопадна голосеменица, висине до 35 m, са купасто-јајастом круном, и сиво-смеђом кором. Иглице су дужине до 4 cm, пљоснате, на кратким изданцима, у „чуперцима“ (до 40), док су на младим дугим изданцима, спирално распоређене. Шишарке су јајасто-округле, дуге до 4 cm. Ариш се код нас гаји као украсна биљка.

Фамилија Cupressaceae

Фамилији ЧЕМПРЕСА – Cupressaceae припада 20 родова и око 130 врста, широко распрострањених. Ова фамилија обухвата зимзелено дрвеће и жбунове, са пршљенасто распоређеним игличастим листовима или са наспрамним, декусираним љуспастим листовима (у четири реда). Занимљиво је истаћи да у женским шишаркама оплодне и заштитне љуспе потпуно срастају чинећи тзв. епимацијум, који су или наспрамни или пршљенасто распоређени на осовини, формирајући женску шишарку (Сл. 243).

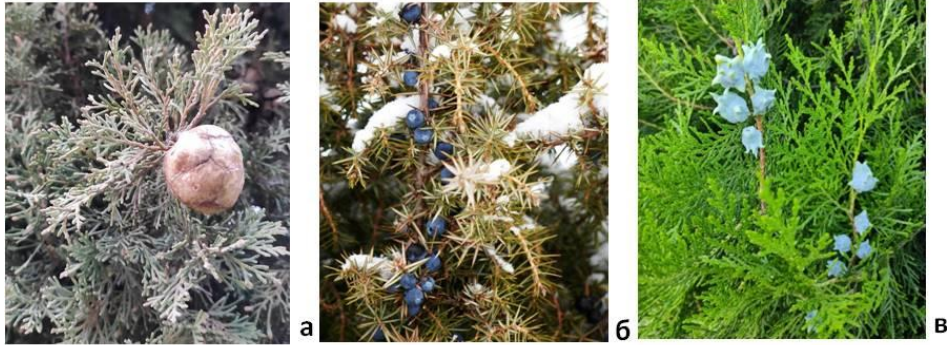
Cupressus (чемпрес) - сл. 243а, често се сади као декоративна биљка, гране су четвороугаоне са љуспастим, густим, наспрамним листовима. Самоникло расте у источном медитерану. Чемпрес достиже висину до 40 m. Шишарке су дрвенасте или кожасте, издужено-лоптасте, дуге 2-4 cm, а штитасти епимацијуми (са више семена) су након сазревања размакнути.

Thuja (туја), код нас се веома често гаји као декоративна, зимзелена, дрвенаста биљка, пирамидалне круне. Гране су јој пљоснате, листови љуспасти, ситни, наспрамни, прилегнути уз стабло. Шишарке су ситне, а епимацијуми су са повијеном грбицом. Као украсне биљке, често се гаје *T. orientalis* (источна туја) и *T. occidentalis* (западна туја) - сл. 243в.

Juniperus (клека), су зимзелени жбунови или ниско дрвеће, јајасте или купасте круне, са игличастим или љуспастим, пршљенасто распоређеним листовима. Шишарке округле или јајасте, епимацијуми женских шишарки срастају и не отварају се. Обична клека - *J. communis* је дводома биљка, код нас расте самоникло, али се гаји и као украсна. Зреле шишарке су тамноплаве, чине је три епимацијума (Сл. 243б).

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

Овој фамилији припада и највиша жива биљка на свету, *Sequoia sempervirens*, висока око 116 m, чији је пречник стабла (у висини груди) 8,9 m (Калифорнија и Орегон – САД).



Слика 243. **Cupressaceae**: а - *Cupressus sempervirens* (чемпрес); б - *Juniperus communis* (обична клека); в - *Thuja orientalis* (источна туја)

Фамилија Тахасеае

Овој фамилији припада пет родова и 15 врста које су углавном распрострањене у северној хемисфери. У Европи и код нас расте само врста ***Taxus baccata* (тиса)**. Тиса је дрвенаста, дводома, голосеменица висине од 5-8 m. Круна је широко заобљена или купаста. Иглице су зашиљене, тамно зелене с лица, а наличје је светло зелено. Зрело семе поседује сочни црвени омотач – арилус (Сл. 244). Цела биљка, изузев арилуса, садржи отровни алкалоид таксин.



Слика 244. ***Taxus baccata*** (тиса)

Angiospermae (Magnoliophyta, Anthophyta) - СКРИВНОСЕМЕНИЦЕ (ЦВЕТНИЦЕ)

До данас је описано око **226 000** СКРИВНОСЕМЕНИЦА, што их чини доминантном групом сувоземних биљака. Расту на најразличитијим стаништима, од веома сушних до водених. Међу скривеносеменицама, поред дрвенстих биљака (дрвеће, жбунови, полужбунови), велики је број и зељастих биљака (једногодишњих, двогодишњих, вишегодишњих).

Цвет је главна карактеристика скривеносеменица. Карактерише га цветни омотач (перијант), ретки су изузеци. Отуда и назив Anthophyta - цветнице (грч. *anthos* – цвет), за ову групу биљака. Ткива су им високо диференцирана, тако скривеносеменице увек имају трахеје (у саставу ксилема) и ћелије пратилице (у саставу флоема).

Од голосеменица се разликују, на првом месту, због тога што су код њих семени замеци скривени у унутрашњости плодника тучка (услед срастања оплодних листића/карпела), па их називамо и скривеносеменице. Такође, код ових биљака, поленова зрна не доспевају директно на семене заметке, већ падају на жиг тучка. Гаметофити скривеносеменица су додатно редуковани, сведени на само неколико ћелија, брже се образују, што је убрзало процес њиховог полног размножавања. Код скривеносеменица се, по први пут у еволуцији биљног света, образује **плод** као орган у коме се налази заштићено семе/семена.

У делу који следи, дат је систематски преглед скривеносеменица и то само таксона одабраних према плану и програму за студенте агрономије. Овај савремени преглед базиран је на интегративној таксономији и представља синтезу сазнања обједињених у препознатљиве системе (Angiosperm Phylogeny Group – APG), на којима се данас базира модерна систематика биљака (Simpson, 2019). Сви до сада познати APG системи резултат су актуелних сазнања великог броја аутора из области систематике биљака, до којих се дошло свеобухватним истраживањима биљне морфологије, микроморфологије, унутрашње организације, студија базираних на молекуларним маркерима, генетичких анализа и биохемијских карактеристика, ради утврђивања њиховог систематског положаја и узајамних филогенетских односа.

Систематски преглед одабраних скривеносеменица (Angiospermae)

Класа Magnoliopsida

Еволуциона линија I – базалне цветнице

- Надред Nymphaeanae
- Ред Nymphaeales
- Фамилија Nymphaeaceae

Еволуциона линија II – магнолидни комплекс

- Надред Magnolianae
- Ред Magnoliales
- Фамилија Magnoliaceae
- Ред Piperales
- Фамилија Aristolochiaceae

Еволуциона линија III - МОНОКОТИЛЕ

- Надред Lilianae
- монокотиле – “не – Commelinidae”**
- Ред Alismatales
- Фамилија Alismataceae
- Фамилија Araceae
- Фамилија Potamogetonaceae
- Ред Liliales
- Фамилија Liliaceae
- Ред Asparagales
- Asparagales - „више Asparagales“**
- Фамилија Alliaceae
- Фамилија Amaryllidaceae
- Фамилија Asparagaceae
- Фамилија Convallariaceae
- Asparagales - „ниже Asparagales“**
- Фамилија Iridaceae
- Фамилија Orchidaceae
- монокотиле – “Commelinide”**
- Ред Poales
- Фамилија Poaceae (Gramineae)
- Фамилија Cyperaceae
- Фамилија Juncaceae
- Фамилија Typhaceae
- Ред Arecales
- Фамилија Arecaceae (Palmae)

Еволуциона линија IV – средишње скривеносеменице - еудикотиле

Еволуциона линија IV1 – базалне дикотиле

- Надред Ceratophyllanae
 - Ред Ceratophyllales
 - Фамилија Ceratophyllaceae
- Надред Ranunculanae
 - Ред Ranunculales
 - Фамилија Ranunculaceae
 - Фамилија Berberidaceae
 - Фамилија Papaveraceae

Еволуциона линија IV2 – еудикотиле централног положаја

- Надред Caryophyllanae
 - Ред Caryophyllales
 - Фамилија Amaranthaceae
 - Фамилија Caryophyllaceae
 - Фамилија Chenopodiaceae
 - Фамилија Polygonaceae

Еволуциона линија IV3 – еудикотиле Rosanae

- Надред Rosanae
 - Ред Vitales
 - Фамилија Vitaceae
- Група редова Eurosidae I – Fabide**
 - Ред Cucurbitales
 - Фамилија Cucurbitaceae
 - Ред Fabales
 - Фамилија Fabaceae (Leguminosae)
 - Ред Fagales
 - Фамилија Betulaceae
 - Фамилија Fagaceae
 - Фамилија Juglandaceae
 - Ред Malpighiales
 - Фамилија Euphorbiaceae
 - Фамилија Linaceae
 - Фамилија Salicaceae
 - Фамилија Violaceae
 - Ред Rosales
 - Фамилија Moraceae
 - Фамилија Rosaceae
 - Фамилија Urticaceae
 - Фамилија Cannabaceae

Група редова Eurosidae II - Malvide

- Ред Brassicales
 - Фамилија Brassicaceae (Cruciferae)
- Ред Geraniales
 - Фамилија Geraniaceae
- Ред Malvales

- Фамилија Malvaceae
- Фамилија Tiliaceae
- Ред Sapindales
- Фамилија Rutaceae

Еволуциона линија IV4 – еудикотиле Asteranae

Група редова Euasteridae I – Lamide

- Ред Boraginales
 - Фамилија Boraginaceae
- Ред Gentianales
 - Фамилија Rubiaceae
- Ред Lamiales
 - Фамилија Lamiaceae (Labiatae)
 - Фамилија Oleaceae
 - Фамилија Orobanchaceae
 - Фамилија Plantaginaceae
 - Фамилија Scrophulariaceae
- Ред Solanales
 - Фамилија Convolvulaceae
 - Фамилија Solanaceae

Група редова Euasteridae II - Campanulide

- Ред Apiales
 - Фамилија Apiaceae (Umbelliferae)
- Ред Asterales
 - Фамилија Asteraceae
 - Фамилија Campanulaceae
- Ред Dipsacales
 - Фамилија Dipsacaceae

Опис одабраних фамилија биће приказан нешто другачијим редоследом, у односу на приказани систематски преглед, придржавајући се до сада уобичајене поделе скривеносеменица, на дикотиле и монокотиле, из практичних разлога, као и због повезаности са предметима из других области (физиологија, хербологија и др.), које такође имају овакав приступ.

ДИКОТИЛЕ

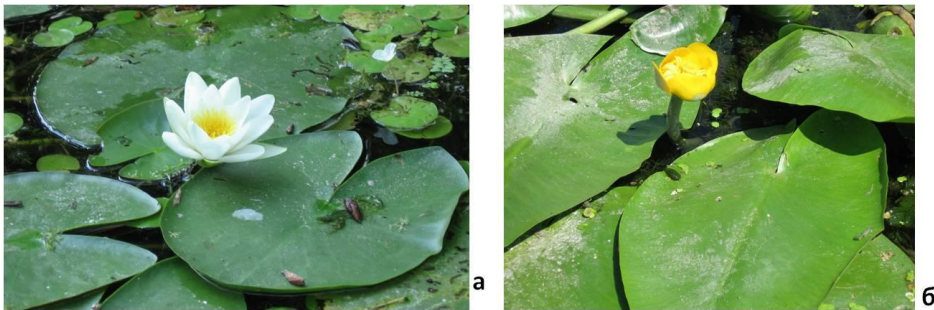
ДИКОТИЛЕ су добиле назив због два котиледона (клицини листићи) који се развијају на њиховој клици (ембриону). Клицин примарни коренчић се даље развија у главни корен, на коме се формирају бочни корени, образујући осовински коренов систем, што је такође важна карактеристика дикотила. Међу дикотилама, поред дрвенастих, веома је велики број и зељастих биљака. Дрвенасти представници се одликују секундарном грађом стабла и корена, која настаје захваљујући бочном меристему – камбијуму. Већина зељастих дикотила, у својим стаблима примарне грађе, поседују отворене колатералне проводне снопиће, и интерфасцикуларни камбијум, па и њихова стабла, у каснијим фазама развоја, поседују и ткива секундарног порекла. Листови дикотила су различитог облика, са мрежастом нерватуром. Цветови су тетра или пентациклични, често петочлани, ређе четворочлани, а код неких примитивнијих врста трочлани или другачије организовани.

Надред *Nymphaeanae*

Ред *Nymphaeales*

Фамилија **НУМРНАЕАСЕАЕ**

ФАМИЛИЈУ ЛОКВАЊА - НУМРНАЕАСЕАЕ чини шест родова са преко 60 врста. То су водене, једногодишње или вишегодишње зељасте биљке. Код нас, у стајаћим и споротекућим водама, каналима и већим барама, чести су *Nymphaea alba* (бели локвањ) и *Nuphar luteum* (жути локвањ), водене биљке са пливајућим (флотантним) листовима и цветовима (Сл. 245).



Слика 245. **Nymphaeaceae**: а - *Nymphaea alba* (бели локвањ);
б - *Nuphar luteum* (жути локвањ)

Локвањи су вишегодишње зељасте биљке, са моћним, дебелим ризомима који се налазе у муљу. **Листови** су им овални, крупни, на изузетно дугим дршкама. Пливајући, веома декоративни **цветови** су такође на дугим дршкама, крупни, двополни, актиноморфне симетрије. Цветни делови су распоређени спирално на цветној ложи. Перијант је углавном диференциран

на чашицу и круницу, од којих су 4 чашична листића и већи број круничних листића (око 20). Прашника је много. Гинецеум је синкарпан, гради га већи број карпела које срастају. **Плод** је специфичан тип синкарпне бобице (тзв. псеудосинкарпиум - лажно сложени плод, настао срастањем плодника и других делова цвета). Код жутог локвања цвет није тако крупан и декоративан јер је чашица круницолика (чашични листићи жути), а крунични листићи су метаморфозирали у нектарије. Интересантно је истаћи да овој фамилији припада и *Victoria regia* (циновски локвањ) са изузетно крупним листовима чији пречник може достићи 2 м, а расте у притокама реке Амазон.

Надред Magnolianaе Ред Magnoliales

Фамилија MAGNOLIACEAE

ФАМИЛИЈУ МАГНОЛИЈА чини седам родова и 200 врста. Представници ове фамилије су дрвеће и жбунови, који се одликују простим **ЛИСТОВИМА**, спирално распоређеним, зимзеленим (ређе опадајућим), широко елиптичним, углавном целог обода.



Слика 246. **Magnoliaceae**: а - *Magnolia liliflora* (љвиљаноцветна магнолија); б - збирни плод *Magnolia grandiflora* (крупноцветна магнолија); б₁ - отворени плодићи са црвеним семенима *M. grandiflora*, в - *Liriodendron tulipifera* – тулипанавац, в₁ – цвет

Цветови су терминални, појединачни, крупни, двополни, актиноморфни. Фамилију Magnoliaceae карактеришу неке примитивније карактеристике као што су крупни цветови са спиралним распоредом цветних делова на

издуженој цветној ложи. Перијант је прост, чине га већи број круницоликих листића, који су распоређени спирално или у три трочлана пршљена. Код неких представника, спољашњи листићи перијанта су чашицолики или пак у форми спате која штити пупољак. Андрецеум чини велики број, такође спирално распоређених прашника, често листоликог облика, без јасне диференцијације на антеру и филамент. И гинецеум је из великог броја карпела, апокарпан, из кога након оплођења настаје **збирни плод** (из већег броја мешкова или орашица) који наликује на шишарку (Сл. 246б)

Типични родови ове фамилије су *Magnolia* (магнолија) и *Liriodendron* (тулипановац), који самоникло расту у тропским и суптропским подручјима, а код нас се веома често гаје као декоративне биљке (Сл. 246).

Ред Piperales

Фамилија ARISTOLOCHIACEAE

Овој фамилији припада седам родова и преко 400 врста које углавном расту у тропској и суптропској зони, а само мањи број у умереној зони. Представници ове фамилије су дрвенасте биљке (често лијане) или вишегодишње зељасте биљке са ризомима.

Листови су им прости, срцастог (вучја јабука) или бубрежасто-срцастог облика (копитњак), без залистакa, спирално распоређени, ободом цели.

Цветови су им двополни, зигоморфни (вучја јабука) или актиноморфни (копитњак). Перијант је углавном прост (редукована круница), трочлан, и мање-више срастао (синсепалан). Прашника је од 6-12 (често сраслих за стубиће тучка), гинецеум је синкарпан, од 3-6 сраслих карпела. **Плод** им је чаура.

У нашој флори честе су вишегодишње зељасте биљке *Aristolochia clematitidis* (вучја јабука, кокотиња) и *Asarum europaeum* (копитњак). Копитњак расте у мезофилним шумама храста, букве и четинарским шумама. Његов ризом има интензиван мирис бибера. Вучја јабука је честа уз водотокове, али се јавља и као коровска биљка у равничарским пределима. Отровна је биљка, нарочито за коње и говеда, услед присуства алкалоида аристолохина (Сл. 247).



Слика 247. **Aristolochiaceae**: а - *Aristolochia clematitidis* (вучја јабука); б - *Asarum europaeum* (копитњак)

Надред *Ceratophyllanae*
Ред *Ceratophyllales*

Фамилија **CERATOPHYLLACEAE**

ФАМИЛИЈУ CERATOPHYLLACEAE чини само један род са мањим бројем врста (2-30). Ресине су једнодоме, потопљене (субмерзне) зељасте, неукорењене хидрофите (биљке које живе у води или константно влажним местима), чланковитог стабла, са пршљенасто распоређеним, простим, 1-4 пута дихотомо дељеним, по ободу назубљеним **листовима**. **Цветови** су им једнополни, појединачни, са 8-12 листића перигона, сраслих основама. Прашника је већи број, спиралног распореда са нејасним прелазом између антере и филамента. Гинецеум чини једна карпела. **Плод** је орашица.

Ова фамилија обухвата само род *Ceratophyllum* (Сл. 248). На нашим просторима, у воденим екосистемима честа је врста *C. demersum* (ресина, вошћика), а нешто ређа је *C. submersum* – потопљена ресина. *C. demersum* у каналима у Војводини често гради „подводне ливаде“ и значајно ремети функционисање ових хидроекосистема.



Слика 248. **Ceratophyllaceae**: *Ceratophyllum demersum* (ресина), под водом

Надред *Ranunculanae*
Ред *Ranunculales*

Фамилија **RANUNCULACEAE**

ФАМИЛИЈУ ЛУТИЋА чини око 60 родова и око 2 500 врста, најчешће сувоземних вишегодишњих, ређе једногодишњих зељастих биљака, ретко жбунова и лијана. Широко су распрострањене, али већином у северној хемисфери. На Балканском полуострву налази се око 190 врста (чак 22 су ендемске). **Листови** су им најчешће наизменично распоређени, или су при основи стабла сложени у розету, без залистака, прости, изразито дељени, често троделни или сложени. **Цветови** су им ациклични, хемициклични, ретко циклични, актиноморфни или зигоморфни, двополни (ретко једнополни, нпр. *Clematis*). Перијант је често прост, круниколик из 5 или више слободних листића. Код врста са двојним перијантом, чашицу чини 5-8 листића, круницу од 5 до већег броја листића. У цвету су често присутне нектарије које се налазе између перијанта и прашника или у посебним израштајима круничних листића - остругама. Нектарије су разнолике па код

неких представника чак преузимају улогу крунице. Прашници су слободни, многобројни и спирално распоређени. Гинецеум чини више карпела, спирално распоређених, углавном је апокарпног типа (ретко га чини једна карпела). Наведене карактеристике указују на МНОГО ОДСТУПАЊА И ПРЕЛАЗНИХ ОБЛИКА У ГРАЂИ ЦВЕТА код представника ове фамилије, од примитивнијих ка савршенијим облицима. Најчешћи тип **плода** код ове фамилије је мешак или орашица.

Код нас су чести следећи представници: **Ranunculus** (љутић), као коровска биљка честа је *R. arvensis*, а на ливадама *R. repens*; **Delphinium** (жаворњак), са зигоморфним цветовима, честа коровска биљка је *D. consolida*; **Helleborus odoratus** (кукурек), са круницоликом чашицом и круницом метаморфозираном у нектарије, зимзелена шумска биљка; **Adonis** (гороцвет), од којих се као коровске биљке у усевима јављају - *A. flammea* и *A. aestivalis* и једна лековита - *A. vernalis*, **Nigella** (мачков брк), се јавља као коровска биљка, а *N. sativa* се гаји као декоративна врста, али и због семена која се користе у исхрани („црни ким“) и **Clematis vitalba** (павит) – дрвенаста повијуша (Сл. 249).

Представници фамилије Ranunculaceae су отровне биљке јер садрже различите алкалоиде и неке гликозиде, па је њихово присуство непожељно на ливадама и пашњацима (*Ranunculus*). Неке се гаје као декоративне врсте (*Nigella*, *Clematis*), а неке се, иако отровне, користе у медицини (*Adonis vernalis*, *Cimicifuga*, *Hydrastis*).



Слика 249. **Ranunculaceae**: а - *Ranunculus* sp. (љутић); б - *Helleborus* sp. (кукурек); б₁ - приземни зимзелени лист кукурека; в - *Clematis vitalba* (павит); г - *Nigella* sp. (мачков брк); д - *Delphinium* sp. (жаворњак)

Фамилија BERBERIDACEAE

Овој фамилији припада око 700 врста, сврстаних у 14 родова. То су најчешће вишегодишње жбунасте биљке, ређе су дрвеће или вишегодишње зељасте биљке, распрострањене у умереним областима северне хемисфере. **Листови** су им сложени, ретко прости, наизменично или наспрамно распоређени, са проширеном лисном дршком. **Цветови** су у цвастима (штитасте, гроздасте, класолике) или појединачни. Распоред цветних делова је цикличан, хемицикличан или чак спиралан. Цветови су хермафродитни, актиноморфни. Перијант је прост, двојан, или потпуно изостаје. Број цветних делова је варијабилан. Гинецеум формира обично једна карпела (остале су стерилне). **Плод** им је мешак, бобица, ретко орашица.

Код нас срећемо *Berberis vulgaris* (шимширика), жбунасту листопадну биљку, која се гаји као украсна. Листови су јој прости, на кратким изданцима распоређени у свежњевима, док су на дугим изданцима метаморфозирани у трнове. Цветови су жуте боје, сакупљени у гроздасте цвасте, шесточлани. Из монокарпног гинецеума настаје плод бобица, црвене боје. Треба напоменути да шимширика служи као прелазни домаћин фитопатогеној гљиви *Puccinia graminis*, па није пожељна у пољопривредним областима где се гаје житарице (изазива оболење житна рђа). Као украсни зимзелени жбун гаји се и *Mahonia* (махонија) - сл. 250. Ова породица није богата аутохтоним врстама у Србији. У приземном спрату шума белог бора, јавља се врста *Epimedium alpinum* (преволац), као један од ретких представника ове породице. Биљке из фамилије Berberidace су отровне јер садрже разне алкалоиде.



Слика 250. **Berberidaceae**: а - *Berberis* sp. (шимширика); б - *Mahonia* (махонија)

Фамилија PAPAVERACEAE

ФАМИЛИЈУ МАКОВА чини преко 800 врста, сврстаних у око 40 родова, распрострањених углавном у умереним областима. Представници фамилије

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

Papaveraceae су углавном једногодишње или вишегодишње зељасте биљке, ретко су дрвенасте. **Листови** су, у доњем делу стабла у розети, а у горњем делу стабла, наизменично распоређени, прости, различито усечени или режњевито дељени. **Цветови** су им крупни, циклични, двополни, актиноморфни, појединачни или пак ситнији, зигоморфни, у цвастима. Ретки су представници са бисиметричним цветовима сакупљеним у гроздасте цвасте (*Dicentra*). Перијант је хетерохламидан са чашицом најчешће од два листића, круницом од најчешће четири листића. Прашника је 2, 4 или велики број, а гинецеум чине две или више карпела које срстају. **Плод** је чаура или орашица.



Слика 251. **Papaveraceae**: а - *Chelidonium majus* (русца); б - *Papaver rhoeas* (булка) у усеву уљане репице; в - *Fumaria officinalis* (димњача); г - *Corydalis cava* (млађа); д - *Dicentra* sp. (минђушица)

Типичан представник ове фамилије је *Papaver somniferum* (мак) - биљка која се гаји због семена које се користи у исхрани, док се из зелених плодова - чаура, добија млечни сок који служи за добијање лековитих алкалоида (морфин, папаверин, кодеин итд.). *P. rhoeas* (булка), дивљи мак, је веома

честа коровска биљка у усевима житарица. Код нас се на засенченим местима јавља и *Chelidonium majus* (руса), лековита биљка са наранџастим млечним соком. У посебну потфамилију (Fumarioideae) су укључене врсте са зигоморфним цветовима и гроздастим цвастима, код којих изостаје продукција млечног сока: *Fumaria officinalis* (димњача), која је и честа коровска биљка, *Corydalis* sp. (млађа), препознатљива шумска биљка у приземним спратовима, *Dicentra* sp. (минђушица), декоративна врста која се гаји (Сл. 251).

Надред Caryophyllanae Ред Caryophyllales

Фамилија АМАРАНТАСЕАЕ

Ову фамилију чини око 70 родова и преко 700 врста, углавном једногодишњих и вишегодишњих зељастих биљака, ретко су жбунови или мање дрвеће (само у тропима). **Листови** су им прости, без залистака, ободом цели, наспрамно или наизменично распоређени. У овој фамилији су биљке једнодоме, дводоме или вишедоме, услед присуства једнополних и двополних цветова. **Цветови** су најчешће ситни, неупадљиви, сакупљени у различите цвасти (класолике, метличасте) чији су пазушни листићи и приперци често живо обојени. Цветни омотач је прост, углавном чашицолик, чини га 3-5 листића, који понекад при основи срastaју. Прашника је колико и листића цветног омотача, а гинецеум је из једне карпеле. **Плод** је орашица, ретко бобица, често обавијен листићима перијанта. Код нас је чест род



Слика 252. **Amaranthaceae:**
Amaranthus retroflexus (штир)

Amaranthus (штир), а честа коровска и рудерална биљка је *A. retroflexus* (обични штир) - сл. 252. Поред обичног штира, чести су и *A. albus* и *A. blitoides*. Као украсна биљка, из фамилије штирова, гаји се *Celosia argentea* (петлова креста).

Фамилија САРЈОРНУЛЛАСЕАЕ

ФАМИЛИЈУ КАРАНФИЛА чини око 2 200 врста, сврстаних у око 100 родова, међу којима су најчешће зељасте једногодишње и вишегодишње биљке, са наспрамним, простим **листовима**, без залистака, целог обода. **Цветови** су им често у дихазијалним цвастима, ређе су појединачни, двополни,

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

актиноморфне симетрије, са чашицом и круницом од 5, ретко 4 листића. Чашични листићи су често слободни, док су код неких представника срасли. Ређе се јавља прост цветни омотач. Прашника је од 5-10, понекад су распоређени у два круга, док синкарпни гинецеум формирају 2 до 5 карпела. **Плод** представника фамилије каранфила је најчешће чаура (често са зупцима), ретко је плод орашица.

Представници фамилије Caryophyllaceae су честе коровске биљке на нашим просторима. Неки од најчешћих су: ***Stellaria media*** (обична мишјакиња), биљка нежног пузећег стабла, која образује веома густе бокоре и ***Agrostemma githago*** (кукољ), некада редовна коровска биљка у усевима стрних жита. Плод код кукоља су чврсте чауре са доста ситног семена, које се задржава при вршидби, што је раније наносило велику штету, јер садржи гликозиде који су отровни ако се нађу у брашну. Међутим, интегралним мерама борбе против непожељних биљака у усевима, нарочито употребом хербицида, кукољ је скоро сасвим искорењен из усева жита. Из рода ***Silene*** (пуцавац), честа рудерална биљка је ***S. alba*** (бели пуцавац) са доста сапонина у корену. Иако је већина врста ове породице декоративна, највише се у хортикултури користе представници рода ***Dianthus*** (каранфил), са више врста и сорти (Сл. 253). Код нас, од самониклих врста каранфила, чести су *D. deltoides*, *D. armeria*, *D. pontederae* итд.

Представници ове фамилије садрже сапонине, специфичне гликозиде који имају примену у хемијској индустрији јер са водом образују пену, за справљање препарата за прање осетљивих тканина, за пенушаве противпожарне препарате, за шампоне и сл.



Слика 253. **Caryophyllaceae**: а - *Dianthus* sp. (каранфил); б - *Dianthus superbus*; в - *Dianthus barbatus* (турски каранфил); г - *Stellaria media* (мишјакиња); д - *Silene vulgaris* (пуцавац)

Фамилија **CHENOPODIACEAE**

Фамилија је филогенетски сродна са претходне две (постоје и реалне основе да буде укључена у фамилију штирева – *Amaranthaceae*), броји око 10 родова и 500 врста једногодишњих или вишегодишњих зељастих биљака, ретко су жбунови или ниске дрвенасте биљке. Насељавају топлија станишта, честе су на сушним стаништима чак и у полупустињама и пустињама. **Листови** су им прости, наизменично распоређени, без залистака, често и сукулентни. **Цветови** представника ове фамилије су ситни, неупадљиви, актиноморфни, двополни или једнополни, хомохламидни, зеленкасти, задржавају се на плоду, сакупљени у класолико-метличасте цвасти. Цветови често имају петочлану грађу са гинецеумом из две карпеле. Међутим, често број цветних делова у циклусу варира и креће се за цветни омотач од 1-8, број прашника од 2-8, а број карпела од 2-3(5). Карактеристичан **плод** фамилије *Chenopodiaceae* је орашица обавијена сувим перијантом, ретко је чаура. Овој фамилији припада неколико привредно значајних биљака, као што су: ***Beta vulgaris*** (репа), са неколико подврста: ***B. vulgaris* ssp. *rapa*** (сточна репа), ***B. vulgaris* ssp. *altissima*** (шећерна репа), ***B. vulgaris* ssp. *vulgaris*** (цвекла) - сл. 254в, које су двогодишње биљке и гаје се због њиховог репастог корена у коме су магациониране резервне хранљиве материје које се користе за исхрану, док се ***B. vulgaris* ssp. *cicla*** (блитва) - сл. 254б, гаји због хранљивих крупних листова. Из ове фамилије, за исхрану је веома значајна и повртарска врста ***Spinacia oleracea*** (спанаћ), зељаста, дводомна биљка, чији листови имају изузетну хранљиву вредност (протеини, витамини, минерали). У последње време, из ове фамилије, све више се у исхрани користи и семе ***Chenopodium quinoa*** (киноа).



Слика 254. **Chenopodiaceae**: а - *Chenopodium album* (пепељуга); б - *Beta vulgaris* ssp. *cicla* (блитва); в - *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* (цвекла)

Поред гајених, велики је број и коровских биљака из фамилије *Chenopodiaceae*, од којих је код нас честа ***Chenopodium album*** (пепељуга) - сл. 254а, и ***Atriplex patula*** (лобода), које се најчешће срећу у окопавинама, али и

на рудералним стаништима (поред путева, пруга, необрађена, запуштена места итд.). И на заслањеним стаништима се срећу представници ове фамилије тзв. халофите, попут родова *Salicornia*, *Salsola*, *Sueda*, сукулентне грађе због отежаног снабдевања водом, услед заслањености подлоге.

Фамилија **POLYGONACEAE**

Ову фамилију чини преко 1 000 врста из више од 50 родова, углавном једногодишњих и вишегодишњих зељастих биљака, коленасто - чланковитог стабла и простих **листова**, наизменично распоређених. Специфичност за ову фамилију јесу срасли залисци, који обухватајући основу интернодије, формирају својеврсан рукавац – охреу (*ochrea*). **Цветови** фамилије дворника су ситни, актиноморфни, груписани углавном у гроздасте цвасти. Њихов цветни омотач је прост, неупадљив, чешће зеленкаст, чашицолик, ретко је двојан и чини га 3-6 листића. Прашника је најчешће 6-9, распоређених у два круга, а гинецеум је најчешће синкарпан из 3 карпеле (ређе 2 или 4). **Плод** је орашица, често окриљена, чија криоца потичу од листића цветног омотача. Типичан род ове фамилије је *Polygonum* (дворник, трскот), који је широко распрострањен. Код нас су честе врсте *P. convolvulus* (вијушац), *P. aviculare* (птичји дворник), *P. lapathifolium*/syn. *Persicaria lapathifolia* (велики дворник), који се јављају као коровске биљке, док је птичји трскот веома чест и на рудералним стаништима, посебно на местима изложеним гажењу (тротоари, паркинзи и сл.) - сл. 255.



Слика 255. **Polygonaceae**: а - *Polygonum convolvulus* (вијушац); б - *Polygonum aviculare* (птичји дворник); в - *Rumex* sp. (кисељак); г - *Fagopyrum esculentum* (хељда)

Овој фамилији припада и привредно значајна врста, *Fagopyrum esculentum* (хељда). Хељда је једногодишња зељаста биљка висине до 70 cm, са срцасто-троугластим, наизменично распоређеним листовима. Цветни омотач је прост, петочлан, са 8 прашника, плодник синкарпан од три карпеле. Плод је троугласта орашица, окриљена, а семе садржи доста брашног ендосперма, па хељда служи за добијање хранљивог брашна. Унутрашњи круг прашника код хељде носи и нектарије које служе за привлачење инсеката, па је хељда одлична и за пчелињу пашу.

Из ове фамилије у повртарству се гаји и *Rheum* (рабарбара), која образује веома крупне листове, од којих су само дршке јестиве. Код нас су честе врсте рода *Rumex* (зеље, кисељак), од којих су на ливадама и њивама честе *R. acetosa*, *R. crispus*, *R. acetosella* итд.

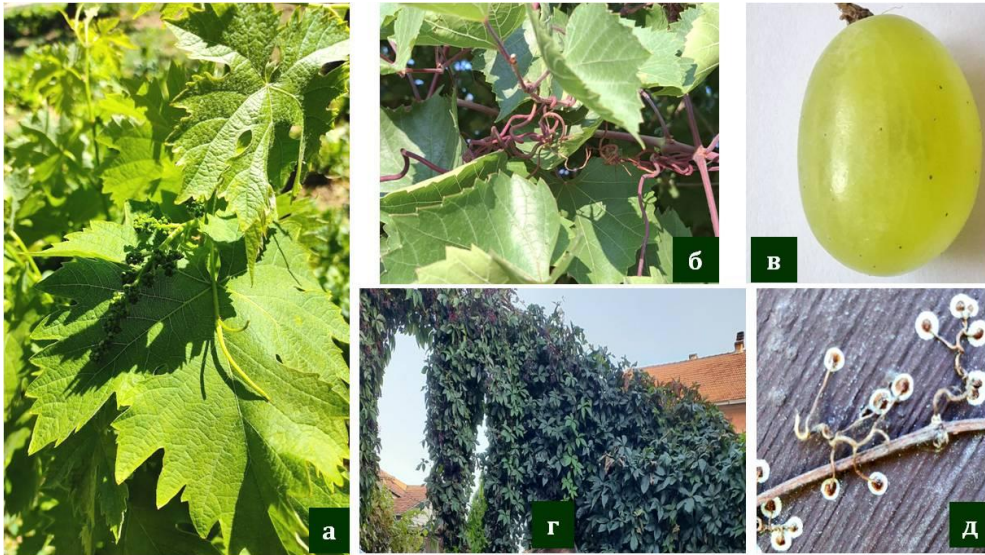
Често представници ове фамилије садрже танине и неке гликозиде (антрахинонски гликозиди), па могу имати и токсично дејство.

Надред Rosanae

Ред Vitales

Фамилија VITACEAE

ФАМИЛИЈА VITACEAE је једина фамилија реда Vitales. Обухвата више од 900 врста сврстаних у 17 родова. Фамилија укључује лијане са рашљикама и пузеће жбунове, ређе усправне жбунове и дрвеће. Представници ове фамилије распрострањени су претежно у суптропским и тропским областима.



Слика 256. **Vitaceae**: а - *Vitis vinifera* (винова лоза), део изданка, б - рашљике, в - плод бобица; г - *Parthenocissus* sp. (дивља лоза); д - „пијавке“ дивље лозе

Листови су прости, прстасто урезани или прстасто сложени, са залисцима, спирално су распоређени. Насупрот листова налазе се рашљике настале метаморфозом бочних изданака и стерилних цвасти. **Цветови** су ситни, двополни или једнополни, актиноморфни. Цветови су груписани у гроздасте, метличасте или класасте цвасти, које су најчешће распоређене насупрот листова. Цветни омотач је хетерохламидан. Чашица је ситна и грађена од 4-5 листића. Круничних листића је 4-5, срстају у горњем делу и заједно опадају. Прашника је такође 4-5. Тучак је синкарпан и грађен од две карпеле. **Плод** је бобица.

Род *Vitis* укључује претежно дрвенасте лијане које се гранају. Листови су са 5-7 режњева, назубљени и са оштрим врховима. Имају рашљике које су постављене насупрот листовима (Сл. 256). Плод бобица је са воштаном превлаком, различитих је боја, слатког до киселог укуса. У овом подручју се најчешће гаје *Vitis vinifera*, *V. rupestris* и др., као винске сорте, подлога за калемљење или као декоративне врсте. Осим за справљање вина, у исхрани се користе листови, као и свежи и суви плодови. Постоје подаци да се *V. vinifera* (винова лоза), једна од најстаријих гајених биљака, узгајала много хиљада година пре наше ере. Род *Parthenocissus* обухвата листопадне, ретко зимзелене, декоративне лијане са рашљикама које се на врху гранају и имају жлездице. Ове „пијавке“ луче лепљиве материје које омогућавају чврсто пријањање биљке за подлогу од које се могу одвојити само кидањем (Сл. 256д).

Ред Cucurbitales

Фамилија CUCURBITACEAE

ФАМИЛИЈА CUCURBITACEAE обухвата више од 90 родова, са око 1 000 врста, распрострањених претежно у тропским и суптропским пределима. То су једногодишње или вишегодишње зељасте пузајуће биљке које се помоћу простих или гранатих рашљика прихватају уз друге биљке или објекте. У грађи стабла карактеристично је присуство биколатералних проводних снопића. Код многих врста чести су цистолити и силификовани ћелијски зидови. **Листови** су округласти, на различите начине дељени, најчешће режњевити, без залистака, спирално су распоређени. **Цветови** су претежно актиноморфни, најчешће једнополни, а биљке су једнодоме или дводоме. Цветови су појединачни или у мањим цимозним цвастима. Чашицу чине 5 листића који су доњим делом срасли у цев. Круница, грађена из 5 листића, је више или мање симпетална, звонаста, ретко су крунични листићи слободни. У мушким цветовима је најчешће 5 сраслих прашника или су срасли у групама (2+2+1). У женском цвету налази се синкарпан тучак од најчешће 3 међусобно срасла оплодна листића. Плод је бобица, ретко чаура. Код неких представника (лубеница, тиква) меснати део бобице је пореклом од мезокарпа и ендокарпа, а кора је формирана од срасле цветне ложе и егзокарпа (такав плод назива се пепо).

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

Фамилија *Cucurbitaceae* обухвата веома важне прехранбене врсте, као и оне које имају медицинску и хортикултурну примену. Међу врстама рода *Cucurbita* (тиква, бундева) највећи агроекономски значај имају: *C. pepo*, *C. maxima*, *C. moschata* и др. Тикве представљају здраву и функционалну храну за људску и сточну исхрану, а постоје и декоративне врсте. Јестиви су сви делови биљке: плод, семе, цветови, корен и листови (Сл. 257). Тиквино уље, добијено из семена уљане тикве, је по нутритивним својствима и фармаколошком деловању веома слично маслиновом уљу. Роду *Citrullus* припада лубеница (*C. lanatus*) чији је плод бобица са сочним делом који је пореклом од јако разрасле плаценте. У зависности од сорте варирају облик, величина и боја плодова. Значајне су и врсте рода *Cucumis*: *C. sativus* (краставац), *C. melo* (диња) и др.



Слика 257. *Cucurbitaceae*: а - *Cucumis sativus* (краставац), изданак са цветовима и плодовима, б - плод краставца; в - цвет *Cucurbita pepo* (тиква); г - плод тикве

Ред Fabales

Фамилија FАBАСЕАЕ

ФАМИЛИЈА FАBАСЕАЕ (МАХУНАРКЕ, ЛЕГУМИНОЗЕ) обухвата преко 19 000 врста сврстаних у више од 700 родова, космополитског распрострањења. То су једногодишње, двогодишње и вишегодишње зељасте биљке, лијане, ређе дрвеће и жбуње.

Листови су најчешће наизменичног распореда, перасто сложени, двојно перасто сложени, прстасто сложени, трочлани, ретко су прости, са залисцима. Залисци су различитих величина, код грашка су крупни листолики, а код багрема су метаморфозирани у трн итд. Код неких повијуша, перасто сложени листови често се завршавају разгранатим или неразгранатим рашљикама. **Цветови** су углавном зигоморфне симетрије, двополни, ређе једнополни. Цветови су сложени у гроздасте, метличасте, главичасте и класасте цвасти које се налазе у пазуху листова или вршно. Цветни омотач је хетерохламидан. Чашицу гради обично 5 листића који су у доњем делу срасли у цев са пет зубаца. Круницу чине 5, обликом и величином, различитих листића који личе на лептира раширених крила: један горњи, већи листић се назива заставица, два листића са стране чине крилца и два доња листића срастају у структуру која се назива чунић, па ове биљке називамо лептирњачама (фамилија се раније називала Papilionaceae; лат. *papilio* - лептир.). Прашника је најчешће 10, већином су 9 срасли прашничким концима, а 1 остаје слободан. Гинецеум је грађен из једне карпеле. Нектарије су често присутне при дну плодника, у виду прстена. Специфична грађа цвета у вези је са прилагођеношћу на ентомофилно опрашивање. **Плод** је махуна (*legumen*), па отуда и назив фамилије махунарке или легуминозе. Семе је без ендосперма, а хранљиве материје које се налазе у меснатим котиледонима, богате су протеинима, скробом, а код соје и кикирикија, и уљем.

У симбиози са коренима махунарки живе земљишне азотофиксирајуће бактерије из рода *Rhizobium*, тзв. квржичне бактерије. Квржичне бактерије усвајају атмосферски азот и преводе га у форму доступну биљци, формирајући на коренима локална квржичаста задебљања – нодуле (Сл. 162). Азотна једињења се делом издвајају и остају у земљишту, обогаћују га, па је веома корисно увођење махунарки у плодород (смена усева) како би се на природан начин очувала плодност земљишта. Понекад се целе биљке заоравају у земљу и служе за „зеленишно ђубрење“, како би се побољшао квалитет земљишта (нпр. *Lupinus* - лупина).

Са привредног аспекта махунарке имају огромну важност: користе се у исхрани људи, стоке, медоносне су и лековите биљке и обогаћују земљиште азотним материјама. Због знатне количине протеина и велике нутритивне вредности често се гаје: ***Phaseolus vulgaris*** (пасуљ), ***Pisum sativum*** (грашак), ***Glycine hispida*** (соја), ***Vicia faba*** (боб), ***Lens culinaris*** (сочиво) и др. Махуном која се развија под земљом и која остаје затворена и након сазревања семена издваја се ***Arachis hypogaea*** (кикирики). Наиме, после цветања дршка са плодником се издужује, савија наниже, те се плодник увлачи у земљу где

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

сазрева плод махуна. Кикирики има парно перасто сложене листове и жуте цветове смештене у пазуху листова. Гаји се због велике хранљиве вредности семена које, поред осталог, садржи 45-50% уља.



Слика 258. **Fabaceae**: а – *Pisum* sp. (грашак); б - *Trifolium pratense* (црвена детелина); в - *T. repens* (бела детелина); г - *Vicia* sp. (грахорица); д - *Robinia pseudoacacia* (багрем); ђ - *Melilotus officinalis* (жути кокотац)

Самоникле биљке, које расту на ливадама и пашњацима, служе за сточну исхрану и припремање сена су врсте из родова: ***Trifolium*** (детелине), ***Medicago*** (луцерке), ***Vicia*** (грахорице), ***Lathyrus*** (граори), ***Lotus*** (звездани) и др. (Сл. 258). Веома распрострањен род *Trifolium* обухвата вишегодишње и једногодишње врсте, а на природним ливадама и пашњацима најчешће су присутне: *T. pratense* (црвена детелина), *T. repens* (бела детелина) *T. campestre* (енглеска детелина), *T. arvense* (зечја детелина), *T. hybridum* (шведска детелина), *T. ochroleucum* (бледожута детелина) и др. Као крмне биљке, на већим пољопривредним површинама, често се гаје: ***T. pratense*** (црвена детелина), ***M. sativa*** (луцерка) и др. Род *Medicago*, заступљен претежно вишегодишњим врстама, има веома дубок коренов систем (код *Medicago*

sativa и до 8 m). Листови су трочлани, а ситни цветови сакупљени су у кратке гроздове.

Robinia pseudoacacia (багрем) је дрвенаста, медоносна биљка чији су лисни залисци преобращени у трнове, а цветови су у крупним гроздастим цвастима (Сл. 258д). Багрем је инвазивна врста (унешене врсте које се интензивно шире, угрожавајућу аутохтону флору). ***Amorpha fruticosa*** (багремац) је у многим земљама, као и код нас тренутно, једна од најопаснијих инвазивних дрвенастих врста, иако је раније култивисана (пошумљавање слатина, учвршћивање обала канала, медоносна, декоративна). Ова жбунаста биљка спонтано се развија у шумским заједницама, као и на ливадама. Уколико се уклања сечом, багремац не угрожава флористичку разноврсност ливадских заједница. Лековите биљке из фамилије махунарки су: ***Galega officinalis*** (ждраљевина), ***Melilotus officinalis*** (жути кокотац), ***M. albus*** (бели кокотац) и др.

Ред Fagales

Фамилија ВЕТУЛАСЕАЕ

ФАМИЛИЈА БРЕЗА је заступљена са преко 140 врста сврстаних у шест родова, распрострањених у подручјима са умереном и хладном климом северне хемисфере. Обухвата дрвеће и жбуње са простим, спирално распоређеним **листовима**, са залисцима који опадају. **Цветови** су једнополни, груписани најчешће у ресе, а биљке су једнодоме. Мушки цветови су са перијантом од 4 или 2 листића или су ахламидни. Прашника је 6-5 или 4-2, са развојеним антерама, па је утисак присуства дупло већег броја прашника. Женски цветови су углавном ахламидни. Тучак је синкарпан, грађен од 2 срасле карпеле. **Плод** је орешаца.



Слика 259. **Betulaceae**: а - *Betula pendula* (обична бреза); б - *Corylus avellana* (леска)

Код нас су врло заступљене биљке из родова: *Betula* (бреза), *Carpinus* (граб), *Alnus* (јова), *Corylus* (леска) и др. *B. pendula* (обична бреза) је дрво високо до 30 m, са мушким смеђим ресама које висе и женским усправним ресама (Сл. 259). Ова лековита и декоративна биљка често се гаји, а самоникла је на Власинској тресави, где расте заједно са маљавом брезом (*B. pubescens*). Користи се и због катрана који се добија сувом дестилацијом дрвета. *Corylus avellana* (леска) је жбун врло заступљен у храстовим и липовим шумама, цвета пре листања. Плод је орашица обавијена купулом. Леска се гаји на великим површинама због плодова који су врло цењени у исхрани.

Фамилија FAGACEAE

Фамилија обухвата преко 700 врста сврстаних у седам родова. То су дрвенасте биљке које, у умереном појасу северне хемисфере, граде шуме у којима доминирају.

Листови су прости, цели или перасто дељени, наизменично распоређени, са краткотрајним залисцима. **Цветови** су најчешће једнополни, а биљке једнодоме, ретко дводоме. Цветни омотач је грађен од 4-7 сраслих листића, прост, чашицолик, неупадљив, типичне грађе цвета код анемофилног опрашивања. Мушки цветови садрже 4-7 прашника. Женски цветови су груписани у дихазијуме. Гинецеум је синкарпан, грађен од 3, ређе 6 оплодних листића. **Плодови** су појединачне синкарпне орашице или су груписане и обавијене чврстом купулом (Сл. 260).



Слика 260. **Fagaceae**: а - *Fagus* sp. (буква); б - *Quercus pubescens* (храст медунац); в - *Castanea sativa* (питоми кестен)

Фамилији Fagaceae припада наше најраспрострањеније листопадно дрвеће и жбуње. Врсте рода *Fagus* – буква (*F. sylvatica* и др.) најзаступљеније су врсте дрвећа код нас и граде комплексе чистих или мешовитих шума, те су окарактерисане као најзначајнији део шумског фонда Србије. Од свих врста дрвећа у Србији, буква има најширу висинску амплитуду, од 40 m.n.v. у Ђердапу, до 2100 m.n.v. на Проклетијама. Род *Quercus* (храст) заступљен је са великим бројем врста: *Q. frainetto* (сладун), *Q. cerris* (цер), *Q. petraea* (китњак),

Q. pubescens (медунац) и др. Сладун и цер у нашем региону граде карактеристичну шумску биљну заједницу брдског региона *Quercetum farnetto-cerris*. *Castanea sativa* (питоми кестен) поред дрвета одличног грађевинског квалитета има и плодове богате скробом који се користе у исхрани.

Ове биљке имају изузетан привредни значај и користе се у индустрији намештаја, грађевинској индустрији, индустрији папира и целулозе, за добијање плуте, за штављење коже, за огрев и др.

Фамилија JUGLANDACEAE

ФАМИЛИЈА ОРАХА обухвата преко 50 врста сврстаних у девет родова, распрострањених претежно у умереној и суптропској зони северне хемисфере. Представници ове фамилије су дрвенасте и жбунасте биљке са непарно перасто сложеним **листовима**, спиралног распореда, без залистака. **Цветови** су неупадљиви, једнополни, а биљке једнодоме или ређе дводоме. Једнополност се јавља услед атрофије једног пола, па се тако у мушком цвету уочава атрофирани тучак. Мушки цветови су груписани у цвасти ресе (Сл. 261). Сваки цвет се налази у пазуху заштитног листића, са којим срastaју 4 листића перијанта и 2 брактеје. Прашника је 3-4. Женски цветови су груписани по 2-3 на врховима једногодишњих изданака, састоје се од 4 срасла листића перијанта и 2 брактеје које срastaју око плодника. Тучак је синкарпан, грађен од 2 карпеле. **Плод** је коштунца.

У нашој флори гаји се *Juglans regia* (орех), а самоникло расте на топлијим стаништима у храстовим шумама. Једнодома је биљка. Непарно перасто сложени листови су са 5-9 листића. Коштунца ораха је са меснатим зеленим делом кога чине егзокарп и мезокарп, који се постепено



Слика 261. *Juglandaceae: Juglans regia* (орех)

суши, а ендокарп („љуска“) је светло мрке боје. Семе је без ендосперма са крупно развијеним набораним котиледонима који су врло богати уљем. Због богатства у омега-3 масним киселинама, посебно алфа-линолеинској киселини, минералима и другим материјама, орах је врло цењен у исхрани. Осим тога, тврдо, збијено дрво ораха лако се обрађује и полира и једно је од најквалитетнијих и најцењенијих у производњи намештаја.

Ред Malpighiales

Фамилија ЕУРОБИАСЕАЕ

ФАМИЛИЈА МЛЕЧИКА обухвата више од 6 000 врста сврстаних у преко 200 родова, углавном распрострањених у тропима. Фамилију чине дрвенасте и зељасте биљке, као и кактусолике сукуленте.

Листови су прости са залисцима, већином наизменично распоређени, а код кактусоликих сукулентата су метаморфозирани у трнове. Већина биљака садржи велике количине отровног млечног сока. **Цветови** су најчешће једнополни, актиноморфни, често без крунице, понекад и ахламидни. Мушки цветови имају прашника колико и листића перијанта или само један прашник. Женски цвет састоји се најчешће само од тучка насталог од 3 срасла оплодна листића (синкарпан гинецеум). Цветови су груписани у сложену цваст плејохазијум (привидни штит), који се састоји или од дихазијума који граде по три основне цвасти или из основних цвасти цијатијума (Сл. 262). Цијатијум је скраћена цваст коју чине један централно постављен тучак (ахламидан женски цвет савијен наниже) и око њега су прашници (сваки прашник чини мушки цвет). Све је обавијено инволукрумом од 5 сраслих листића, на чијим врховима се налазе четири нектарије. **Плод** је чаура, ређе коштуница и бобица.

Изразито велики број врста, више од 2000, и различите животне форме има род **Euphorbia** (млечика). У нашој флори из овог рода честе су врсте: *E. helioscopia* (ситна млечика), *E. amygdaloides* (шумска млечика), *E. palustris* (барска млечика), *E. cyparissias* (усколисна млечика) и др. **Ricinus communis** (рицинус) је зељаста биљка висока и до 4 m, са зеленим до тамноцрвеним стаблом. Листови су на врло дугачким дршкама, прстасто су дељени. Цваст је метличаста, са мушким цветовима сакупљеним у лоптице и женским цветовима изнад њих. У плоду чаури налазе се три семена са карункулом. Гаји се због добијања рицинусовог уља које се користи у медицини и козметологији, и као декоративна врста.



Слика 262. **Euphorbiaceae**: а - *Euphorbia helioscopia* (ситна млечика); б - цваст плејохазијум (привидни штит)

Фамилија LINACEAE

ФАМИЛИЈА LINACEAE обухвата око 400 врста сврстаних у 14 родова, углавном космополитског распрострањења. То су једногодишње и вишегодишње зељасте биљке, ређе жбунови и дрвеће.

Листови су прости, наизменично, ретко наспрамно распоређени, са или без залистака. **Цветови** су актиноморфни, хермафродитни, петочлани, ређе четворочлани, појединачни или груписани у цимозне цвасти. Чашаца је трајна, остаје на плоду чаури, листићи су слободни или делимично срасли. Круницу чини 5 слободних, ређе сраслих, краткотрајних листића. Прашника је колико и листића крунице или дупло више. Гинецеум је синкарпан, грађен од 2-5 оплодних листића. **Плод** је чаура или синкарпна орашица.

У нашој флори присутан је само род *Linum* (лан) са већим бројем врста. *L. usitatissimum* је једногодишња зељаста биљка, веома заступљена у пољопривредној производњи као текстилна и уљана биљка (Сл. 263). Склеренхимска влакна из стабла лана дугачка су у просеку око 30 mm. Из семена лана добија се квалитетно техничко уље, а користи се и у исхрани. На ливадама и пашњацима, као и коровске биљке у усевима, присутни су: *L. perenne* (дивљи лан), *L. flavum* (жути лан), *L. hirsutum* (рутави лан), *L. austriacum* (лан плаветни) и др.



Слика 263. **Linaceae**: а - *Linum* sp. (лан), усев; б - лан у фази цветања

Фамилија SALICACEAE

Фамилија укључује око 1 200 врста сврстаних у 54 рода. То је дводомо листопадно дрвеће и жбуње. **Листови** су прости, наизменично распоређени. **Цветови** су једнополни, ахламидни, полазе из пазуха брактеја. И мушки и женски цветови имају нектарије. Мушки цвет има 2 до много прашника. Тучак је синкарпан, грађен од 2 или више оплодних листића. Цветови су груписани у усправне или viseће ресе које се развијају пре или истовремено са листовима. Опрашивање је анемофилно. **Плод** је чаура.

Представници фамилије често расту поред река, канала, у ритовима и граде низијске, поплавне шуме (Сл. 264). У умереним зонама северне хемисфере су распрострањене врсте родова *Salix* (врбе) и *Populus* (тополе). Из рода *Salix*,

који обухвата ниско дрвеће и жбунове, широко је распрострањена врста *S. alba* (бела врба) која образује шумске појасеве поред река. Дрво беле врбе користи се у производњи намештаја, фурнира, папира, шибица. Честе су и *S. cinerea* (барска врба) и *S. fragilis* (крта врба) која се због знатног садржаја гликозида салицила у кори, користи за штављење. Поједина истраживања показују да се салицилна киселина из врбе може користити за повећање отпорности дрвенстих врста воћа на многе штеточине. *Salix babylonica* (жалосна врба) често се гаји као декоративна врста. Род **Populus** обухвата високо дрвеће, а поред врста које расту спонтано, гаје се и многобројни хибриди, као украсне биљке или за потребе дрвне индустрије. Врло заступљене врсте су: *P. alba* (бела топола), затим *P. nigra* (црна топола), *P. tremula* (јасика, трепетљика) и др. Врбе и тополе расту веома брзо и имају велику способност вегетативног размножавања.



Слика 264. **Salicaceae**: а - *Salix* sp. (врба) на обали Дунава; б - *Populus* sp. (топола)

Фамилија VIOLACEAE

ФАМИЛИЈА VIOLACEAE обухвата преко 980 врста сврстаних у 34 рода, распрострањених претежно у тропима и суптропима. То су једногодишње, двогодишње или већином вишегодишње зељасте биљке (ређе дрвенасте). **Листови** су им прости, срцасти или јајасте, на дугачкој лисној дршци, постављени наизменично или приземно, са залисцима. **Цветови** су двополни, најчешће зигоморфни, хетерохламидни. Чашаца и круница састоје се од по 5 листића. Крунични листићи су слободни или срасли, сви једнаки или је један доњи листић већи и разраста у остругу. Прашника је 5, слободни су или филаментима срасли. Тучак је синкарпан, грађен најчешће од 3 оплодна листића. Цветови су најчешће појединачни или су груписани у цваст грозд, клас или метлицу. **Плод** је чаура која се отвара са 3 капка, ретко бојица.

У нашој флори ова фамилија заступљена је само зељастим биљкама из рода **Viola**: *V. arvensis* (пољска љубичица), *V. odorata* (љубичица), *V. tricolor* (дан и ноћ) и др. (Сл. 265). *V. odorata* има кратко стабло и столоне којима се вегетативно размножава. За љубичице је карактеристично да 2 прашника имају српасте нектарије, а нектар се сакупља у острузи круничног листића. *V. tricolor* се врло често гаји као украсна биљка. Специфичност љубичица је да се опрашују клеистогамно (цветови се самоопрашују пре отварања). Представници ове фамилије цењене су украсне биљке и користе се у индустрији парфема.



Слика 265. **Violaceae**: а - *Viola arvensis* (пољска љубичица); б - *V. odorata* (љубичица); в - *V. tricolor* (дан и ноћ)

Ред Rosales

Фамилија MORACEAE

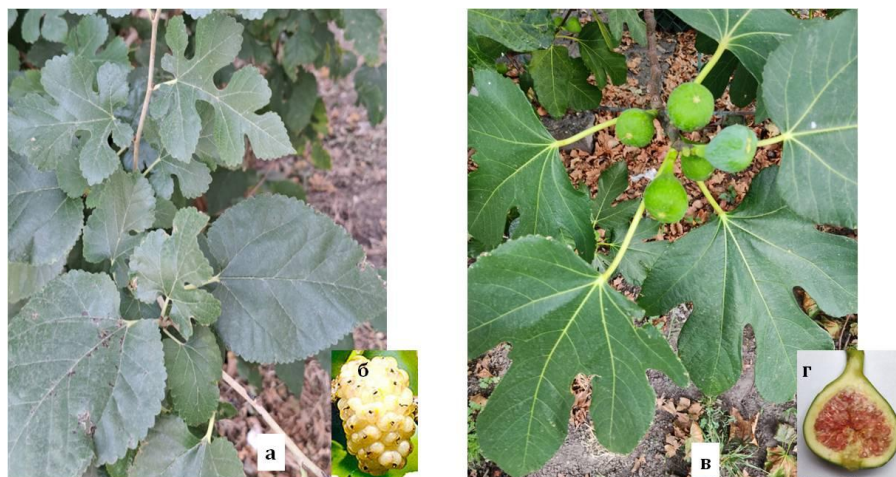
Обухвата преко 1 000 врста из 39 родова, распрострањених претежно у тропским и суптропским подручјима. То су једнодоме или дводоме дрвенасте биљке, понекад лијане и епифите, ретко зељасте биљке.

У вегетативним органима биљака фамилије Морасеае присутне су нечланковите млечне цеви чији млечни сок истиче при њиховом озлеђивању. **Листови** су прости, цели или прстасто дељени, спирално распоређени, са залисцима. У листовима су често присутни цистолити. **Цветови** су једнополни, у густим цвастима, цветни омотач је прост. Мушки цветови су са четворочланим перијантом, са сраслим или слободним листићима или перијант потпуно одсуствује. Прашника је колико и листића цветног омотача. Женски цвет је са четворочланим цветним омотачем. Гинецеум је синкарпан, грађен од 2 карпеле. **Плод** чине коштунице или орашице, које заједно са разраслим цветним омотачем или разраслом осовином цвасти, формирају тзв. плодове цвасти.

Из рода **Morus** (дуд) најпознатије су врсте: *M. alba* (бели дуд) и *M. nigra* (црни дуд). Плод дуда чине орашице, око којих се образује „меснати“ део од разраслог цветног омотача (Сл. 266). Плодови су јестиви. Дуд има врло квалитетно дрво, а његовим лишћем се храни свилена буба. **Ficus carica**

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

(смоква), претежно једнодома биљка, има плод цвасти настао од разрасле осовине цвасти, унутар кога се налазе многобројне појединачне орашице (Сл. 266). Од појединих врста рода *Ficus* које имају млечни сок, добија се каучук, сировина од које се производи гума, од неких врста добија се печатни восак, лекови итд.



Слика 266. **Moraceae**: а – *Morus* sp. (дуд), део изданка; б – плод дуда; в - *Ficus carica* (смоква), део изданка са плодовима; г- зрео плод смокве

Фамилија ROSACEAE

ФАМИЛИЈА ROSACEAE обухвата више од 3 000 врста сврстаних у око 90 родова, претежно распрострањених на северној хемисфери. То су дрвенасте, жбунасте и вишегодишње, ређе једногодишње зељасте биљке.

Стабло је једноставно или гранато, понекад са трновима изданковог порекла или са емергенцама. **Листови** су листопадни, ређе зимзелени, прости, трчлано, перасто или прстасто сложени, најчешће наизменично распоређени, са залисцима. У листовима, кори и семенима садрже амигдалин, пруназин и друге гликозиде. **Цветови** су појединачни или груписани у цваст: клас, гроња, грозд, метлица, штит и др. Двополни су, ретко једнополни, актиноморфни. Чашаца је најчешће грађена од 5 слободних листића, често са спољашњом чашацом. Круничних листића је колико и чашичних листића. Прашника је велики број или колико и листића крунице, распоређени у два или више кругова. Гинецеум је синкарпан или апокарпан, грађен из много, 8-2, 5 или само 1 оплодног листића. Опрашивање је претежно ентомофилно, ређе анемофилно. **Плод** је орашица, мешак, коштуница, синкарпна коштуница или збирни плодови (збирна орашица и збирна коштуница).

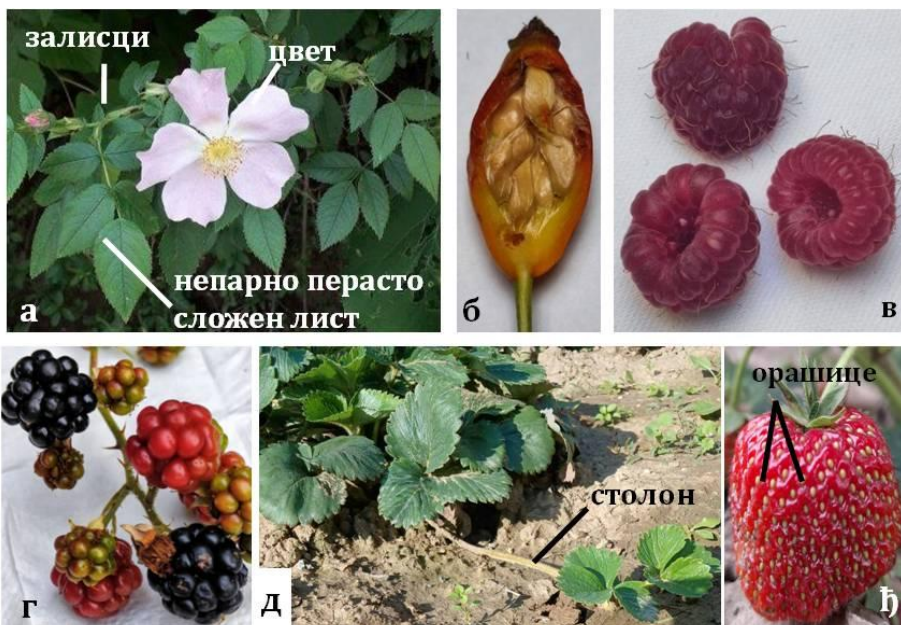
Разлике у грађи, пре свега, цветова и плодова, условили су поделу фамилије Rosaceae на потфамилије. Различити су системи класификације, а овде ћемо користити уобичајену поделу на потфамилије: Spiraeoideae, Rosoideae, Maloideae и Prunoideae.



Слика 267. **Rosaceae, Spiraeoideae:** *Spiraea media* (ђачки пољубац)

ПОТФАМИЛИЈА SPIRAEOIDEAE обухвата жбунасте биљке које расту у шумама, а гаје се и као декоративне. У нашој флори честа је *Spiraea media* (ђачки пољубац). Овај жбун, висине око 1-2 m, је са белим, ситним цветовима груписаним у штитасте цвасти (Сл. 267). Цвет је петочлан, са већим бројем прашника. Гинецеум је апокарпан, из најчешће 5 карпела. Плод је **мешак**.

ПОТФАМИЛИЈА ROSOIDEAE обухвата жбунасте, зељасте биљке и лијане. Цвет је грађен из 5 чашичних, 5 круничних листића, прашника је много. Гинецеум је грађен из великог броја карпела, апокарпан је. Цветна жога је испупчена или пехарасто удубљена. Плодови карактеристични за ову потфамилију су **збирне орашице** и **збирне коштунице**.



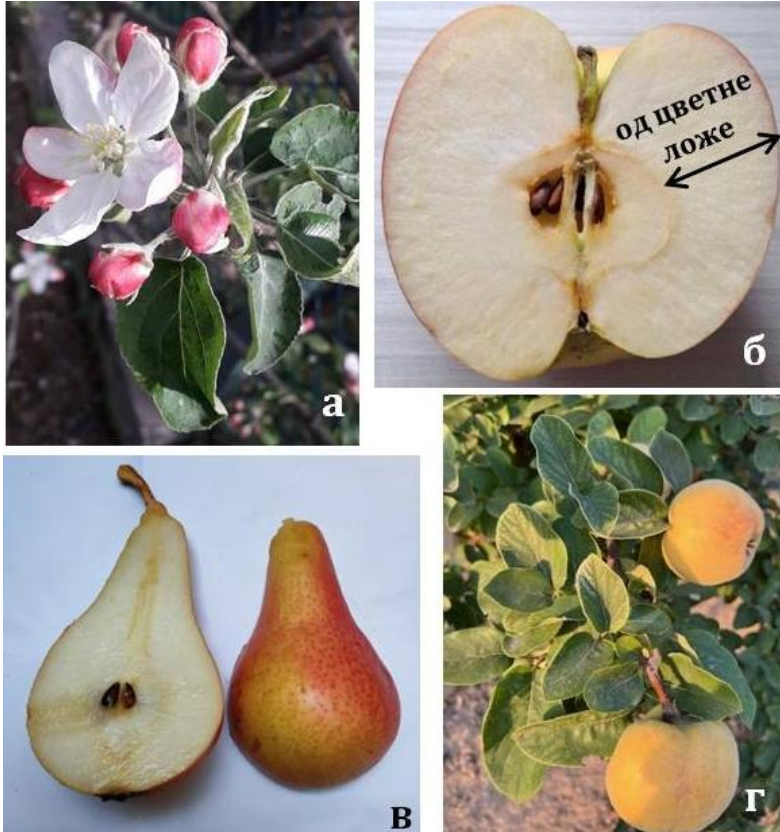
Слика 268. **Rosaceae, Rosoideae:** а - *Rosa canina* (дивља ружа), део изданка са цветом; б - збирна орашица дивље руже; в - збирна коштуница *Rubus idaeus* (малина); г - збирна коштуница *Rubus caesius* (купина); д - *Fragaria vesca* (јагода), столон; љ - збирна орашица јагоде

Род **Rosa** (ружа) је жбун са стаблом које има трнове (емергенце). Листови су непарно перасто сложени, са 3-9 листића и са добро развијеним залисцима. Цветови су појединачни или груписни у цваст грозд, метлица и др. Мирис цвета потиче од етарског уља којим су најбогатији крунични листићи. Цветна жога је пехарасто удубљена. Из сваке карпеле настаје по једна орашица, а многобројне орашице остају у меснатој, разраслој цветној ложи, образујући збирну орашицу (Сл. 268б). Род *Rosa* обухвата више од 100 врста, а у нашој флори заступљене су *R. canina* (дивља ружа), *R. arvensis* (пољска ружа), *R. gallica* (месечарка ружа) и др. Из рода **Rubus** честе су *R. idaeus* (малина) и *R. caesius* (купина). Малина је жбун са двогодишњим изданцима. У првој години развијају се непарно перасто сложени листови, а у другој години цветови и плодови. Плод је збирна коштуница. Постоји велики број сорти које се гаје. Лако се размножава кореновим изданцима. Род **Fragaria** (јагода) обухвата вишегодишње зељасте биљке које се вегетативно размножавају надземним столонима. Столони се формирају у пазуху листова који су распоређени у розети. Цветови су са перијантом петочлане грађе и спољашњом чашицом. Цветна жога је испупчена и у току формирања плода разраста, постаје сочна и у њу се на површини утискују многобројне орашице, формирајући збирну орашицу (Сл. 268ђ). Најзаступљенија је врста *F. vesca*.

Ова потфамилија обухвата и ливадске и коровске врсте из родова: **Potentilla** (петопрсница) са врстама *P. reptans* (петопрсница, челавица), *P. anserina* (стежа), затим род **Agrimonia** (петровац), **Alchemilla** (вирак, вркута), **Geum** (зечја стопа) и др.

ПОТФАМИЛИЈА MALOIDEAE (ROMOIDEAE) обухвата дрвеће и жбуње. Тучак је грађен од најчешће 5 карпела, ређе их је мањи број. Плодник је подцветан, срста са цветном ложом. Плод је **синкарпна коштуница** око које моћно разраста цветна жога.

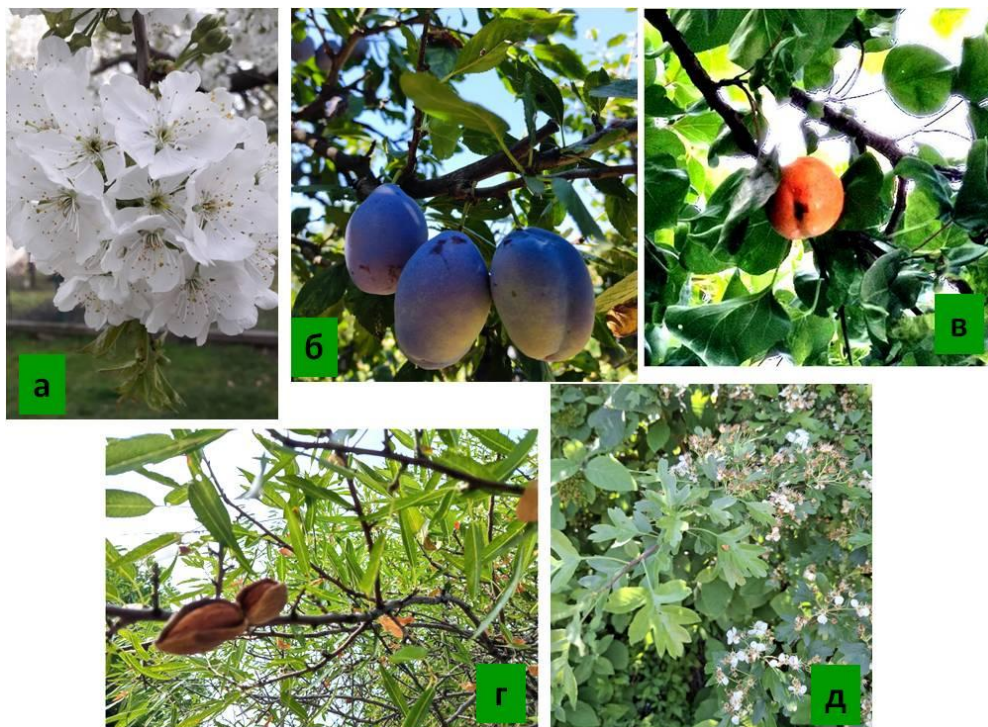
Велики значај у воћарској производњи из ове потфамилије имају родови: **Malus** (јабука), **Cydonia** (дуња), **Pirus** (крушка) и др. *Malus silvestris* (дивља јабука) често расте у лишћарским шумама, а *M. domestica* (домаћа јабука) заступљена је са великим бројем сорти. Цветови су скупљени у цваст гроњу. Род **Pirus** (крушка) заступљен је са врстама *P. domestica* (крушка), *P. communis* (дивља крушка) и др. У плоду крушке заступљене су групе механичких ћелија, камене ћелије. **Cydonia oblonga** (дуња) је дрво чији су листови и младе гране густо одлакани. Плодови су крупни, јарко жути, мирисни, а у меснатом делу присутне су групе камених ћелија. Овој потфамилији припада и **Mespilus germanica** (мушмула) и **Sorbus sp.** (јаребика) - сл. 269



Слика 269. **Rosaceae, Maloideae**: а - *Malus* (јабука), цваст гроња; б - плод синкарпна коштунца; в - плод синкарпна коштунца *Pirus domestica* (крушка); г - изданак са плодовима *Cydonia oblonga* (дуња)

Представници **ПОТФАМИЛИЈЕ PRUNOIDEAE** су дрвенасте биљке. Гинецеум се састоји од једне карпеле. Плодник је средцветан, тј. цветна ложа је удубљена, али плодник не сраста са њеним зидом. Плод је **монокарпна коштунца**.

Prunoideae обухватају врсте значајне у воћарској производњи. Род ***Prunus*** (шљива) са врстом *P. domestica* се највише гаји на овом подручју (Сл. 270). Многобројне сорте се разликују по времену сазревања плода, боји плода (црвена, роза, жута, тамноплава, плавољубичаста), облику плода (округао, јајаст) и др. *P. spinosa* (трњина) дрвенаста је лековита биљка чији се плодови користе због богатства у витамину Ц, органским киселинама и пектину. Веома заступљене су и врсте ***Armeniaca vulgaris*** (кајсија), ***Persica vulgaris*** (бресква), ***Cerasus vulgaris*** (вишња), *C. avium* (трешња), ***Amygdalus communis*** (бадем) и др. ***Crataegus monogyna*** (једносемени глог) је жбун или ниско дрво до 10 m висине које је често у храстовим шумама, али и у другим биљним заједницама. Користи се као жива ограда, декоративна је и лековита биљка.



Слика 270. **Rosaceae, Prunoideae**: а - цваст *Cerasus avium* (трешња); б - изданак са плодовима (монокарпна коштуница) *Prunus domestica* (шљива); в - *Armeniaca vulgaris* (кајсија); г - *Amygdalus communis* (бадем); д - *Crataegus sp.* (глог)

Фамилија URTICACEAE

ФАМИЛИЈА URTICACEAE обухвата око 2 000 врста сврстаних у преко 50 родова, које расту претежно у тропима и суптропима. То су већином једногодишње или вишегодишње зељасте, ретко жбунасте и дрвенасте биљке.

Стабла садрже дугачка ликина влакна и цистолите. Неки од представника фамилије, у вегетативним органима, садрже жарне



Слика 271. **Urticaceae**: а - *Urtica dioica* (обична коприва), део изданка са цвастима, б - жарне длаке на стаблу и листовима

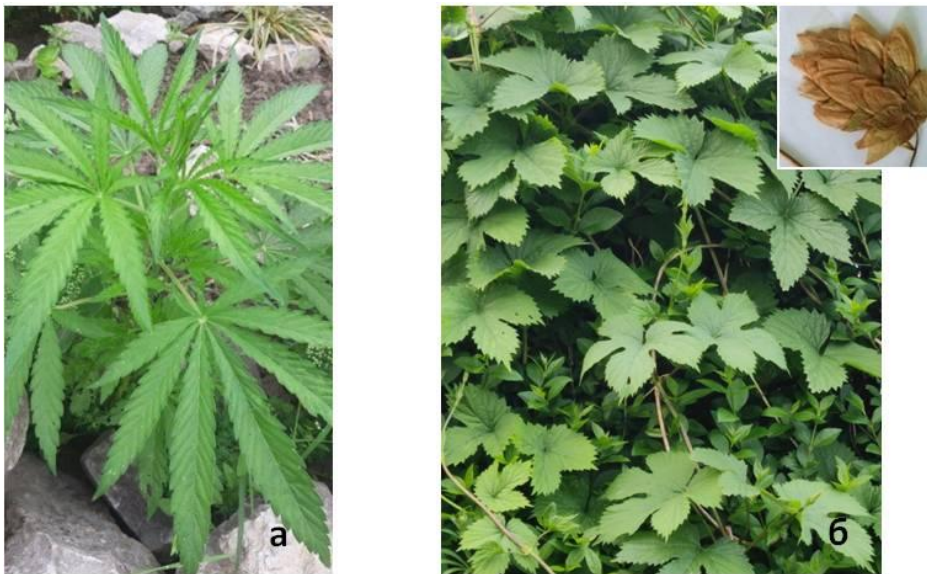
длаке. **Листови** су претежно наспрамни, ређе наизменични, са залисцима. **Цветови** су најчешће једнополни, скупљени у цвасти привидне штитове, класове или главице, а биљке су једнодоме или дводоме. Цветни омотач је прост перигон, грађен из 4-5 листића. Прашника је колико и листића перијанта, ређе један. Гинецеум је грађен из једне или две карпеле. **Плод** је орашица или коштуница.

У нашој флори заступљене су космополитске коровске врсте рода **Urtica**: *U. dioica* (обична коприва), *U. urens* (мала коприва) и др. *U. dioica* (Сл. 271) лековита је биљка, служи као храна, а дугачка ликина влакна користе се за добијање текстилних влакана. Коровска биљка ***Parietaria vulgaris*** (обична црквина) расте поред путева и на камењарима, а *P. serbica* ендем је Србије и Бугарске.

Фамилија CANNABACEAE

ФАМИЛИЈИ CANNABACEAE припадају привредно и економски важни родови *Cannabis* и *Humulus*. То су дводоме, усправне зељасте биљке или лијане.

Листови су наспрамно или наизменично распоређени, са слободним залисцима. **Цветови** су ситни, једнополни и груписани у цимозне цвасти. Мушки цвет је са простим перијантом грађеним из 5 листића и са 5 кратких прашника. Женски цвет има опнасти цветни омотач и синкарпан гинецеум грађен од 2 карпеле. **Плод** је синкарпна орашица и коштуница.



Слика 272. **Cannabaceae**: а - *Cannabis sativa* (конопља); б - *Humulus lupulus* (хмељ), део изданка и женска цваст

Cannabis sativa (конопља, кудеља) је једногодишња текстилна и уљана биљка. Стабло је усправно и разгранато. Из ликиних влакана, дугих и до 22

ст, добијају се влакна веома цењена у текстилној индустрији. Листови су прстасто дељени у 3-9 ланцетастих режњева, у доњем делу биљке су наспрамни, а у горњем наизменични. Конопља је дводома биљка. Мушке индивидуе („белојке“) имају метличасте цвасти, а женске индивидуе („црнојке“) су са дихазијалним цвастима у пазуху листова. Из плодова се добија уље које има разноврсну примену. Листови *C. sativa* var. *indica* (индијска конопља) дају смолу од које се прави хашиш и који делује наркотично на централни нервни систем. Последњих година интензивна су истраживања о лековитим својствима ове биљке. ***Humulus lupulus*** (хмељ) је вишегодишња лијана. Гаје се женске биљке чије су брактеје и плодови покривени жлездама, а продукт лучења жлезда користи се у индустрији пива (Сл. 272).

Ред Brassicales

Фамилија BRASSICACEAE

ФАМИЛИЈА BRASSICACEAE (CRUCIFERAE), КУПУСЊАЧЕ, КРСТАШИЦЕ, обухвата више од 3 400 врста сврстаних у преко 300 родова, већином космополитског распрострањења. Купусњаче су најчешће једногодишње, двогодишње или вишегодишње зељасте биљке.

Листови су прости, спирално распоређени, без залистака. **Цветови** су двополни, актиноморфни, груписани у гроздасте цвасти. Чашица је грађена од 4 листића распоређених у два круга. Круницу чини 4 унакрсно постављена листића, па су због овакве грађе цвета биљке ове фамилија добиле назив и крсташице (Cruciferae). Прашника је 6, од којих су 2 краћа у једном кругу и 4 дужа у другом кругу. Гинецеум је синкарпан, грађен из 2 оплодна листића. **Плод** је љуска или љушчица.

Фамилија крсташица има велики агроекономски значај јер обухвата бројне повртарске биљке настале оплемењивањем (Сл. 273). Тако су од ***Brassica oleracea*** (дивљи купус) настали бројни варијетети: *B. oleracea* var. *capitata* (купус главичар), *B. oleracea* var. *sabauta* (кељ), *B. oleracea* var. *botritis* (карфиол), *B. oleracea* var. *gongylodes* (келераба), *B. oleracea* var. *acephala* (раштан) и др. Купус главичар (*B. oleracea* var. *capitata*) је двогодишња биљка која у првој години развија скраћено стабло са пупољком, кога обухватају крупни, густо распоређени листови у којима се резервишу хранљиве материје образујући „главицу“. Током друге године живота развија се високо стабло са цветовима и плодовима. За исхрану се користи „главица“ настала током прве године. Уље и семе *B. nigra* (црна слачица) користе се у медицини, а семе и у исхрани, за добијање сенфа и као зачин. *B. napus* (уљана репица) гаји се због добијања уља које је јединственог састава есенцијалних незасићених масних киселина, те се користи у исхрани људи, за производњу маргарина, мајонеза, јестивог уља и др. Због високог садржаја протеина алтернатива је соји у исхрани стоке и прва је испаша пчелама у пролеће.



Слика 273. **Brassicaceae**: а – *Lepidium* sp. (реника); б - *Sinapis* sp. (горушица); в - *Armoracia lapathifolia* (рен); г - *Capsella bursa-pastoris* (хоћу-нећу): цела биљка, д - цваст грозд; е - цвет крсташица; ж - *Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (рукола); з - *Brassica oleracea* var. *gongylodes* (келераба); и - *B. napus* (уљана репица); j - *B. oleracea* var. *capitata* (купус главичар); к - *B. oleracea* var. *sabauda* (кељ); л - *B. oleracea* var. *botritis* (карфиол)

Уљана репица има и огромну важност као сировина за производњу биодизела, алтернативног горива, користи се и као мазиво и у индустријске сврхе. Род **Raphanus** обухвата повртарске биљке. *R. sativus* (ротква) код које се за исхрану користи задебљао корен, затим *R. sativus var. radicola* (ротквица) код које се, као и код келерабе, користи надземна кртола, и др. Овај род обухвата и коровску биљку *R. raphanistrum* (дивља ротква). **Armoracia lapathifolia** (рен) је вишегодишња биљка код које се задебљали изразито ароматични, љути корен користи за исхрану, а због многобројних лековитих супстанци и у фармацији. У биљној производњи актуелна је и једногодишња повртарска биљка рукола (***Eruca vesicaria subsp. sativa***) која се користи као лиснато поврће у салатама и компонента за побољшање ароме и укуса у јелима. Ланик (***Camelina sativa***) је једногодишња уљана биљка значајног агрономског потенцијала која је, због јединственог састава и богатства у алфа-линолеинској киселини (омега-3 масна киселина), у задње време предмет истраживања у оплемењивању. Уље ланика је погодно за људску исхрану, има и примену у производњи биогорива, биомазива, у фармацеутској и козметичкој индустрији. Род **Sinapis** обухвата једногодишњу коровску биљку *S. arvensis* (пољска горушица) која је честа у стрним житима. *S. alba* (бела слачица) је коров, а гаји се и као индустријска биљка из чијег семена се производи сенф. Честе коровске биљке из фамилије крсташица су и: ***Capsella bursa-pastoris*** (хоћу-нећу, русомача, воли-не воли, пастирска торбица), ***Sisymbrium officinale*** (осак), ***Lepidium campestre*** (пољска реника), ***Thlaspi arvense*** (кравља трава) и др.

Ред Geraniales

Фамилија GERANIACEAE

ФАМИЛИЈА ЗДРАВАЦА обухвата више од 800 врста сврстаних у седам родова. Geraniaceae су коровске, ливадске и шумске углавном зељасте или жбунасте биљке. Распрострањене су у умереним областима.

Листови су режњевити или дубоко дељени, са залисцима, најчешће су спирално распоређени. На вегетативним деловима имају жлездане длаке.

Цветови су актиноморфни, ретко зигоморфни, двополни,



Слика 274. Geraniaceae: а - *Erodium cicutarium* (родин кљун); б - *Geranium* sp. (здравац); в - *Pelargonium* sp. (мушкатла)

сакупљени у цимозне цвасти или су појединачни, пазушни. Чашицу чини најчешће 5 слободних или више-мање сраслих листића. Круницу такође чини 5 слободних листића. Прашника је најчешће 10, ређе 15 или 5. Тучак је синкарпан, састоји се од 5 до 3 оплодна листића. Плодник је у облику кљуна окренут навише. **Плод** је шизокарпијум, мерикарпијум, ређе чаура.

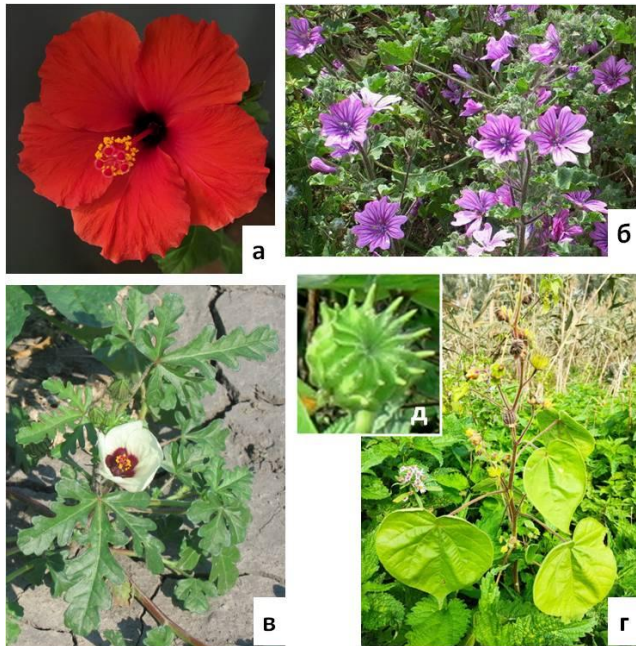
У нашој флори често су присутне рудералне биљке *Erodium cicutarium* (родин кљун, чапљан) и *Geranium dissectum* (ситни здравац). *E. cicutarium* је једногодишња или двогодишња зељаста биљка, цела је длакава. Листови су перасто дељени, наспрамног су распореда. Плод се поцепа на 5 плодића, сваки са кљуном дугим око 5 cm (Сл. 274). Честа украсна вртна и собна биљка је *Pelargonium* (мушкатла) са зигоморфним цветовима код којих су 2 чашична листића продужена у остругу.

Ред Malvales

Фамилија MALVACEAE

Обухвата преко 1500 врста сврстаних у око 80 родова, широко распрострањених, а најзаступљеније су у тропима. Фамилија Malvaceae заступљена је са зељастим, ређе дрвенастим биљкама.

Листови су прости, често дељени, са залисцима. На листовима су присутне звездасте длаке, а у вегетативним органима слузни канали. **Цветови** су актиноморфни, двополни, ретко једнополни. Чашицу чине 5 листића који су често делимично срасли. Присутна је и спољашња чашица (*calyx duplex*) грађена од 1-10 сраслих или слободних листића и која представља измењене брактеје. Круница се такође састоји из 5 листића који су слободни или при основи срасли. Прашника је већином много. Гинецеум је грађен од 5



Слика 275. **Malvaceae**: а - цвет *Hibiscus* sp.; б - *Malva sylvestris* (црни слез); в - *Hibiscus trionum* (лубеничарка); г - *Abutilon theophrasti* (липица); д - чаура

измењене брактеје. Круница се такође састоји из 5 листића који су слободни или при основи срасли. Прашника је већином много. Гинецеум је грађен од 5

до много оплодних листића, синкарпан, ређе апокарпан или су карпеле срасле само врховима. **Плод** је чаура или шизокарпијум.

Фамилија обухвата представнике значајне као текстилне, лековите и украсне биљке. У нашој флори из фамилије Malvaceae распрострањене су рудералне и коровске биљке: *Abutilon theophrasti* (липица), *Malva silvestris* (црни слез), *Hibiscus trionum* (лубеничарка), *Althaea officinalis* (бели слез) и др. (Сл. 275). Бели слез је лековита, вишегодишња биљка која расте на влажнијим стаништима, употребљавају се ризом, цвет и лист. Фамилији припада и цењена текстилна биљка *Gossipium* (памук). Цветање памука траје само један дан. Плод је чаура са много семена покривених белим длакама које су израштаји епидермалних ћелија семењаче. Длаке, тј. памучна влакна могу бити дужине и до 50 mm, а састоје се од целулозе. Врсте памука које се најчешће гаје су: *G. herbaceum*, *G. hirsutum*, *G. barbadense* и др.

Фамилија TILIACEAE

Фамилија обухвата више од 400 врста сврстаних у око 40 родова. Претежно су дрвенасте биљке, распрострањене најчешће у тропима.

Листови су прости, наизменичног распореда, са краткотрајним залисцима.

Цветови су сакупљени у гроздасте или цимозне цвасте, које се налазе у пазуху крупне, кожасте брахтеје (Сл. 276). Цвет је актиноморфан, двополан, ретко је једнополан. Чашицу чине 4 или 5 слободних или сраслих листића. Понекад поседују и спољашњу чашицу. Круницу формира 4 или 5 листића, ретко изостаје. Прашника је углавном велики број, понекад су неки стерилни. Гинецеум је синкарпан, граде га 2 или више оплодних листића.

Плод је чаура.

У нашој флори из фамилије Tiliaceae присутан је само род *Tilia* (липа) који је заступљен врстама: *T. tomentosa* (бела липа), *T. platyphyllos* (крупнолисна липа), *T. cordata* (ситнолисна липа) и др. Поједине врсте су лековите, цваст са брахтејом користи се за справљање чаја.



Слика 276. Tiliaceae: *Tilia* (липа), изданак са цвастима

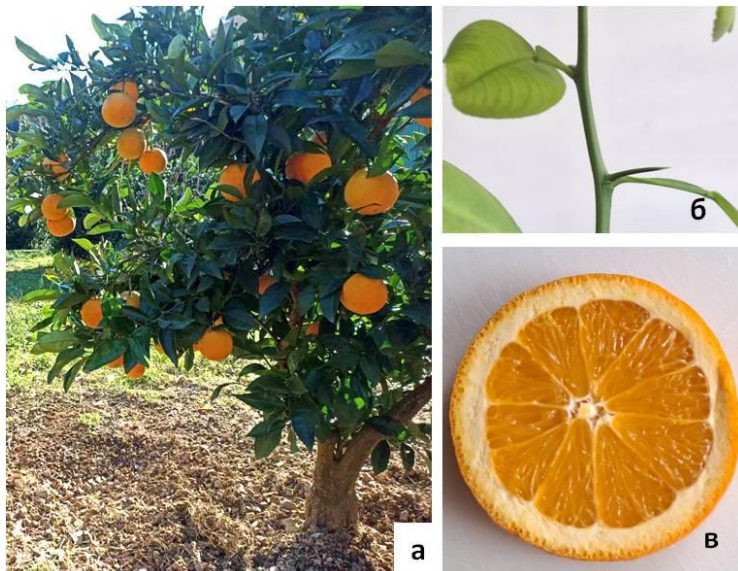
Ред Sapindales

Фамилија **RUTACEAE**

Фамилија обухвата више од 2 000 врста сврстаних у око 160 родова. Представници су претежно дрвенасте и жбунасте биљке, распрострањене претежно у тропским и суптропским пределима.

На стаблу неких представника фамилије Rutaceae присутни су трнови. Ове биљке поседују секреторне жлезде, које садрже етарска уља. **Листови** су прости, дељени или сложени, без залистака, спирално, ређе наспрамно распоређени. **Цветови** су двополни, актиноморфни, сакупљени у цимозне цвасти или гроздове, ретко су појединачни. Чаша је грађена од 4-5 (2-3) слободних или сраслих листића. Круница је грађена од 4-5 слободних листића или је симпетална, понекад недостаје (апеталан цвет). Прашника је најчешће два пута више него круничних листића. Гинецеум је синкарпан, ређе апокарпан, граде га 4-5 оплодних листића. Нектарије су обично дискоидне, смештене уз плодник. **Плод** је бобица, чаура или коштуница.

Фамилија има велики привредни значај јер се велики број биљака гаји и користи у исхрани, а етарска уља користе се у медицини и индустрији парфема. Род **Citrus** има велики број врста и сорти, а највише се гаје: *C. aurantium* (поморанџа), *C. reticulata* (мандарина), *C. lemon* (лимон), *C. paradisi* (грејпфрут) и др. *Citrus* има специфичан сочни плод бобицу код које су егзокарп и мезокарп срасли у „кору“ са већим бројем секреторних жлезда са етарским уљем. Резервне материје налазе се у кесастим израштајима ендокарпа. Унутрашњост ове специфичне бобице карпелама је подељена на већи број комора (Сл. 277).



Слика 277. **Rutaceae**: а - *Citrus aurantium* (поморанџа); б - трн и прост лист *Citrus sp.*; в - плод бобица

Ред Boraginales

Фамилија BORAGINACEAE

ФАМИЛИЈУ BORAGINACEAE чини преко 1 600 врста, груписаних у 90 родова. Ову фамилију чине једногодишње и вишегодишње зељасте биљке, ређе су жбунови или дрвеће. Представници ове фамилије су прекривени чекињастим, чрстим, трноликим или звездастим длакама, па их често називамо и оштродлаке. **Листови** су им прости, без залистака, изразито длакави, наизменично распоређени, код неких представника седећи. **Цветови** су им двополни, у цвастима (монохазијум или дихазијум), актиноморфне симетрије, само код неких представника су зигоморфни, петочлани (ретко од 4 или више чланова). Чашницу граде слободни или при основи срасли листићи. Круницу чине срасли листићи, па је обликом углавном левкаста или звонаста. Прашника је најчешће пет, а гинецеум је синкарпан из две карпеле. **Плод** код фамилије Boraginaceae је сушан, мерикарпијум и дели се на четири једносемена плодића.

Из ове фамилије честе су коровске врсте из родова: *Anchusa* (пољски волујак), *Echium* (јежинац), *Lythospermum* (птичје врапсеме), затим *Myosotis* (споменак), који расте на засенченим шумским пропланцима, али се неке врсте гаје и као украсне. *Symphytum officinale* (гавез), расте на влажнијим местима, јавља се и као коровска биљка, али има и лековита својства (Сл. 278).



Слика 278. Boraginaceae: а - *Anchusa* sp. (пољски волујак); б - *Myosotis* sp. (споменак); в - *Symphytum officinale* (гавез)

Ред Gentianales

Фамилија RUBIACEAE

Ову велику фамилију чини преко 13 000 врста, сврстаних у више од 600 родова. Представници фамилије Rubiaceae су најчешће дрвеће, жбунови, лијане или зељасте биљке са наспрамно или пршљенасто распоређеним

простим **листовима** и листоликим залисцима. Код већине представника залисци садрже смоласте жлезде. **Цветови** су им у гроздастим или цимозним цвастима, двополни, актиноморфне симетрије, са двојним, петочланим или четворочланим перијантом, чији листићи срастају. Чашаца је слабо развијена. И прашника је колико и листића крунице, често су причвршћени за круничну цев. Тучак граде две срасле карпеле, а **плод** је чаура, шизокарпиум, бобица или чак коштуница.

Из ове фамилије, код нас су чести родови: **Galium** (броћ), и то врсте *G. aparine* (прилепача), као веома честа коровска биљка, *G. cruciatum* (крстасти броћ), *G. vegetum* (ивањско цвеће), ливадска биљка итд. (Сл. 279); затим **Asperula** (лазаркиња), од којих су честе *A. odorata* и *A. arvensis*. Важно је истаћи да фамилији Rubiaceae припада и економски веома важна биљка, **Coffea** sp. (кафа), са већим бројем врста које се гаје већином у палеотропским областима (највише подсахарска Африка и јужни и југоисточни делови Азије), због њених плодова коштуница, чија семена садрже алкалоид кофеин који има психостимулативан ефекат. Врста *Coffea arabica*, пореклом из Етиопије, веома често се гаји и у Бразилу.

Такође, овој фамилији припада и род **Cinchona** (кининово дрво), карактеристичан за тропска подручја, из чије коре се добија алкалоид хинин, лек против грознице и маларије.



Слика 279. **Rubiacea**: а - *Galium aparine* (прилепача); б - *Galium cruciatum* (крстасти броћ)

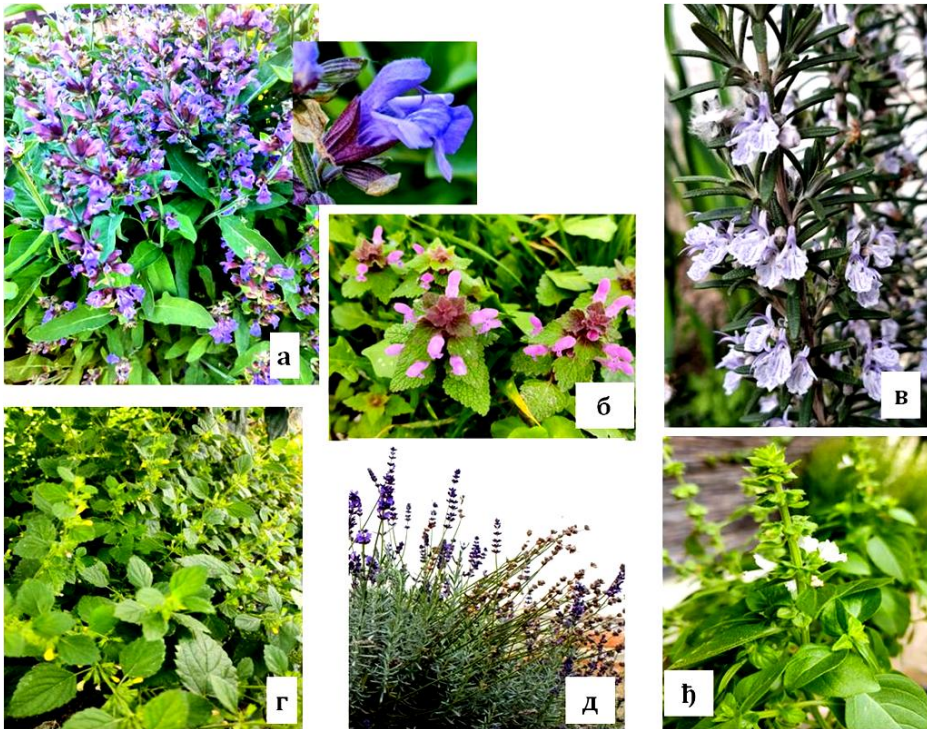
Ред Lamiales

Фамилија LAMIACEAE

ФАМИЛИЈУ LAMIACEAE (ЛАВИАТАЕ), УСНАТИЦЕ чини преко 7 000 врста, сврстаних у преко 200 родова. Широко су распрострањене, али су изузетно бројне у медитеранском подручју. То су најчешће зељасте биљке, полужбунови или жбунови, ретко су дрвеће. Велики број представника уснатица поседује

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

жлездане длаке, па су многе од њих и ароматичне биљке са различитим етарским уљима богатим ароматичним алкохолима, фенолима, кетонима, терпенима, алдехидима итд. Поред тога, одликује их четвороугаоно стабло, прости, без залистака, увек наспрамно распоређени **листови**. Цветови су им у цимозним цвастима (пршљенасте, дихазијалне и сл.) које граде комбиноване цвасте, у горњим деловима стабла. **Цвет** им је специфично грађен, зигоморфан (веома ретко актиноморфан или делимично актиноморфан, нпр. код *Mentha* - нана), двополан, петочлан. Наиме, чашицу уснатица гради 5 сраслих листића, цеваста је, са 5 зубаца. Круница је, такође, из 5 листића, сраслих основом у цев, а горњи део крунице чине две усне (ретко једна усна, нпр. код врста рода *Ajuga*), где доњу усну граде три листића, а горњу два крунична листића. Андрецеум чине 4 прашника, два на дужим, два на краћим филamentима, док неки представници имају само два прашника (нпр. жалфија – *Salvia* sp., рузмарин – *Rosmarinus officinalis*), док друга два постају стерилни – стаминодије. Грађом цвета пре свега, али и код неких група ароматичним својствима, ове биљке су прилагођене искључиво ентомофилном опрашивању. Гинецеум је синкарпан из две карпеле, а **плод** је мерикарпијум који се одваја на 4 једносемена плодића.



Слика 280. **Lamiaceae**: а - *Salvia* sp. (жалфија); б - *Lamium* sp. (мртва коприва); в - *Rosmarinus* sp. (рузмарин); г - *Mellisa* sp. (матичњак); д - *Lavandula* sp. (лаванда); ђ - *Ocimum* sp. (босиљак)

Због присуства различитих етарских уља (ароматична својства), ове биљке су веома често лековите, па се користе у фармацији, парфимерији, кулинарству као зачини, у пчеларству као медоносне итд., међу којима издвајамо родове: *Mentha* (нана), *Salvia* (жалфија), *Mellisa* (матичњак), *Ocimum* (босиљак), *Rosmarinus* (рузмарин), *Thymus* (мајчина душица), *Lavandula* (лаванда) итд. (Сл. 280). Неке се јављају и као коровске биљке: *Lamium* sp. (мртва коприва), *Prunella* sp. (црњевац), *Ajuga* sp. (ивица), *Stachys annua* (једногодишњи чистац) итд.

Фамилија OLEACEAE

ФАМИЛИЈУ МАСЛИНА чини преко 600 врста, сврстаних у 24 рода. Овој фамилији припадају широко распрострањене дрвенасте биљке (дрвеће, жбунови, лијане) умерених и тропских области, са наспрамно распоређеним листовима, без залистака. **Листови** су најчешће прости, ређе су сложени (*Fraxinus* sp.). **Цветови** су им појединачни или у цвастима (гроздасте, метличасте, дихазијалне), двополни, актиноморфне симетрије. Чашица и круница су углавном четворочлане, круница је срасла основом. Прашника је најчешће само два, гинецеум је синкарпан из две карпеле. **Плод** код фамилије Oleaceae може бити коштуница (маслина), чаура (јоргован), крилата орашица (јасен), ређе бобица (*Phillyrea*).



Слика 281. **Oleaceae**: а - *Olea europaea* (маслина); б - *Ligustrum vulgare* (калина, жива ограда); в - *Jasminum nudiflorum* (рани јасмин); г - *Forsythia europaea* (форзиција); д - *Syringa vulgaris* (јоргован); њ - *Fraxinus* sp. (јасен)

Економски и привредно најзначајнија врста ове фамилије јесте *Olea europea* (маслина), ониже, дуговечно дрво, светлосиве коре, тамно зелених зимзелених ланцетастих листова, са плодовима коштуницама чији сочни део обилује квалитетним уљима. У ову фамилију припада велики број украсних вишегодишњих дрвенастих и жбунастих врста попут – *Syringa vulgaris* (јоргован), *Forsythia europaea* (форзиција), *Jasminum fruticans* (јасмин), *Ligustrum vulgare* (калина, жива ограда) итд. Од дрвенастих представника, код нас је чест *Fraxinus* sp. (јасен), и то врсте *F. angustifolia*, *F. excelsior*, *F. ornus* итд. (Сл. 281).

Фамилија ОРОБАНХАСЕАЕ

ФАМИЛИЈУ ОРОБАНХАСЕАЕ чини око 2 000 врста, сврстаних у око 100 родова. Представници ове фамилије су једногодишње или вишегодишње зељасте биљке, без хлорофила (или се налази само у траговима), јер воде паразитски начин живота и то причвршћени коренским хаусторијама, најчешће за корен биљке домаћина. Стабло им је усправно, бледо-жућкasto, меснато, са редукованим, љуспастим листовима. Цветови су им груписани у цвасти (грозд или клас), двополни, зигоморфни, због двоуснате крунице, а цветни омотач је петочлан, листићи у циклусима су срасли. Андрецеум чине 4 прашника, а гинецеум је синкарпан, најчешће из две карпеле. Плод је чаура. Код нас је заступљен род *Orobanche* (водњача, воловод), са неколико врста (Сл. 282).

Водњача паразитира на корену сунцокрета, парадајза, дувана, конопље и других гајених биљака, у чијим усевима може да изазове значајне штете. У нашој флори, јавља се и вишегодишња беличаста, паразитска биљка *Lathraea squamaria* (потајница), која паразитира на корену дрвенастих биљака (буква, леска, јова).

Овој фамилији припадају и полупаразитске биљке из родова *Rhinantus* (шушкавац), *Melampyrum* (уролица), *Euphrasia* (видац), које на слабо развијеном корену поседују хаусторије којима, из корена биљке домаћина, црпе воду са минералним материјама. На крмним биљкама значајну штету и умањење приноса изазивају *Rhinantus rumelicus* и *Euphrasia stricta*.

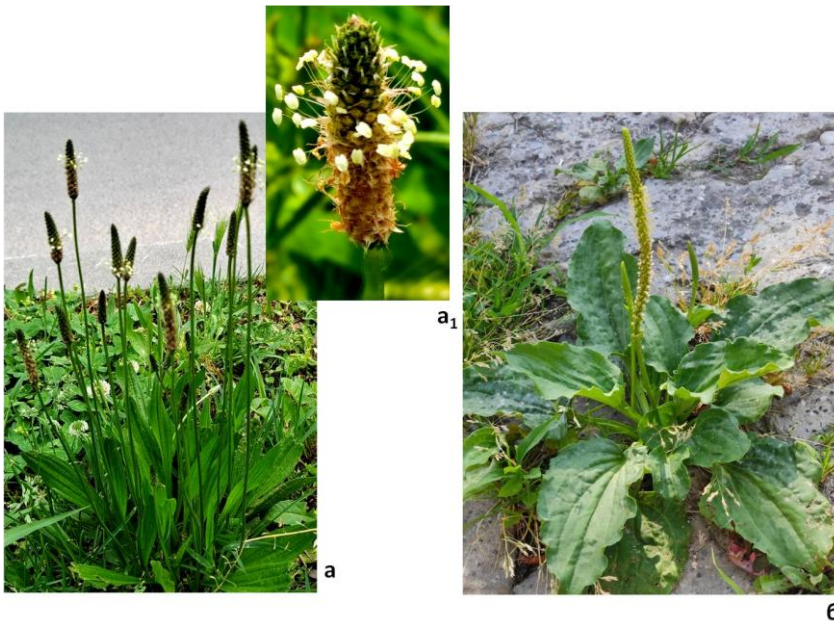


Слика 282. **Orobanchaceae**: а - *Orobanche* sp. (водњача); б - *Rhinanthus* sp. (шушкавац)

Фамилија PLANTAGINACEAE

ФАМИЛИЈУ БОКВИЦА чини око 2 000 врста, сврстаних у око 90 родова. Већином су сувоземне биљке, али има и водених представника (нпр. *Litorea*). То су једногодишње или вишегодишње зељасте биљке са ризомом. **Листови** су им прости, ободом цели, углавном распоређени у розети, при основи стабла. **Цветови** су им двополни, актиноморфни, четворочлани, сакупљени у цваст прост клас. Будући да се ове биљке опрашују анемофилно, прашници поседују дуге филаменте (Сл. 283a₁). Гинецеум је синкарпан, из две карпеле. **Плод** је чаура.

Најважнији и типичан род ове фамилије јесте *Plantago* (боквица). Врсте овог рода расту на ливадама, поред путева, на утринама, у пољу, у воћњацима итд. Код нас су најчешће *P. lanceolata* (усколисна, „мушка“ боквица), затим *P. media* (средња боквица), *P. major* (широколисна, „женска“, велика боквица) - сл. 283. Као лековите биљке, најчешће се користе широколисна и усколисна боквица које садрже сличне активне састојке. На слатинама у Војводини расте и ретка врста боквице - *P. schwarzenbergeniana*.



Слика 283. **Plantaginaceae**: а - *Plantago lanceolata* (усколисна боквица); а₁ – цваст усколисне боквице; б - *Plantago major* (широколисна боквица)

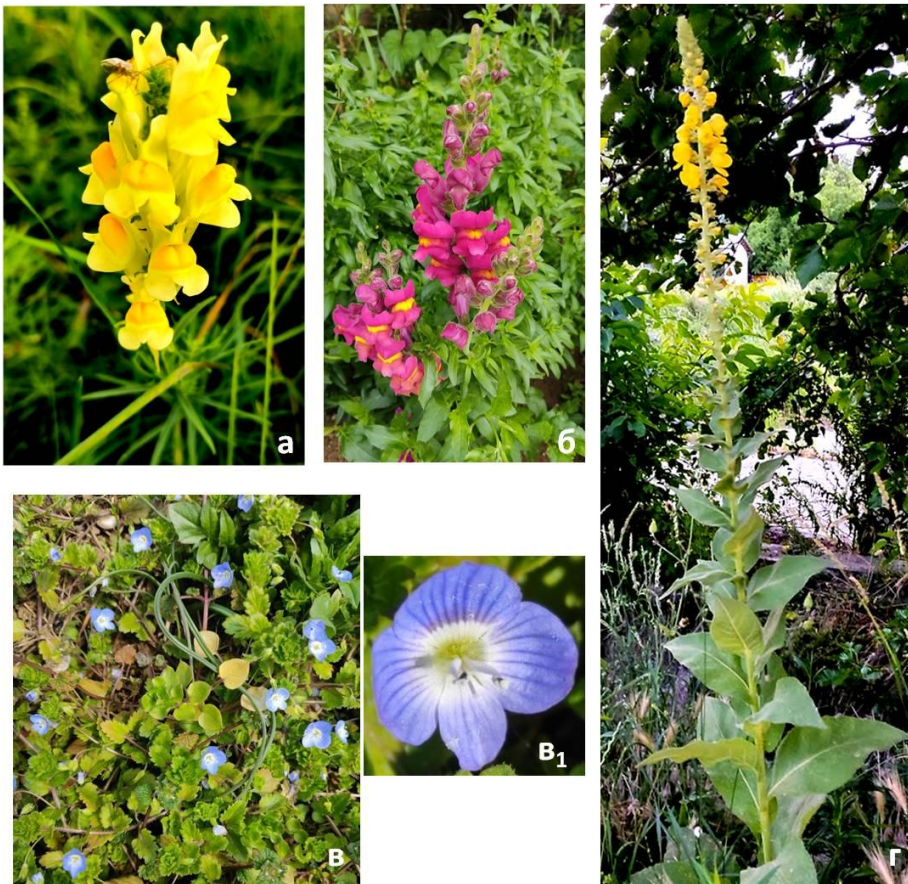
Фамилија SCROPHULARIACEAE

ФАМИЛИЈИ SCROPHULARIACEAE припада око 1 900 врста, сврстаних у око 60 родова. Представници ове фамилије су углавном зељасте, ређе жбунасте биљке, распрострањене најчешће у умереним областима. Често на површини поседују жлездане длаке. **Листови** су им прости, ободом цели, без залистака,

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

наизменично или ређе наспрамно распоређени. **Цветови** су им често сакупљени у гроздасте цвасти, двополни, зигоморфни (ређе су актиноморфни), перијант је двојан, најчешће петочлан, листићи чашнице су срасли. Круница је такође срасла, често цеваста, звонаста, левкаста или чак двоусната. Број прашника је најчешће 4, ретко је 5 (*Verbascum* sp.), док се код неких врста налазе само 2 прашника (*Veronica* sp.). Гинецеум је синкарпан из две карпеле, а **плод** је најчешће чаура (ређе је бобица или коштуница).

Представници ове фамилије су често коровске биљке попут рода *Linaria* (ланилист) и *Veronica* (честославица) - сл. 284. Неки представници су лековити, па се користе у медицини попут врсте родова *Digitalis* (напрстак) и *Verbascum* (дивизма). Као декоративна, често се гаји *Antirrhinum majus* (зевалица).



Слика 284. **Scrophulariaceae**: а - *Linaria* sp. (ланилист); б - *Antirrhinum majus* (зевалица); в - *Veronica* sp. (честославица); в₁ - цвет честославице; г - *Verbascum* sp. (дивизма)

Ред Solanales

Фамилија CONVULVACEAE

Овој фамилији припада око 1 900 врста, из око 60 родова зељастих биљака, пузећег стабла, лијана и реће жбунова. Њихови **листови** су прости, наизменичног распореда, без залистака, најчешће цели или потпуно редуковани (код паразитских представника). **Цветови** су им двополни, актиноморфни, често појединачни, ређе у цвастима. Чаша је петочлана и задржава се након цветања. Круница је левкаста, из 5 сраслих листића - симпетална. И прашника је пет, сраслих за круницу. Гинецеум је синкарпан из 2-5 карпела. **Плод** је најчешће чаура, ретко је бобица. Представници ове фамилије често поседују биколатералне проводне снопиће. Типичан представник ове фамилије је *Convolvulus arvensis* (попонац), зељаста, вишегодишња пузајућа биљка са карактеристичним копљастим до елиптичним простим листовима и тубастим цветовима (Сл. 285а). Попонац је упоран коров због адвентивних пупољака на корену, што овој биљци омогућава веома успешно вегетативно размножавање. На влажнијим местима среће се *Convolvulus sepium* (дивљи ладолеж). Из ове фамилије као декоративна врста гаји се *Ipomoea tricolor* (ладолеж). У исхрани се користи тропска и суптропска биљка са јестивим коренским кртолама *Ipomoea batatas* (слатки кромпир). Овој фамилији припада и паразитска, често и коровска биљка *Cuscuta* (вилаина косица) - сл. 285б. Она се одликује жућкастом бојом услед одсуства хлорофила, нема листове, а петочлани цветови су јој сакупљни у збијене пршљенасте цвасти. Паразитира често на детелини, луцерки, коприви, врби, неким повртарским културама итд.



Слика 285. **Convolvulaceae**: а - *Convolvulus arvensis* (попонац); б - *Cuscuta* sp. (вилаина косица)

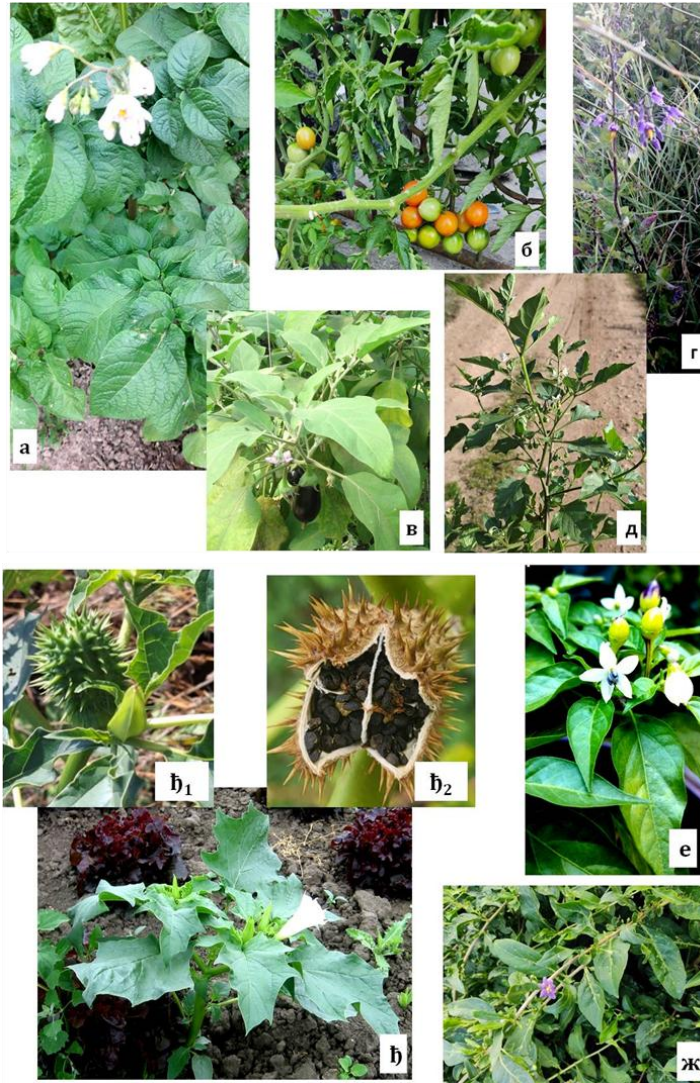
Фамилија SOLANACEAE

ФАМИЛИЈУ ПОМОЋНИЦА чини око 2 400 врста, сврстаних у око 100 родова. Представници ове фамилије су најчешће једногодишње и вишегодишње зељасте биљке, ретко дрвенасте. **Листови** помоћница су углавном прости, ређе сложени (кромпир, парадајз), без залистака, наизменично распоређени. **Цветови** су им појединачни или у цимозним цвастима, најчешће актиноморфне симетрије, двополни. Цветни омотач је двојан, и чашицу и круницу чини по 5 сраслих листића. Андрецеум такође чини 5 прашника, сраслих за круничну цев. Гинецеум је синкарпан из две карпеле. **Плод** је чаура или бобица. Занимљиво је истаћи да се код представника фамилије помоћница у стаблу налазе биколатерални проводни снопићи. Ове биљке се најчешће опрашују ентомофилно.

Иако је ова фамилија привредно веома значајна, велики број представника садржи различите алкалоиде што ове биљке чини веома отровним, док неке врсте имају примену и у медицини. Типичан род ове фамилије јесте *Solanum*, из кога су привредно најзначајније врсте: *Solanum tuberosum* (кромпир), *Solanum lycopersicum* (парадајз) и *Solanum melongena* (плави патлиџан) - сл. 286.

Кромпир, пореклом из Јужне Америке, је заправо вишегодишња зељаста биљка, којој кртола омогућава вишегодишњи живот. Међутим, пошто се се за потребе исхране користе кртоле богате скробом, животни циклус гајеног кромпира се прекида и гаји се као једногодишња биљка. Сви остали делови кромпира, као и његови плодови бобице, су отровни јер садрже алкалоиде. Парадајз (пореклом из Јужне Америке) и плави патлиџан (највероватније пореклом из Индије), гаје се због квалитетних јестивих плодова бобица, али њихови вегетативни делови су отровни јер такође садрже алкалоиде. Код нас је као коровска биљка у окопавинама изузетно чест *Solanum nigrum* (помоћница, кереће грожђе), отровна биљка, веома непријатног мириса. На влажнијим местима среће се и *Solanum dulcamara* (помоћница, разводник). Код нас се често гаји и *Capsicum annuum* (паприка), једногодишња биљка са јестивим плодовима бобицама (чији се перикарп сазревањем суши), различитог облика, боје и величине. Поред нутритивних вредности, важан лековити састојак паприке јесте алкалоид капсицин. Из ове фамилије, изузетан привредни значај има и *Nicotiana* sp. (дуван), зељаста биљка крупних простих, наизменично распоређених листова који се користе у дуванској индустрији јер су богати различитим етарским уљима, смоластим материјама и отровним алкалоидом никотином.

Као коровска и рудерална биљка из фамилије помоћница, код нас је честа отровна биљка са крупним белим звонастим цветовима, *Datura stramonium* (татула), веома интензивног и непријатног мириса, услед присуства алкаоида атропина, хиосциамина и скополамина.



Слика 286. **Solanaceae**: а - *Solanum tuberosum* (кромпир); б - *S. lycopersicum* (парадајз); в - *S. melongena* (плавн патлиџан); г - *S. dulcamara* (разводник); д - *S. nigrum* (помоћница); е - *Datura stramonium* (татула), ђ₁ - затворена чаура татуле, ђ₂ - отворена чаура; ж - *Capsicum annuum* (паприка); з - *Lycium halimifolium* (лицијум)

Међу најотровније биљке у нашој флори убрајају се два представника из фамилије Solanaceae, а то су ***Hyosциamus niger*** (буника), двогодишња биљка са зигоморфним цветовима и плодовима чаурама са поклопцем, садржи алкалоид хиосциамин, скополамин и атропин и ***Atropa belladonna*** (велебиље), са тамнољубичастим цветовима, отровна, али и лековита вишегодишња биљка, која садржи алкалоиде атропин, скополамин, хиосциамин, беладонин. Као украсна жбунаста биљка код нас се среће само ***Lycium*** sp. (лицијум, вучац, гоџи), који може да достигне висину до 3 m.

Ред *Apiales*

Фамилија *APIACEAE*

ФАМИЛИЈУ АРИАСЕАЕ (*UMBELLIFERAE*) чини преко 3 700 врста сврстаних у преко 400 родова, распрострањених већином у умереној зони. Овој великој фамилији припадају једногодишње, двогодишње и вишегодишње зељасте биљке (ређе жбунови или дрвеће). Стабла ових биљака имају чланковиту грађу, са јасно израженим нодусима. Иако зељасте, могу достићи висину и до 3 м (*Conium* sp.), услед добро развијеног механичког ткива – коленхима. **Листови** су им крупни, наизменично распоређени, најчешће са изразито перасто дељеном лиском и израженом лисном основом у форми моћног рукавца. У свим органима садрже секреторне канале и жлезде са доста секрета, специфичног састава и ароме. Услед тога ове биљке се веома често користе у кулинарству, али ипак неки представници могу бити веома отровни. Цветови представника фамилије Ариасеае су сакупљени у цвасти прости или сложене штитове па их називамо и **штитаре**. Понекад прост штит садржи збијене цветове кратких цветних дршки па наликује на главицу. На основу типа штита фамилија се дели у две потфамилије (*Saniculoideae* и *Apioidae*). Важно је напоменути да се често у нивоу сложеног штита код ових биљака налазе листићи инволукрума, а у нивоу сваког појединачног штитића, листићи инволуцелума. Њихово присуство и грађа важан су таксономски карактер приликом детерминације врста. **Цветови** биљака из фамилије Ариасеае су ситни, углавном актиноморфне симетрије (зигоморфни су по ободу штитова), петочлани, двојног перијанта и често мање или више редуковане чашице, углавном двополни, са 5 прашника и синкарпним гинецеумом од две карпеле. У цвету се углавном налазе нектарије које својим садржајем привлаче инсекте опрашиваче (ентомофилија). **Плод** је шизокарпијум.

Представници фамилије штитара имају изузетно важан привредни значај због својих хранљивих вредности и употребе у исхрани, међу којима се посебно издвајају: *Apium graveolens* (целер), типичан род ове фамилије, *Daucus carota* (шаргарепа), двогодишња зељаста биљка, која се гаји због репастог корена који образује у првој години, затим *Petroselinum sativum* (першун), *Pastinaca sativa* (паштрнак), *Levisticum officinale* (селен), *Anethum graveolens* (мирођија), *Foeniculum vulgare* (морач), *Carum carvi* (ким) итд. - сл. 287. Од коровских биљака, код нас су честе *Bifora* sp. (смрдуша), честа у окопавинама, *Caucalis* sp. (подланица), чест коров у стрним житима. Од коровско-рудералних биљака честа је *Anthriscus* sp. (красуљица), *Erynigium* sp. (котрљан) и *Conium maculatum* (кукута). Кукута је висока, изузетно отровна биљка, пегавог стабла и непријатног мириса, услед присуства отровних алкалоида кониина и коницеина.



Слика 287. **Апицеае**: а - *Apium* sp. (целер); а₁ - цвасти целера; б - *Daucus* sp. (шаргарепа), цваст; в - *Petroselinum* sp. (першун), в₁ - приземни листови першуна; г - *Levisticum officinale* (селен), лист; д - цвасти *Eryngium campestre* (котрљан); д₁ - приземни листови котрљана; е - *Conium maculatum* (кукута), е₁ - цвасти кукуте

Ред Asterales

Фамилија ASTERACEAE

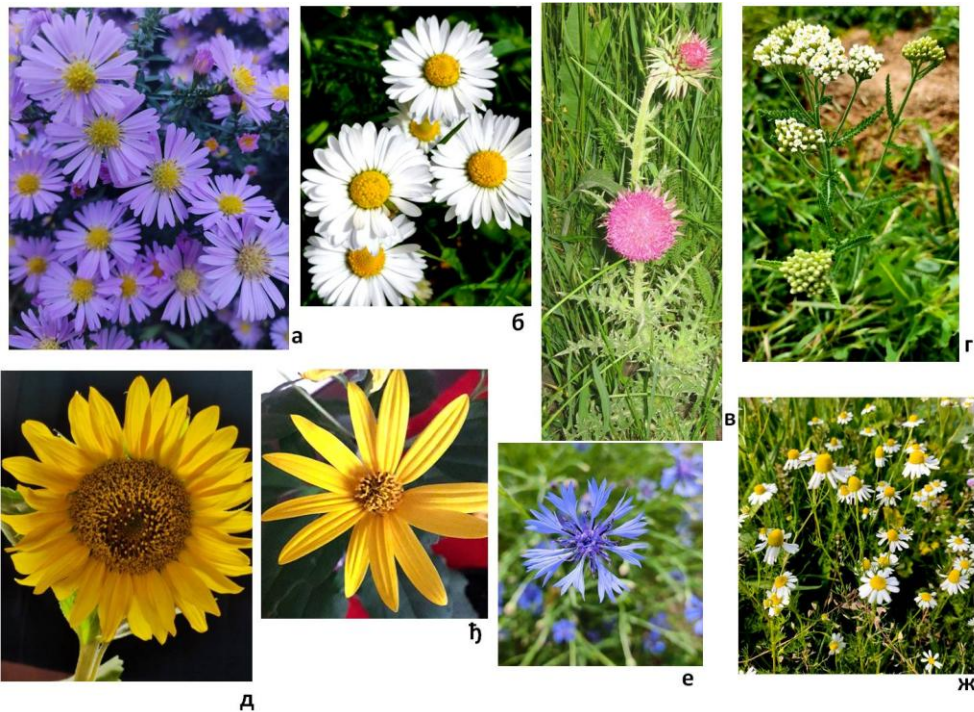
ФАМИЛИЈА ASTERACEAE (COMPOSITAE) је најбројнија фамилија скривеносеменица. Чини је око 33 000 врста (14,6% од укупног броја скривеносеменица), сврстаних у око 1900 родова, широко распрострањених, космополитских биљака. Постоји низ специфичности за представнике ове фамилије, али је једна од најкарактеристичнијих та што су им **цветови** сакупљени у просту рацемозну цваст – **главицу**, па их називамо **главичарке (главочике)**. Главичарке су најчешће једногодишње или вишегодишње зељасте биљке (ређе су жбунови, лијане или дрвеће). При основи цвасти главице налазе се листићи који чине општу чашицу или инволукрум. Такође, за главичарке је карактеристична појава **псеудантије**, односно „**лажног цвета**“, када цваст личи на појединачан цвет (нпр. бела рада, маслачак, звездан, камилица). Њихове главице су углавном многоцветне (ретко их чини један цвет) и често се главице даље, секундарно, групишу у сложеније цвасти.

Припадници ове породице имају развијене подземне изданке са јаким коренима и надземна стабла која могу да буду проста или граната. Понекад је надземно стабло појединачно и носи терминалну цваст. Може бити голо или прекривено наизменично распоређеним љуспама. **Листови** су им најчешће прости, без залистака, често су изразито дељени, наизменично распоређени (ретко су наспрамни), док је приземна розета готово обавезна. **Цветови** представника фамилије Asteraceae су углавном ситни, петочлани, актиноморфне или зигоморфне симетрије, двополни, једнополни или чак стерилни, постављени на више или мање задебљалој осовини. Комбинација једнополних, двополних и стерилних цветова у главицама веома варира код различитих врста и даје широки спектар варијабилних облика у организацији главице. Чашица је потпуно редукована или је чини најчешће чуперак од 5 длачица – папус. Круницу чини углавном 5 сраслих листића, па може бити цеваста, актиноморфне симетрије, или је језичаста или двоусната и тада је зигоморфне симетрије. Постоје и цвасти цветови који у својим завршним деловима имају различите израштаје и начин срastaња, те и цвасти цветови могу бити зигоморфни. Андрецеум чини 5 прашника који су срасли антерама, градећи цевчицу, кроз коју пролази стубић тучка (често подељен у два режња). Гинецеум је синкарпан, из две карпеле, подцветан. **Плод** је ахенија (врста синкарне орашице). Ахенија код великог броја врста носи папус, пореклом од редуковане чашице, тада је називамо *ципсела* (*cypsela*).

Фамилија Asteraceae, због огромног броја врста и разноликог изгледа, на првом месту грађе цвета, плода и цвасти, данас је организована у преко 12 потфамилија. Међутим, из практичних разлога, овде ћемо се држати традиционалне поделе на две велике потфамилије и то на: **Asteroideae (Tubuliflorae)** и **Cichorioideae (Liguliflorae)**.

ПОТФАМИЛИЈА ASTEROIDEAE (TUBULIFLORAE) – одликују их цевасте цветови (лат. *tubus* = цев) - сл. 288. Код представника ове потфамилије, разликујемо главице у којима се налазе само цевасте цветови или се цевасте цветови налазе у средишњем делу главице, а језичасти цветови по ободу. Поред описаног распореда типа цветова, у оквиру ове групе главчица јављају се и цветови различитог пола у региону цевастих или језичастих цветова. Представници ове потфамилије поседују секреторне канале са уљима, смолом, балзамом итд.

Родови чије главице чине само цевасте цветови су нпр: **Carduus** (стричак), крупна биљка са бодљама, честа на рудералним стаништима, **Cirsium** (паламида), чест коров у окопавинама, **Centaurea** (различак), код нас је честа коровска биљка у стрним житима *Centaurea cyanus*, а неке се гаје као украсне (нпр. *C. imperialis*).



Слика 288. **Asteraceae, Asteroideae (Tubuliflorae)**: а - *Aster* sp. (звездан); б - *Bellis perennis* (бела рада); в - *Carduus* sp. (стричак); г - *Achillea millefolium* (хајдучка трава); д - *Helianthus annuus* (сунцокрет); ђ - *Helianthus tuberosus* (чичока); е - *Centaurea* sp. (различак); ж - *Matricaria chamomilla* (камилица)

Род чије главице поседују цевасте и језичасте цветове је нпр. **Aster** (звездан), типичан род ове фамилије, са неколико стотина врста, по коме су ова фамилија и потфамилија и добила име. Затим **Bellis perennis** (бела рада, красуљак), веома честа врста код нас, на ливадама, травњацима, на рудералним стаништима; **Dahlia** sp. (георгина, далија), украсна биљка, затим **Calendula officinalis** (невен), украсна и лековита биљка. Овој групи

главичарки припадају и привредно веома значајне врсте као што су ***Helianthus annuus*** (сунцокрет), пореклом из Мексика, који се гаји као индустријска биљка за производњу уља. Његове главице, са фертилним цевастим цветовима у средишњем делу и жутим језичастим стерилним цветовима по ободу главице, достижу пречник и до 40 cm. Друга врста овог рода ***H. tuberosus*** (чичока), са знатно мањим главицама, гаји се због подземних кртола које су богате полисахаридом инулином, који се, поред сточне исхране, све више користи и у људској исхрани (посебно погодан за дијабетичаре). Као лековита биљка из ове потфамилије и групе главичарки, гаји се и ароматична биљка ***Matricaria chamomilla*** (камилица). Поред ове врсте, у Војводини су честе и врсте камилице (*M. inodora*, *M. suaveolens*, *M. tenuifolia*), које се могу јавити и као коровске биљке.

Овој потфамилији припада и повртарска врста ***Cynara scolymus*** (артичока), код које се за исхрану користе незреле главице, са меснатом осовином цвасти и доњим меснатим деловима инволукрума (пре цветања). Честа код нас је и лековита биљка ***Achillea millefolium*** (хајдучка трава, спориш), која расте на ливадама, пашњацима, поред путева, а њене ситне главице су сакупљене у секундарне штитолике цвасти. У ову групу припадају и инвазивне биљке (унешене врсте које се интензивно шире, угрожавајући аутохтону флору) које су честе коровске биљке, попут ***Erigeron canadensis*** (худолетница), ***Ambrosia artemisiifolia*** (амброзија) као и многе друге аутохтоне коровске биљке из родова: ***Senecio*** (костриш), ***Anthemis*** (прстенак), ***Xanthium*** (боца) итд.

ПОТФАМИЛИЈА CICHORIOIDEAE (LIGULIFLORAE) – одликују се само језичастим петочланим цветовима у главици и присуством чланковитих млечних цеви са млечним соком, који често има лековито дејство (Сл. 289). Овој потфамилији припада ***Cichorium intybus*** (водопија, женетрга, цикорија), вишегодишња зељаста биљка са плавим језичастим цветовима у главици, честа поред путева, на запуштеним местима, али расте и на ливадама и пашњацима. Јестива је (посебно млади листови), а њен корен служи као сурогат за кафу. Овој биљци сродна је и ***C. endivia*** (ендивиа), пореклом из Индије, која се гаји за исхрану широм Европе. Привредно веома значајна је и ***Lactuca sativa*** (салата), једногодишња биљка чији се млади листови користе у исхрани. Поред гајене салате, код нас је честа и коровска врста овог рода ***L. serriola*** (дивља салата). Овој потфамилији припада врста која расте често на ливадама и пашњацима, али и на рудералним стаништима, ***Taraxacum officinale*** (маслачак), јестива и лековита биљка. Из ове потфамилије, у нашој флори, честе су коровске биљке из родова: ***Sonchus*** (горчика), ***Crepis*** (чекињуша), ***Tragopogon*** (козобрад), ***Leontodon*** (лављи зуб) итд.



Слика 289. **Asteraceae, Cichorioideae (Liguliflorae)**: а - *Cichorium intybus* (водопија); б - *Taraxacum officinale* (маслачак); в, в₁ - *Lactuca sativa* (салата); г, г₁ - *Sonchus sp.* (горчика)

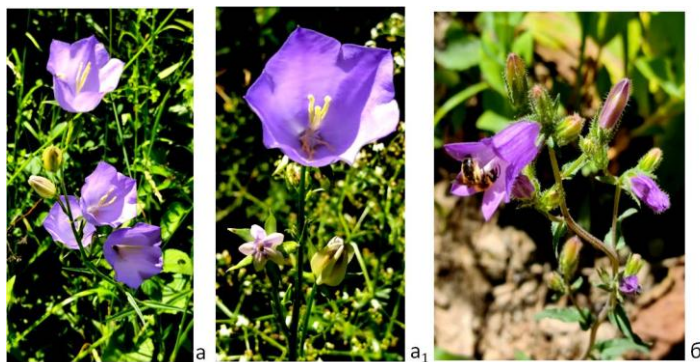
Фамилија **CAMPANULACEAE**

ФАМИЛИЈУ ЗВОНЧИЋА (лат. *campana* – звоно) чини преко 2 300 врста, сврстаних у око 80 родова, широко распрострањених у умереним и суптропским подручјима. То су најчешће једногодишње или вишегодишње зељасте биљке са простим, наизменично распоређеним **ЛИСТОВИМА**, без залистака. **ЦВЕТОВИ** су им релативно крупни, живо обојени, углавном актиноморфни, ређе зигоморфни, петочлани, двополни и груписани у цвасти (ретко појединачни).

Листићи чашице и крунице су срасли па цвет подсећа на звончић. Прашника је најчешће 5, гинецеум је синкарпан, од 2-5 карпела.

Плод је чаура (ређе бобица) покривена остацима чашице.

Представници фамилије Campanulaceae



Слика 290. **Campanulaceae**: а, а₁ - *Campanula persicifolia* (звончић); б - *Campanula sibirica* (звончић)

поседују чланковите млечне цеви и карактеришу се фономеном „секундарне презентације полена“ који спречава самоопрашивање (модел који директно зависи од учесталости посете полинатора). Типичан род је *Campanula* (звончић), са више врста које су карактеристичне за брдске и планинске ливаде. Код нас су честе врсте *Campanula persicifolia*, *Campanula sibirica* и др. - сл. 290.

Ред Dipsacales

Фамилија DIPSACACEAE

ФАМИЛИЈУ DIPSACACEAE чини само 290 врста које су сврстане у 11 родова. То су већином једногодишње или вишегодишње зељасте биљке (ређе жбунови), наспрамно распоређених, простих **листова**, без залистака. **Цветови** су им сакупљени у главичасте цвасти са брактејама који чине инволукрум, па подсећају на главичарке (Asteraceae). Цветови су им двополни, четворочлани или петочлани, зигоморфни. Типична чашица најчешће није развијена, углавном су јој листићи срасли или су код неких представника у облику

чуперка длачица (папус). Круницу граде срасли листићи, па је често цеваста или чак двоусната. Прашника је 4, причвршћени су за круничну цев. Гинецеум је синкарпан, из две карпеле. **Плод** је синкарпна орашица, са остацима чашице (задржава се постфлорално).

Типичан род ове фамилије је *Dipsacus* (чешљуга) - сл. 291а.

Из овог рода, код нас су честе врло робусне и бодљикаве врсте чији листови основом срастају (гамофилија), *D. silvestris* и *D. laciniatus*. У нашој флори честа је и *Knautia arvensis* (плава удовица) – сл. 291б, као и већи број врста рода *Scabiosa* (удовичица), које расту на ливадама, пашњацима, али и као корови.



Слика 291. **Dipsacaceae**: а - *Dipsacus laciniatus* (чешљуга); б - *Knautia arvensis* (плава удовица)

МОНОКОТИЛЕ

МОНОКОТИЛЕ (LILIPDAE) чине око 22% свих скривеносеменица са око 56 000 врста. Обухватају различите представнике између којих постоје бројни прелазни облици, који их међусобно повезују, што указује да њихово заједничко монофилетско порекло. Претпоставља се да је њихово прилагођавање одређеним условима спољашње средине, као и њихово порекло, имало за последицу значајне промене у грађи вегетативних органа и довело до поједнастављења њихове унутрашње грађе. Насупрот томе, диверзитет цветова, код ове еволуционе линије, говори о изузетним могућностима прилагођавања условима средине, али и опрашивачима (полинаторима), што говори о изузетном потенцијалу ове еволуционе линије. Иако се међусобно разликују, већина монокотила ипак има одређене заједничке карактеристике, као што су: клица са једним клициним листићем (котиледоном), жиличаст коренов систем, радијални проводни снопић полиархног типа у корену, углавном су зељасте биљке чије стабло секундарно не дебља, у стаблу се налазе колатерални затворени проводни снопићи, листови су прости, често седећи, најчешће са паралелном нерватуром. Монокотиле су углавном дефинисане трочланом грађом цвета и општом цветном формулом $P_{3+3} A_{3+3} G_{(3)}$. Међутим, сматра се да ова карактеристика представља особину предака. Цветни омотач је најчешће прост, хомохламидан перигон, а цветови су често ситни и сакупљени у цвасти.

Данас су монокотиле дефинисане као трећа еволуциона линија и припадају надреду *Lilianaе* (Симпсон, 2019). Деле се на **монокотиле „не – Commelinidae“** и **монокотиле „Commelinidae“**, обухватајући укупно 12 редова са 88 фамилија. У овом делу биће обрађено 13 фамилија.

Надред *Lilianaе*

Ред *Alismatales*

Фамилија **ALISMATACEAE**

ФАМИЛИЈА ALISMATACEAE обухвата 15 родова са близу 90 врста. Припадају јој вишегодишње зељасте, водене и мочварне биљке, са кртоластим луковицама или ризомима. Ове биљке поседују добро развијен аеренхим и шизогене секреторне канале са млечним соком у вегетативним органима као и водене стеме. Распрострањене су широм света, посебно у умереним областима северне хемисфере.

Листови су прости, са лисном дршком (ређе седећи), развијени при основи стабла, усправни (ретко пливајући или потопљени), спирално распоређени, са паралелном или мрежастом нерватуром. Често је присутна хетерофилија, када се на одраслим биљкама листови разликују обликом (линеарни и копљастии или јајолики). Често образују зимске пупољке (турионе). **Цветови** су актиноморфни, најчешће двополни, углавном са цветном дршком,

развијени у пазуху брактеја. Перијант је хетерохламидан, грађен од 3 чашична и 3 крунична листића. Прашника је најчешће 6, слободни су или груписани у парове. Гинецеум је апокарпан, грађен од 3 или више карпела. Цветови су сакупљени у сложене, врло гранате цвасти (грозд или метлицу која понекад подсећа на штит). Плод је орашица, слободна или је више њих срасло при основи.

У нашој флори присутне су емерзне врсте *Sagittaria sagittifolia* (стрелица) и *Alisma plantago-aquatica* (водена боквица) које расту у приобалном делу водених и мочварних екосистема (Сл. 292). Поједини представници ове фамилије, у неким деловима Азије и Европе, користе се за исхрану (листови, ризоми) и у медицинске сврхе због својих лековитих својстава, док се друге гаје као украсне водене биљке.



Слика 292. Alismataceae: а - *Sagittaria sagittifolia* (стрелица); б - *Alisma plantago-aquatica* (водена боквица)

Фамилија ARACEAE

ФАМИЛИЈА ARACEAE обухвата 123 рода са преко 4 000 врста. Ово су зељасте, вишегодишње копнене и водене биљке различитих животних форми (лијане, епифите, геофите). Биљке формирају кртоле, кртоласте ризоми, кртоласте луковице или имају редуковано стабло што је случај код неких водених биљака (нпр. *Lemna* sp., *Wolffia* sp.). Корен нема коренове длачице и често је микоризан (у симбиози са гљивама). Представници фамилије Агасеае углавном су распрострањени у тропским и суптропским регионима.

Листови су прости, са мрежастом или перастом нерватуром (ретко паралелном), спирално распоређени, углавном крупни, различитог облика (срцасти, копљасти, ланцетасти, линеарни), понекад јако дељени, често са лисним залисцима. Лисна плоча, неких врста ове фамилије, је дубоко дељена или су присутне шупљине због неједнаког раста листа (нпр. *Monstera* sp.), а код неких представника присутна је и хетерофилија. Уместо лисне дршке, развијен је лисни рукавац. **Цветови** су ситни, актиноморфни, седећи, двополни или једнополни, понекад непријатног мириса. Перијант је прост,

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

двојан, грађен од 4 или 6 листића. Прашника је најчешће 4, 6 или 8, распоређени у два круга, са широким и кратким филаментима. Могу бити слободни или срасли. Гинецеум је синкарпан, најчешће изграђен од 3 или 2 карпеле. Цветови су углавном груписани у цваст клип, често у пазуху обојене брактеје (спата), или су редуковани на 1–4 цвета у малој кесици (нпр. код *Lemna* sp.) - сл. 293б. **Плод** је бобица.

Типичан представник ове фамилије је род *Arum* (козлац), зељаста вишегодишња биљка (са ризомом), која код нас најчешће расте на засенченим местима у листопадним шумама. У воденим екосистемима, код нас су честе ситне пливајуће хидрофите из рода *Lemna* (сочивица): *Lemna minor* (мала сочивица), *L. trisulca* (троугласта сочивица) и *L. gibba* (грбава сочивица), које формирају густе „покриваче“ на воденој површини. Неке од њих, као што је *L. minor*, могу се користити као сточна храна, за пречишћавање отпадних вода, а поседује и лековита својства.



Слика 293. **Araceae**: а - *Lemna minor* (мала сочивица); б - *Lemna gibba* (грбава сочивица) са цветом; в - *Amorphophallus rivieri*; г - *Alocasia* sp.; д - *Eriprenum* sp.; њ - *Spathiphyllum* sp.; е - цваст

Интересантно је поменути да овој фамилији припада и *Wolffia arrhiza* (волфија), јединствену по томе што има најмање цветове међу скривеносеменицама. Са друге стране, овој фамилији припада и род *Amorphophallus*, отровна биљка карактеристична по томе што образује огромну цваст у пазуху врло крупне спате (Сл. 293в). Из ове фамилије код нас се, као украсне биљке, најчешће гаје врсте из родова: *Alocasia* (адам), *Epipremnum*, *Dieffenbachia* (дифенбахија), *Anthurium*, *Caladium*, *Philodendron* (филодендрон) и *Spathiphyllum* (Сл. 293).

Ред Liliales

Фамилија LILIACEAE

ФАМИЛИЈА LILIACEAE (ЉИЉАНИ) припада 15 родова са преко 600 врста. Обухвата вишегодишње, зељасте биљке које формирају луковице, ризоме или кртоле. Представници ове фамилије насељавају степе и планинске ливаде умерених и суптропских региона северне хемисфере.

Листови су прости, линеарни до јајасто-ланцетасти, са паралелном нерватуром, углавном седећи, често при основи стабла или дуж стабла најчешће наизменично распоређени. Лисна основа је често разрасла и обавија стабло.

Цветови су углавном двополни, актиноморфни (ретко слабо зигоморфни), код неких представника развијени у пазуху брактеја. Цветни омотач је хомохламидан, круницолик перигон, изграђен од 6, најчешће слободних листића или су понекад срасли у цев. Цветови поседују нектарије при основи перигона. Прашника је углавном 6. Гинецеум је синкарпан, надцветан, грађен од 3 карпеле. Цветови су најчешће сакупљени у гранате терминалне цвасти (понекад грозд или штит), ретко су појединачни. **Плод** је чаура или бобица.

У флори Србије присутни су представници родова *Lilium* (љиљан), *Tulipa* (лала), *Gagea* (балочче), *Fritillaria* (коцкавица) и *Erythronium* (пасји зуб), а неке од врста ове фамилије су и законом заштићене код нас (нпр. *Lilium martagon*, *Tulipa serbica*, *T. hungarica*, *T. scardica*, *Gagea minima*, *Fritillaria montana*). Привредни значај имају таксони из родова *Lilium* и *Tulipa*, значајни са аспекта хортикултуре и пејзажне архитектуре који се гаје као украсне баштенске биљке (Сл. 294). Гајење врста рода *Tulipa*, у баштама и парковима, датира још од средњег века.



Слика 294. **Liliaceae**: а - *Tulipa* sp. (лала); б - цвет

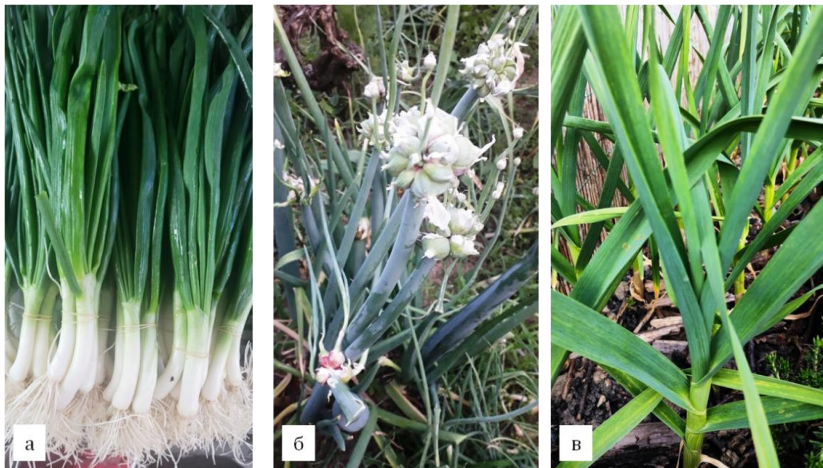
Ред *Asparagales*

Фамилија **АЛЛИАСЕАЕ**

ФАМИЛИЈА АЛЛИАСЕАЕ (ЛУКОВИ) обухвата 13 родова са око 800 врста. Ово су углавном вишегодишње, зељасте биљке са луковима, ређе са ризомима. Због присуства алилсулфида, биљке имају карактеристичан мирис. Лукови су широко распрострањени на обе хемисфере осим у тропским областима, Аустралији и Новом Зеланду.

Листови су прости, најчешће линеарни или цевести, са паралелном нерватуром, спирално распоређени и обично развијени при основи стабла које обавијају. **Цветови** су двополни, актиноморфни, ретко зигоморфни, најчешће са круниколиким перигоном грађеним од 6 листића који могу бити слободни или ређе срасли у цев (понекад образују паракоролу). Цветови се налазе на дршкама, сакупљени у привидни штит (ретко су цветови појединачни). Штит је обавијен са две или више брактеја које граде специфичну врсту спате. Прашника је 6, а код неких представник су три стерилна. Гинецеум је синкарпан, изграђен од 3 карпеле. **Плод** је чаура.

На Балканском полуострву фамилија је заступљена родом *Allium* (лук) који, поред самониклих врста, обухвата и важне повртарске и зачинске биљке које се користе у исхрани као што су: *Allium cepa* (црни лук), *A. sativum* (бели лук), *A. porrum* (празилук) и *A. schoenoprasum* (влашац) - сл. 295. Многе од њих имају и лековита својства, док се неке врсте користе као украсне (нпр. *A. giganteum* – гигантски лук). Неке врсте лукова су ендеми појединих области Балканског полуострва, а поједине ливадске врсте су код нас и законом заштићене (нпр. *A. cyrilli*, *A. fuscum*, *A. rhodopeum* и др.).



Слика 295. **Alliaceae**: а - *Allium cepa* (црни лук); б - надземне луковике црног лука; в - *Allium sativum* (бели лук)

Фамилија AMARYLLIDACEAE

ФАМИЛИЈУ AMARYLLIDACEAE чини око 60 родова са око 800 врста. Ово су вишегодишње, зељасте биљке са кртолама или луковима. Распрострањене су углавном у тропским и суптропским областима, посебно на јужној хемисфери.

Листови су линеарни, седећи, развијени при основи стабла где формирају лисну розету. **Цветови** су обично крупни, двополни, актиноморфни или незнатно зигоморфни. Цветни омотач је круниколок перигон, изграђен од 6 листића који могу бити слободни или срastaју у цев. Код појединих представника (нпр. нарцис - *Narcissus* sp., висабаба - *Galanthus* sp.), на врху цеви врло често је развијена и лажна круница – паракорола. Паракоролу чине срасли језичасти израштаји који штрче у виду прстенасте или пехарасте творевине. Цветови поседују нектарије. Могу бити појединачни, али су углавном сакупљени у цимозне цвасти при чијој се основи налазе две или више, слободних или базално сраслих, брактеја. Прашника је 6, филаменти су им слободни или су, при основи, срасли у цев. Гинецеум је синкарпан, грађен од 3 карпеле. **Плод** је чаура или ређе бобица.

Код нас је честа биљка *Galanthus* sp. (висабаба) која цвета у рано пролеће, а гаји се и као украсна. Поред ње, фамилија обухвата и велики број других украсних биљака које се гаје због облика, боје и мириса цветова као што су: *Narcissus* sp. (нарцис), *Amaryllis* sp. (амарилис), *Zephyranthes* sp. (кишни љиљан), *Crinum* sp. (водени љиљан) и многе друге (Сл. 296). У вегетативним органима, посебно у луковима, садрже различите алкалоиде (нпр. нарцисидин, ликорин, галантине и др.) па се поједине врсте користе и у медицинске сврхе. Поред поменутих, у нашој флори присутан је и род *Leucojum* (дремовац) са свега две врсте *L. vernum* и *L. aestivum*, које углавном расту на периодично поплављеним низијским ливадама дуж река. Бројни антропогени утицаји довели су до угрожености популација ове две врсте на многим локалитетима у Србији.



Слика 296. **Amaryllidaceae**: а - *Amaryllis* sp. (амарилис); б - *Galanthus nivalis* (висабаба); в - *Narcissus* sp. (нарцис)

Фамилија CONVALLARIACEAE

ФАМИЛИЈА CONVALLARIACEAE обухвата 17 родова углавном копнених зељастих, најчешће вишегодишњих биљака са ризомима или кртолама и кончастим (ретко меснатим) кореном. Понекад живе и као епифите (на другим биљкама). Распрострањене су углавном на подручју Евроазије, Северне и Централне Америке.

Листови су прости, цели, седећи (ређе са лисном дршком), наизменично, наспрамно или пршљенасто распоређени, различитог облика (линеарни, копљасти, дугуљасти, јајасти, понекад срцасти), паралелне нерватуре са неколико јаче развијених нерава (ређе са лучном нерватуром). Листови су развијени при основи или дуж стабла.

Цветови су двополни (ретко једнополни), актиноморфни, усправни или viseћи,



Слика 297. **Convallariaceae**: а - *Convallaria majalis* (ћурђевак); б - *Polygonatum odoratum* (зализ)

често сакупљени у вршне или пазушне цвасти (гроздове, класове, метлице) или су цветови појединачни, развијени у пазуху листова. Перијант је прост, грађен углавном од 6 или 4 листића сраслих у цев, ређе су листићи слободни. Прашника је најчешће 6, слободних или су срасли у цев. Гинецеум је синкарпан, грађен најчешће од 3 карпеле. Тучак је са режњевитим, главичастим или штитастиим жигом (ретко је седећи). Често су присутне и нектарије у цвету. **Плод** је бобица, чаура или коштуница.

Код нас је честа врста *Convallaria majalis* (ћурђевак) која расте у светлим листопадним и четинарским шумама, на шикарама, на брдским ливадама, речним насипима (Сл. 297а). Због својих лековитих својстава, користи се у медицини и фармацеутској индустрији, али треба напоменути да, због присуства гликозида и алкалоида, има и отровна својства. Често се гаји као украсна биљка. У приземним спратовима шума и у шикарама, расту врсте рода *Polygonatum* (зализ) који је код нас присутан са свега четири врсте (*P. latifolium*, *P. multiflorum*, *P. odoratum* и *P. verticillatum*) – сл. 297б.

Фамилија IRIDACEAE

ФАМИЛИЈА IRIDACEAE (ПЕРУНИКЕ, ИРИСИ) обухвата 66 родова са преко 2 100 врста. Ово су углавном вишегодишње зељасте биљке са ризомима или кртолама (ређе луковицама). Надземно стабло је углавном добро развијено, мада има и представника чије је стабло једва приметно (нпр. код рода *Crocus*

– шафран). Перунике су широко распрострањене у тропским, суптропским и умереним областима.

Листови су зимзелени или листопадни, прости, углавном линеарни, пљоснати, уски, седећи или са лисним дршкама, ободом цели, наизменично распоређени. Лисна плоча има секреторне шупљине које садрже слуз. **Цветови** су

двополни, актиноморфни или зигоморфни, понекад седећи, појединачни и терминални, или груписани у различите типове цвасти (често монохазијум - лепеза или увојак), обавијене спатом. Цветни омотач је круниколик перигон

изграђен од 6 листића распоређених у два круга, који могу бити слободни или пак срасли у цев. Код неких врста, листићи унутрашњег круга су много мањи или се разликују обликом од спољашњих листића перигона. Прашника је најчешће 3. Гинецеум је синкарпан, изграђен од 3 карпеле. Тучак је већином са троделним жигом чији режњеви могу бити широки, дељени, живо обојени као перигон. **Плод** је чаура.

Типичан представник ове фамилије је род *Iris* (перуника). Многе врсте овог рода су, из области Медитерана, донешене у Средњу и Северну Европу. Једна од честих врста код нас је *Iris pseudoacorus* (барска перуника) која самоникло расте на влажним и плавним местима. Често се, као баштенска биљка, гаји врста *I. germanica* (баштенска перуника) - сл. 298а. Од неких врста рода *Iris* користи се очишћен и осушен ризом у производњи парфема јер садржи етарско уље које даје пријатан мирис сличан мирису љубичице. Овој фамилији припадају и родови *Crocus* (шафран), чије врсте самоникло расту у планинским пределима, и *Gladiolus* (гладиола) које се често гаје као декоративне биљке (Сл. 298б). Поједине врсте ових родова су законом заштићене у Србији (*Iris sibirica*, *Crocus banaticus*, *C. rujanensis*, *Gladiolus palustris* и друге).



Слика 298. **Iridaceae**: а - *Iris* sp. (перуника); б - *Gladiolus* sp. (гладиола)

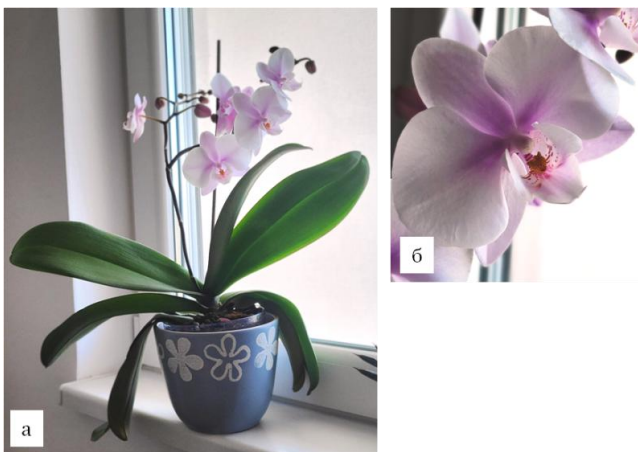
Фамилија ORCHIDACEAE

ФАМИЛИЈА ORCHIDACEAE (ОРХИДЕЈЕ) је једна од највећих фамилија цветница. Обухвата око 28 000 врста, сврстаних у око 800 родова, што чини око 12% свих скивеносеменица. Овој фамилији припадају вишегодишње, копнене,

зељасте биљке, као и епифите које живе на површини других биљака, и сапрофите које се хране угинулом органском материјом. Копнене врсте поседују ризоми или кртоле, док епифите образују ваздушне корене. Орхидеје имају космополитско распрострањење (нема их на глечерима и на Антарктику), а најбројније су у тропским и суптропским областима.

Листови су им прости, цели, са лисним рукавцем, обавијају стабло, најчешће су наизменично распоређени. Код епифита и сапрофита листови су редуковани (љуспасти). **Цветови** су зигоморфни, најчешће двополни. Цветни

омотач је круниолик перигон, грађен из 6 листића распоређених у два круга. Непарни доњи листић перигона се често разликује по облику, величини, боји и гради тзв. **усну** (*labellum*) која служи за слетање опрашивача, а може бити издужена у дугачку **остругу** (*calcar*). Прашника је 1 или 2. Поленова зрна су ретко слободна, већ формирају тетраде, које могу бити



Слика 299. **Orchidaceae**: а - *Phalaenopsis* sp.; б - цвет

уједињене у тзв. полинију. Цветови могу бити појединачни или сакупљени у цваст (грозд, метлица, клас). Плодник је синкарпан. Стубић тучка срастао је са прашницима. Цветови обично поседују нектарије. Опрашују се најчешће ентомофилијом и често је једна врста инсеката специфична за само једну врсту орхидеја. Неке орхидеје поседују специфичне адаптације за опрашивање (нпр. визуелну и хемијску мимикрију, усну у облику кесице и др.). **Плод** је чаура, ређе бобица.

Орхидеје су познате по богатству таксона, комплексној екологији и великом броју угрожених врста. Поједине врсте орхидеја поседују лековита својства, а многе се гаје као украсне собне биљке укључујући и неке значајне родове са аспекта хортикултуре: **Orchis** (каћун), **Cypripedium** (госпина папучица), **Oncidium**, **Cattleya**, **Dendrobium**, **Paphiopedilum**, **Phalaenopsis** (Сл. 299). Све врсте орхидеја су код нас законом заштићене (*Cephalanthera longifolia*, *Neottia nidus-avis*, *Orchis morio*, *O. purpurea*, *O. simian* итд.). Интересантно је напоменути да се у овој фамилији налази и **Vanilla planifolia** (ванила) која води порекло из Мексика, а користи се у кулинарству као зачин због својих ароматичних својстава.

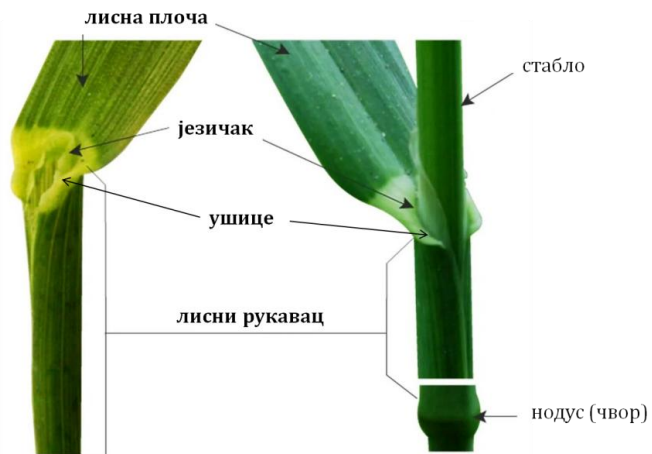
Ред Poales

Фамилија РОСЕАЕ

ФАМИЛИЈА РОСЕАЕ (GRAMINEAE) – ТРАВЕ, богата је врстама и обухвата око 700 родова са преко 11 000 врста космополитског распрострањења. Масовно развиће достижу у умереној зони где граде посебан тип вегетације (ливаде, степе, саване и прерије). Ово су једногодишње или вишегодишње (ређе двогодишње) зељасте биљке. Вишегодишње траве поседују добро развијене ризоме помоћу којих се вегетативно размножавају. Коренов систем је жиличаст. Стабло је округло, усправно или пузеће (у доњем делу), у интернодијама углавном шупље (изузев *Zea mays* – кукуруз), изразито чланковито са јасно израженим нодусима (чворовима). Траве имају специфичан начин гранања - **бокорење**, које се одвија испод или непосредно изнад површине земље, из специфичних места која се називају чворови бокорења. Чворове бокорења чини неколико збијених чворова који образују пуполке, из којих се развијају надземни изданци, због чега траве имају бусенасту форму.

Листови су прости, цели, најчешће уски, линеарни, седећи, наизменично распоређени са изразито паралелном нерватуром. Лист се састоји од лисног рукавца и лиске. Лисни рукавац обавија део интернодије стабла, а на горњем делу прелази у дугу линеарну лиску (лисну плочу) - сл. 300. На прелазу између рукавца и лиске, налази се опнаста творевина – **језичак** (*ligula*) који

належе уз интернодију, а по облику и величини може бити различит те има таксономски карактер. Код неких врста, уместо језичка се налази венац длачица. Ободи рукавца, на месту одвајања лиске, обично образују с обе стране српасте, линеарне, безбојне или антоцијаном обојене **ушице** (*auricule*), које више-мање обухватају стабло.

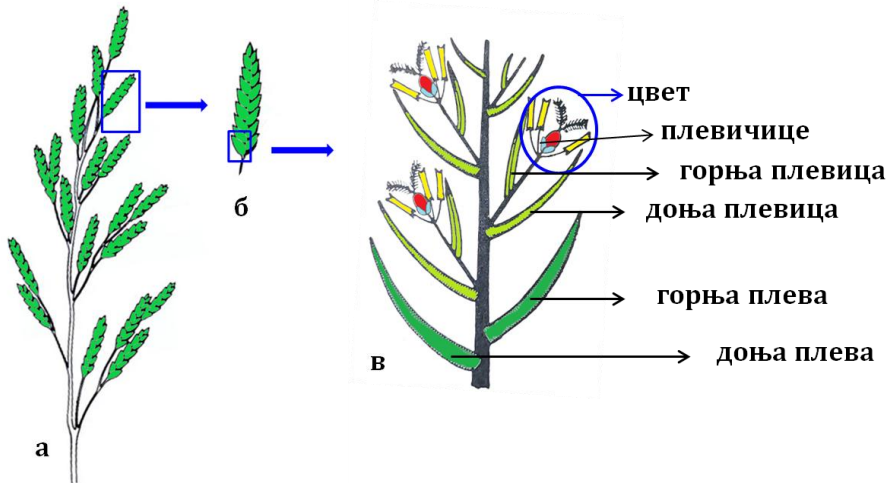


Слика 300. Грађа листа трава

Цветови су ситни, двополни (ретко једнополни). Перијант је јако редукован или га уопше нема. Цветови су сакупљени у једноцветне или вишецветне класиће (дихазијуме), а класићи у различите типове сложених рацемозних цвасти (најчешће сложен клас и сложен грозд - метлицу). Сваки класић има

СИСТЕМАТИКА БИЉАКА

кратку осовину при чијој основи су развијена обично два листића - **плеве**, а разликују се **горња** (*glumae superior*) и **доња плева** (*glumae inferior*) - сл. 301.



Слика 301. Грађа цвета и цвасти трава: а – цваст; б – класић; в - шематски приказ класића са три цвета

У нивоу цвета, налазе се такође два листића - **плевнице**, а разликују се **горња** (*palea superior*) и **доња плевница** (*palea inferior*). Доња плевница се често завршава **осјем** (*arista*). Интересантно је напоменути да је плевница пореклом од рукавца, а осје је заправо редукована лиска. Осје може бити различите дужине, каткад савијено, а карактеристично је за поједине представнике фамилије трава (нпр. раж, јечам, мухар). У пазуху горње плевнице причвршћен је цвет са два кожаста, прозирна листића – **плевичице** (*lodiculae*) које се налазе у нивоу плодника тучка. Плевичице у време цветања бубре и размичу плевнице. Прашника је најчешће 3, ређе само један (нпр. *Festuca* - вијук). Гинецеум је синкарпан, грађен од 2 карпеле. Тучак има два краћа стубића, који носе дугачке перасте жигове, а код неких врста су жигови седећи. **Плод** је крупа (пшено, зрно или *cariopsis*), већином обавијена плевницама (понекад и плевама, ретко слободна).

Важно је напоменути да постоји више теорија о пореклу цвета трава. Највероватније се ради о постепеној редукацији типичног трочланог цвета монокотила. Такође, поред описане најчешће грађе цвета, постоје траве код којих долази до извесних одступања (у броју плева, осја, плевичица, прашника итд.). За систематско рашчлањивање фамилије трава, од нарочитог значаја су грађа: класића, плевичица, крупе, клице као и анатомска грађа листа.

Многе траве су познате као корисне биљке и имају најважнији економски и привредни значај, јер обухватају бројне врсте које се гаје за исхрану људи и животиња као што су: ***Triticum*** sp. (пшеница), ***Zea mays*** (кукуруз), ***Secale*** sp. (раж), ***Hordeum vulgare*** (јечам), ***Avena*** sp. (овас), ***Panicum*** sp. (просо), ***Oryza sativa*** (пиринач) итд. (Сл. 302).



Слика 302. **Poaceae**: а - *Triticum* sp. (пшеница); б - *Zea mays* (кукуруз); в - *Secale* sp. (раж); г - *Hordeum vulgare* (јечам)

Поред тога, бројне траве се користе за формирање травнатих површина, као заштита од ерозије, као украсне врсте и др., као што су: *Poa* sp. (ливадарка), *Lolium* sp. (љуљ), *Festuca* sp. (вијук) и друге. Многе траве су честе коровско-рудералне врсте: *Agropyrum* sp. (пиревина), *Cynodon* sp. (зубача), *Sorghum* sp. (дивљи сирак), *Dactylis* sp. (јежевица), *Bromus* sp. (класача), *Hordeum murinum* (дивљи јечам), *Setaria* sp. (мухар) - сл. 303.

Поред наведених, широко распрострањена врста, која насељава обале водених екосистема, је *Phragmites communis* (трска) - сл. 304. Користи се као грађевински материјал, али је постала и веома актуелна у системима за пречишћавање отпадних вода (тзв. мокра поља, вештачке мочваре). Овој фамилији припада и род *Bambusa* sp. (бамбус) распрострањен углавном у тропским и суптропским областима. Поједине врсте овог рода могу достићи висину и преко 40 m. Код нас се користи као деоколативна биљка.



Слика 303. **Поасеае:** а - *Agropyrum* sp. (пиревина); б - *Hordeum murinum* (дивљи јечам); в - *Synodon* sp. (зубача); г - *Dactylis* sp. (јежевица); д - *Setaria* sp. (мухар); ж - *Bromus* sp. (класача)



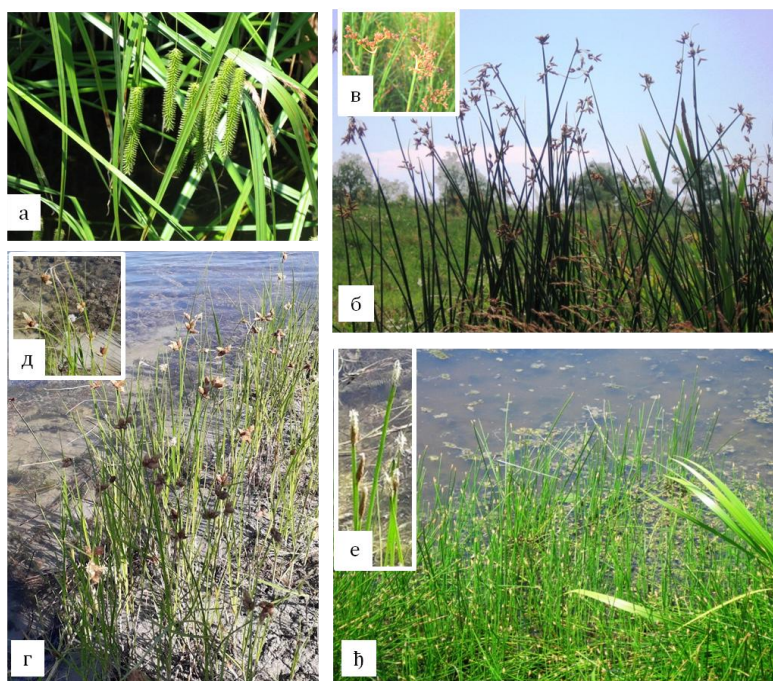
Слика 304. **Поасеае:** а - *Phragmites communis* (трска); б - цваст

Фамилија СУРЕАСЕАЕ

ФАМИЛИЈА СУРЕАСЕАЕ (ОШТРИЦЕ, ШАСHEВИ) обухвата преко 90 родова са око 5700 врста. Ово су зељасте, углавном вишегодишње, бусенасте биљке са ризомима, столонима или луковицама. Надземно стабло је обично тространо и голо, са чврстом сржи. Суреасеае су распрострањене на различитим типовима станишта, а посебно преферирају влажне и мочварне ливаде широм света, посебно у умереним регионима.

Листови су прости, цели, уски, спирално распоређени, са паралелном нерватуром, обавијају стабло цевастим рукавцем. Доњи листови код већине врста сведени су на овојнице. **Цветови** су ситни, једнополни или двополни, актиноморфни, ахламидни или са јако редукованим перијантом у виду длачица. Прашника је углавном 3. Гинецеум је синкарпан, грађен најчешће од 2 или 3 карпеле. Цветови су груписани у класиће (сваки обавијен брактејом) који граде сложеније класолике, метличасте или пак главичасте цвасти. Оштрице се углавном опрашују ветром. **Плод** је синкарпна орашица.

Типичан представник ове фамилије је род *Cyperus* (пероњика). Овај род је код нас заступљен са малим бројем врста, а честа је *C. fuscus* која самоникло расте на влажним ливадама и по обалама водених екосистема, док је врста *C. serotinus* ретка и угрожена код нас. Привредни значај овог рода је ограничен на врсте које се, у појединим областима, користе за израду различитих предмета (простирки, корпи итд.), материјала за писање попут *C. papyrus* (папирус), док су друге лековите, украсне или коровске биљке у усевима. Овој фамилији припада и род *Carex* (оштрица) посебно разноврстан врстама (око 2000 врста), које често расту на влажним ливадама и мочварним стаништима, а код нас је веома честа врста *C. pseudocyperus* (оштрик) - сл. 305а. Поред ова два рода, из ове фамилије се код нас јављају и бројне друге самоникле емерзне биљке присутне у приобалним деловима водених екосистема: *Schoenoplectus* sp. (облић), *Bolboschoenus* sp. (зука), *Eleocharis* sp. (зуква) и *Scirpus* sp. (вежљика) - сл. 305.



Слика 305. **Суперасеае**: а - *Carex pseudocyperus* (оштрик); б - *Schoenoplectus lacuster* (обични облић); в - цваст; г - *Bolboschoenus maritimus* (висока зука); д - цваст; њ - *Eleocharis palustris* (мочварна зуква); е - цваст

Фамилија JUNCACEAE

ФАМИЛИЈА JUNCACEAE обухвата 7 родова са преко 400 врста. Ово су бусенасте, најчешће зељасте, вишегодишње биљке са ризомима и негранатим надземним стаблом, распрострањене широм света, углавном у умереним и хладним регионима.

Листови су прости, цели, са рукавцем, спирално распоређени, развијени углавном при основи стабла које обавијају. **Цветови** су ситни, обично двополни, актиноморфни, развијени у пазуху брактеја. Перијант је обично сув, кожаст, мрке или зелене боје (ретко бео), хомохламидан, хорипеталан, грађен углавном од 6 листића распоређених најчешће у два круга. Прашника је најчешће 6. Гинецеум је синкарпан, грађен од 3 карпеле. Стубић обично носи три дугачка жига. Цветови су појединачни или сакупљени у различите типове рацемозних или цимозних цвасти. **Плод** је чаура. Код неких родова семе је са карункулом.

Типичан представник фамилије је род *Juncus* (сита), са преко 20 врста, које насељавају влажна станишта (Сл. 306). Неке од честих врста код нас су *J. compressus* (траваста сита) и *J. effesus* (гола сита), док друге пак имају ограничен ареал распрострањења на поједине делове Србије. Поједине врсте су се показале као добри фиторемедијатори тешких метала из контаминираних земљишта и вода, неке се користе за испашу, заштиту од ерозије, док се друге гаје као украсне биљке.



Слика 306. **Juncaceae:**
Juncus sp. (сита)

Фамилија TURFACAE

ФАМИЛИЈУ TURFACAE (РОГОЗИ) чини само род *Typha* (рогоз) са око 10 врста. Ово су вишегодишње, зељасте, мочварне, једнодоме биљке са пузећим ризомима. Космополитског су распрострањења, а насељавају приобалне делове водених екосистема (бара, река, канала, мочвара) градећи често густ склоп емерзне вегетације.

Листови су прости, цели, издужени, уски, спирално распоређени, углавном развијени при основи стабла које обавијају. **Цветови** су веома ситни, једнополни, актиноморфни, ахламидни. Мушки цветови имају 3 прашника и најчешће су ахламидни или имају до 3 длаке при основи цвета. Женски цветови поседују велики број чекињастих или љускастих длака. Гинецеум је грађен од једне карпеле и налази се на дугачкој дршци (гинофор). Многобројни цветови су сакупљени у вршну цилиндричну цваст на којој се мушки цветови налазе на врху цвасти, а женски при основи. Опрашују се ветром. **Плод** је орашица са додацима који помажу расејавању путем ветра.

Код нас се као емерзне врсте најчешће јављају *Typha angustifolia* (усколисни рогоз) и *T. latifolia* (широколисни рогоз) - сл. 307.



Слика 307. **Typhaceae**: а - *Typha angustifolia* (усколисни рогоз); б - *Typha latifolia* (широколисни рогоз)

Привредни значај рогоза укључује његову веома широку употребу при чему се користе сви делови биљке. Користи се у исхрани, у медицинске сврхе, за израду различитих предмета, у производњи папира, алкохола, као извор горива, а све чешће се користи као топло-звучни, изолациони материјал у грађевинарству. Поред тога, рогоз се гаји и као украсна биљка.

Ред Arecales

Фамилија ARECACEAE

ФАМИЛИЈУ ARECACEAE (PALMAE) – ПАЛМЕ, чини око 190 родова са око 2 600 врста. Обухвата вишегодишње дрвеће, жбунове, високе зељасте биљке са ризомима и лијане. Распрострањене су углавном у топлим, тропским областима где имају велик привредни значај. Корен је микоризан и без коренових длака. Код врста које насељавају морске обале јављају се ваздушни корени (пнеуматофоре). Стабло секундарно не дебља, обично је стуболико и неразгранато (ретко дихотомо гранато, нпр. код *Nypaene* sp.), покривено остацима лисних основа или се јавља у виду групе усправних стабала. Код појединих представника, стабла су кратка и дебела слична луковици (нпр. *Neodypsis* sp.), у виду дебелог, дихотомо разгранатог ризома (нпр. *Нура* sp.) или пак у виду кратких или издужених интернодија код лијана (нпр. ратан палме).

Листови су велики, лезастасти, ланцетасти или више-мање округли, перасто или двојноперасто сложени, имају лисни рукавац или чврсту лисну дршку која понекад на себи има трновите творевине (неразвијене брактеје). Листови су код палми обично смештени на врху стабла у облику круне, спирално распоређени. **Цветови** су ситни, углавном трочлани, једнополни или двополни, актиноморфни или слабо зигоморфни, седећи или су на кратким цветним дршкама. Перијант је обично грађен од 6 листића

распоређених у два круга, хомохламидан, најчешће круницолик. Прашника је углавном 6, слободни су или су при дну срасли филаментима. Гинецеум је синкарпан или апокарпан, обично грађен од 3 карпеле. Код неких представника присутне су нектарије. Цветови су често сакупљени у велике и гранате цвасти, обавијени спатом. Цваст се може налазити испод, између или изнад листова круне. Дршка цвасти је углавном савијена. **Плод** је месната или влакнаста коштуница или бобица.

У Европи аутохтоно (самоникло) расту свега две ендемске врсте палми: ***Chamaerops humilis*** (мала жумара) и ***Phoenix theophrasti*** (критска урма). Мала жумара расте на пешчаним, осунчаним местима и отпорнија је на ниске температуре од осталих врста палми (Сл. 308а). Млади лисни пупољци и плодови су јестиви. Критска урма, иако има мањи привредни значај (плодови се користе у исхрани), важна је за стабилизацију приобалних морских екосистема с обзиром на добру прилагођеност на сушу и заслађеност станишта. Обе су веома декоративне врсте због чега се често гаје као украсне биљке.



Слика 308. **Areaceae (Palmae)**: а - *Chamaerops humilis* (мала жумара); б - *Cocos nucifera* (кокосова палма) на Тајланду; в - *Phoenix dactylifera* (Грчка)

Једна од најпознатијих биљака ове фамилије је свакако врста ***Cocos nucifera*** (кокосова палма) од које се у исхрани користе плодови, добија се кокосов шећер, кокосова вода, млеко, уље итд. (Сл. 308б). Поред ње, познате су и друге као што су: ***Phoenix dactylifera*** (датула, урмина палма), ***Raphia*** sp., ***Calamus*** sp., ***Hyphaene*** sp., ***Nypa*** sp., ***Neodypsis*** sp., а поједине се, ван ареала распрострањења, често гаје као украсне биљке због атрактивног изгледа. У тропским областима палме имају велики привредни значај јер се, поред наведеног, користе и за израду различитих предмета и намештаја, као грађевински материјал, као ђубриво, за биогориво и друго.





ЕКОЛОГИЈА БИЉАКА

ЕКОЛОГИЈА је биолошка дисциплина која проучава односе између живих бића и спољашње средине, као и међусобне односе између живих бића.

Појам **екологија** потиче од грчке речи *oikos* (кућа, дом) и *logos* (реч, говор, учење, наука), а у науку га уводи Хекел (Haeckel, 1866). У дословном преводу означава науку о домаћинству живих бића, али екологију је могуће посматрати и као економично управљање природом у целини.

Дакле, из напред наведеног, као предмет проучавања екологије издвајају се **жива бића** и „**нежива**“ **природа** (спољашња, односно физичко-хемијска средина), повезани међусобним односима (интеракцијама). Реч је о комплексној биолошкој дисциплини која има задатак да расветли дубоке и сложене односе између живих бића и средине, која им омогућава неопходне услове за живот.

Са нашег, антропоцентричног угла, познавање екологије је од велике важности и омогућава нам да уравнотежено и економично користимо природу и све благодети које нам она пружа. Јер, природа поседује само њој карактеристичне односе и равнотежу коју човек, својим активностима, свесно или несвесно, може да наруши. Да бисмо избегли потенцијалне ненадокнадиве губитке везане за живи свет и целокупну Планету, неопходно је познавање еколошких односа, појава и законитости које владају у природи. Управо оваква сазнања позитивно ће утицати на свест и одговорност целокупне људске популације што је окарактерисано као **еколошки начин размишљања** или **еколошка свест**.

Поред тога, важно је истаћи да се еколошки принципи и екологија као биолошка дисциплина, у целини, стално унапређује кроз примену у пољопривреди, шумарству, рибарству, ловству, медицини итд.

На основу предмета проучавања, разликујемо **ЕКОЛОГИЈУ БИЉАКА** или **ФИТОЕКОЛОГИЈУ** која проучава односе биљака и њихове животне средине и **екологију животиња** или **зооекологију**, која проучава односе животиња и животне средине.

Савременим приступом могуће је дефинисати и екологију прокариотских и еукариотских микроорганизама, екологију гљива или неке друге таксономске групе живих бића.

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ У ЕКОЛОГИЈИ. Ради лакшег разумевања сложених односа, који постоје између живих бића и њима насељеног животног простора, осврнућемо се на основне појмове у екологији. Појам **спољашња средина** представља све оно што окружује неко живо биће. Она чини читав комплекс разних утицаја који могу потицати од **неживе природе** (услови и расположиви ресурси), али и других живих организама - **жива природа**, који су присутни на простору где живи одређено живо биће. Жива бића у природи налазе све расположиве ресурсе неопходне за њихов живот и опстанак. Целокупну спољашњу средину која омогућава и утиче на живот неког организма, па и биљака, можемо дефинисати као **животне** или **еколошке**

факторе, односно **еколошке услове**. Будући да потичу из спољашње средине, називамо их и спољашњи фактори. Спољашњи фактори (светлост, температура, влажност итд.) имају различити значај на организме, па **неопходни животни фактори** нису исти за све организме.

Према савременим еколошким сазнањима, уочава се разлика између еколошких фактора који **варирају периодично** стварајући услове за живот одређеног живог бића (нпр. температура, влажност итд.) и оних фактора који чине **ресурсе средине**, јер се директним коришћењем троше, односно квантитативно (количински) мењају (нпр. вода, минерални елементи итд.).

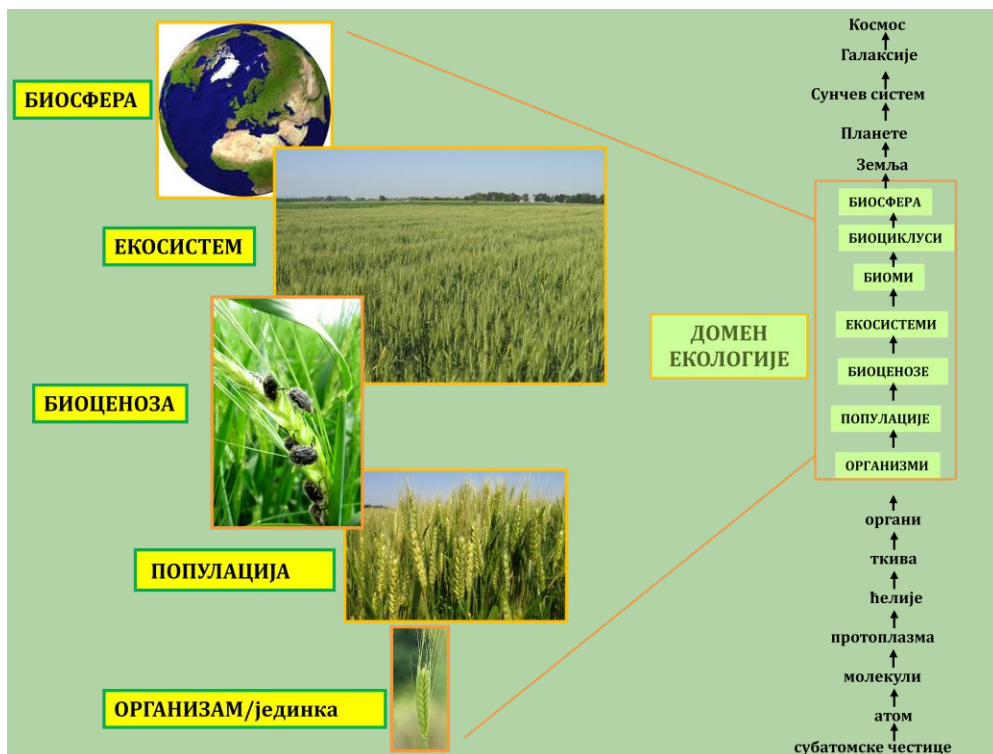
На животном простору еколошки фактори не делују одвојено, већ увек делује истовремено читав **комплекс еколошких фактора**, који ступају у интеракције у којима један утиче на други. Управо овако узајамно повезани, комплекс еколошких фактора у садејству са живим организмима, чини јединствену спољашњу средину у временско-просторном и функционалном контексту.

У спољашњој средини се одржава живот кроз кружење материје, протикање енергије, хијерархијску организацију живих бића и природе, кроз односе исхране (трофички односи) итд., што чини **основне еколошке законитости** које су услов живота на Земљи.

У спољашњој средини, у простору насељеном различитим живим бићима односно њиховим заједницама, приметне су разлике које карактерише специфичан комплекс еколошких фактора. Такви делови насељеног простора означени су као **биотопи (животна станишта)**, што чини основну топографску јединицу у екологији. Биотопи се разликују по изгледу (физиогномији), а пример су: шума, језеро, поток, пустиња, ливада итд. Свако станиште насељавају различита жива бића карактеристична за дато станиште.

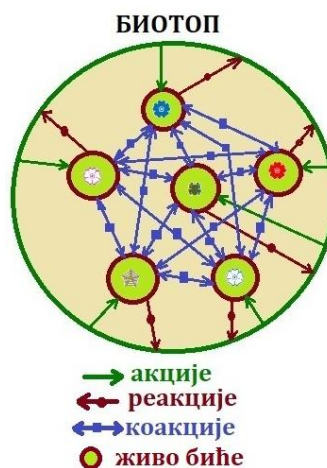
Свако живо биће представља **јединку (индивидуу)**. Јединке не живе самостално, већ се удружују у виши ниво еколошке организације чинећи **популацију (скуп јединки исте врсте)**. Различите популације живих бића насељавају заједнички простор, ступају у различите узајамне односе формирајући **биоценозу (животну заједницу)** – сл. 309. У биоценозама разликујемо две компоненте, **фитоценозу (биљну заједницу)** и **зооценозу (животињску заједницу)**. Односи унутар биоценозе су веома сложени и настали су као резултат дуготрајних процеса конкуренције и међусобног прилагођавања на суживот. Тесно повезана, жива бића живећи на одређеном простору, формирају систем вишег реда - **ЕКОСИСТЕМ (биогеоценоза)**, у којем су животна заједница (**биоцен**) и станиште (**абиоцен**), у веома сложеним односима. Овај највиши функционални систем у екологији одликује се динамиком и сложеностју, тако да било каква промена различитих компоненти екосистема, у одређеној мери, утиче на цео екосистем. Исто тако, свака промена у екосистему одражава се на све његове појединачне компоненте.

ЕКОЛОГИЈА БИЉАКА



Слика 309. Нивои организације биолошких система на Земљи

Слични екосистеми, функционално повезани, образују веће регионалне целине које називамо **БИОМИ**. Тако разликујемо биоме као што су: листопадне шуме, степе, зимзелене шуме (тајге), тундре итд. Екосистеми и биоме се уједињују у **БИОЦИКЛУСЕ**, којих на земљи има три, и то: **слана вода** (океани и мора), **слатка вода** (реке, језера, баре) и **копно**. И коначно, јединство целокупне неживе и живе природе, односно читава област на планети Земљи насељена живим бићима, чини највиши екосистем кога називамо **БИОСФЕРА**. Уопштено, биосферу чине делови **атмосфере** (ваздушни омотач), **хидросфере** (водени омотач) и **литосфере** (стеновити омотач), насељени живим бићима, под чијим утицајем се она мења. Присуство биосфере чини површину Земље изузетно активном, где се стално одвијају процеси размене материје и протока енергије.



Слика 310. Односи у екосистему

Основна структурна и функционална јединица биосфере јесте **ЕКОСИСТЕМ**. У екосистему разликујемо три основна типа утицаја односно међусобних односа, означених појмовима: **акције**, **реакције** и **коакције**. **Акције** означавају утицаје неживе природе на жива бића. **Реакције** подразумевају супротне утицаје који се огледају кроз утицај живих бића на спољашњу средину, односно на њена физичка и хемијска својства. Док појам **коакције**, означава међусобне утицаје између свих живих бића, која живе на одређеном станишту, у оквиру екосистема (Сл. 310).

ПОДЕЛА ЕКОЛОГИЈЕ БИЉАКА. Екологија биљака (**фитоекологија**) обухвата две велике науче области и то: **аутекологију** и **синекологију**. Предмет проучавања **аутекологије** су **појединачне биљне врсте** и њихови односи са спољашњом средином, док су предмет проучавања **синекологије** односи и еколошке законитости у оквиру **биљне заједнице – фитоценозе**. Предмет проучавања синекологије могу бити и шире еколошке целине биљака, груписане у одређене типове вегетације, те на тај начин може да обухвати читав биљни покривач на Земљи.

Ипак, у природи на одређеном станишту реално постоје одређене **популације** различитих организама. Тако и популације биљака, које се налазе у специфичним односима са спољашњом средином, могу бити предмет проучавања биолошке дисциплине означене као **популациона екологија биљака**.

Насупрот напред издвојеним дисциплинама, са друге стране постоји и тежња ка обједињавању истраживања везаних за врсте, њихове популације, заједнице као и прилагођавање на различите спољашње факторе што је повезано са њиховим распросраћењем, па се веза фитоекологије и фитогеографије огледа у јединственој дисциплини под називом **геоботаника**. Даље, геоботанику је могуће поделити у више еколошких дисциплина: **еколошка геоботаника**, **флористичка геоботаника** и **историјска геоботаника**. Еколошка геоботаника има исту област проучавања као и екологија биљака, флористичка геоботаника проучава географску распрострањеност одређеног таксона или еколошког система (фитогеографија или хорологија), док историјска геоботаника у суштини чини историјску фитогеографију.

Иако су се током историје дуго самостално развијале као две научне дисциплине, **екологија биљака** (аутекологија и фитоценологија) и **фитогеографија**, тесно су повезане. Прва сазнања о фитогеографији потичу још од античке Грчке, док се прва фитогеографска знања, заједно са фитоеколошким, приписују Аристотеловом ученику Теофрасту („Историја биљака“, 340. п.н.е), дошавши до заједничког закључка о повезаности климе и земљишта са биљкама.

Након дугог периода без следбеника, развој еколошких дисциплина се наставља крајем 18. и почетком 19. века, када се у оквиру фитогеографије полако издваја екологија биљака. Оснивачем фитогеографије сматра се Александер вон Хумболт (Alexander von Humboldt) који је 1805. године објавио дело „Преглед географске ботанике“. Након тог периода, велики број

истраживача у свету и код нас, бави се фитогеографијом и фитоекологијом. Поменућемо само великана наше ботанике, Јосифа Панчића који је још давне 1868. године у свом уџбенику „Ботаника“ први пут обрадио поглавље под називом „Фитогеографија“.

Захваљујући и ценећи рад и постигнуте резултате великог броја фитоеколога код нас, истичемо значајан искорак везан за **евиденцију угрожених биљних врста**, усклађену са међународном класификацијом угрожености, што је резултирало објављивањем дела „**Црвена књига флоре Србије**“ (Стевановић, 1999), која обухвата ишчезле и крајње угрожене таксоне.

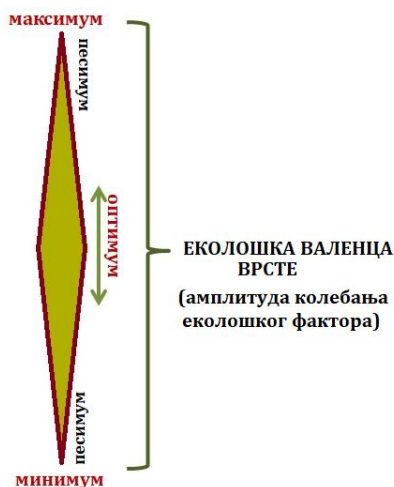
БИЉКЕ И СПОЉАШЊА СРЕДИНА

Утицаји који се јављају у спољашњој средини, окарактерисани су као еколошки фактори који делују заједно и истовремено, чинећи систем односно КОМПЛЕКС ЕКОЛОШКИХ ФАКТОРА. Захваљујући њиховим сложеним односима, одликује их константна **променљивост**, у времену и простору, сваког појединачног фактора, али и читавог комплекса фактора. Тако се интензитет и квалитет неког еколошког фактора мења и разликује на сваком месту, али и током дана и ноћи, као и током године. Ове промене се јасно могу анализирати на примеру температуре као еколошког фактора. Тако температура расте од јутра према подневним часовима, а идући ка вечери и ноћи, постепено опада, да би најниже вредности достигла пред свитање. Промене овог еколошког фактора су изражене и током године. И просторно, температура се мења, тако у односу на различита географска подручја, од екватора до полова, температура од високих вредности на екватору, свој минимум достиже на половима.

Сва жива бића, као и биљке, **реагују и прилагођавају се (адаптација)** на промене еколошких фактора. Међутим, између организама разликују се механизми и начин реаговања на промене еколошких фактора, што је у складу са њиховим особинама и могућностима прилагођавања.

Низ адаптација неке врсте на специфичне услове спољашње средине подразумева одређене морфолошко-анатомске промене, али и промене физиолошких процеса у биљкама, што је окарактерисано појмом **животни облик (еколошки облик, животна форма, екоформа)**.

Како и у којој мери ће се нека биљка прилагодити на различите еколошке услове, зависиће од њене **ЕКОЛОШКЕ ВАЛЕНЦЕ**. Еколошка валенца означава **амплитуду варирања** неког еколошког фактора унутар чијих вредности је могућ опстанак одређеног организма. Тако разликујемо биљке које имају широку еколошку валенцу за неки еколошки фактор, тзв. **еуривалентни организми**, па могу да живе у различитим срединама јер се одликују еколошком флексибилношћу.



Слика 311. Еколошка валенца (шема)

друге стране, доња граница или минимум и горња граница или максимум, чине граничне вредности или песимуме еколошке валенце одређеног еколошког фактора, изван којих се прекидају животни процеси одређеног организма (Сл. 311).

Различите врсте се одликују одређеном еколошком валенцом у погледу свих фактора спољашње средине. Међутим, различите врсте могу бити у одређеној мери сличних еколошких захтева (еколошка сличност) за један или неколико еколошких фактора, а да се међусобно значајније разликују у захтевима и начину подношења већег броја других фактора средине. Ниво еколошке сличности условљава конкуренцију између врста, што има еволуциони значај. Скуп еколошких валенци свих фактора средине неке врсте, чини њен **еколошки оквир постојања**, означен појмом **ЕКОЛОШКА НИША**.

ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ

Све еколошке факторе можемо поделити у две категорије: **АБИОТИЧКИ** и **БИОТИЧКИ**. У абиотичке факторе убрајамо све физичко-хемијске утицаје спољашње средине, или УТИЦАЈЕ НЕЖИВЕ ПРИРОДЕ на одређени организам, док у биотичке факторе убрајамо УТИЦАЈЕ КОЈЕ ИСПОЉАВАЈУ ДРУГА ЖИВА БИЉА (микроорганизми, гљиве, друге биљке, животиње, човек) на одређени организам, биљку. Међу биотичким факторима посебно се истиче утицај човека, па се посматра као посебан, **АНТРОПОГЕНИ ФАКТОР**.

Дејство еколошких фактора можемо поделити према карактеру деловања на **непосредне** (директне) и **посредне** (индиректне). Непосредно делују еколошки фактори као нпр. температура, светлост, вода-влажност, док надморска висина, нагиб и сл. делују посредно, утичући на друге еколошке факторе (температура, светлост и др.).

ЕКОЛОГИЈА БИЉАКА

Такође, иако се биљке на различите начине прилагођавају условима који владају у спољашњој средини, поједини еколошки фактори својим особинама могу утицати **позитивно** или **негативно** на живот одређене биљке.

ОСНОВНИ ЕКОЛОШКИ ФАКТОРИ		
АБИОТИЧКИ	Климатски	Светлост
		Температура
		Вода
		Ваздух
	Едафски	Утицај земљишта на биљке:
		Физичке особине
Хемијске особине		
Орографски	Биолошке особине	
	Утицај рељефа на биљке:	
	Надморска висина	
	Нагиб терена (инклинација)	
БИОТИЧКИ	Односи између организама	Стране света (изложеност/експозиција)
		Разуђеност рељефа
		Утицај биљака на биљке
		Утицај животиња на биљке
	Антропогени	Утицај микроорганизама на биљке
		Утицај човека на биљке

АБИОТИЧКИ ФАКТОРИ

КЛИМАТСКИ ФАКТОРИ

Као што је напред наведено, ваздушни омотач око Земље називамо **атмосфера**, а чини је смеша сталних гасова, аеросола (ситне честице или капљице дима, пепела, прашине и сл., димензија од 0,001-1000 μm), гасова присутних само у траговима, као и разних чврстих и течних честица. У атмосфери се стално одвијају физички процеси и промене метеоролошких елемената (температура и влажност ваздуха и земљишта, падавине, атмосферски притисак, брзина и правац ветра, облачност и осунчаност, снежни покривач) који утичу на стање атмосфере. Стање атмосфере, односно метеоролошких елемената за кратак временски период и на одређеном простору, означен је појмом **време**. На време, односно стање атмосфере неког подручја на Земљи, утичу **Сунчева енергија, Земљина тежа, Земљина ротација, распоред копна и мора, рељеф** и други фактори.

Међутим, да бисмо окарактерисали **климу** неког подручја, потребан је дуг временски период мерења и осматрања (уобичајено је 30 година), да би се израчунале просечне вредности неопходних метеоролошких елемената на

одређеном подручју. Скуп овако упросечених метеоролошких елемената представља климатске елементе преко којих се дефинише клима подручја.

За разлику од климе, време се стално мења и то краткорочно, на дневном или чак часовном нивоу, што подразумева промене метеоролошких елемената.

Различити типови климе највише зависе од енергетског биланса који највише зависи од **географске ширине**, као и **опште циркулације атмосфере који представљају главне климатске факторе**. У односу на доминантне особине временских појава и промена у одређеним областима Земље, како се иде у правцу од екватора ка половима издваја се **ПЕТ ОСНОВНИХ климатских зона (зонална макроклима)**, од екватора ка половима, и то: **тропска зона, две умерене и две поларне**. Између ових зона се налазе по две **прелазне зоне** на јужној и две на северној хемисфери.

Међутим, у свакој климатској зони, и у вертикалном правцу, од подножја до врха планина, издвајају се **висински климатски појасеви**, код којих се од нижих ка вишим надморским висинама, мењају временски услови. Тип висинског зонирања климе, зависи од основне климатске зоне у којој се налази планина (што је планина ближе екватору, на њој ће се разликовати више висинских климатских зона).

Владајући климатски услови, имају снажан утицај на развој биљака и њиховог ареала распрострањења, на формирање биљних заједница и специфичне вегетације датог подручја. Стога се слободно може рећи да свакој климатској зони у потпуности одговара одређени **тип зоналне вегетације**, што је на даље у тесној вези такође и са типом **зоналног земљишта**. Тако се, на пример, у хладној субполарној климатској области развија вегетација тундре, а насупрот томе, у тропској зони екваторијалне климе, бујно се развијају тропске кишне (влажне) шуме.

И локалне климатске разлике, тзв. **мезоклима**, често има утицаја на развој биоценоза. Па чак и **микроклима**, односно клима на ограниченом простору, са нижим приземним слојем ваздуха, формирана под утицајем рељефа, водотокова, вегетацијског покривача итд., такође утиче на развој појединих биљака, али и целокупних животних заједница. Потребно је истаћи и појам **екоклиме**, који подразумева климатске и физичке услове у оквиру сваке биоценозе. Будући да се локална клима значајно модификује под утицајем вегетације, могуће је дефинисати и **фитоклиму**, која посебно долази до изражаја у густим, затвореним шумским фитоценозама.

У тексту који следи, у оквиру климатског фактора, биће описани: **светлост, температура, вода и ваздух** као еколошки фактори и њихов утицај на развој и распрострањеност биљака.

СВЕТЛОСТ КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Зрачење са површине Сунца покретач је живота на Земљи. Ово зрачење се у биосфери трансформише у активну хемијску енергију, која протиче кроз жива бића, омогућавајући им метаболичке процесе. Сунчево зрачење које доспева на површину биљке, делом се **рефлектује** (одбија), један део само **пролази** кроз биљку, а преостали део Сунчевог зрачења се **апсорбује** и биљка га користи за своје физиолошке процесе. У низу различитих енергетских реакција, биљке са хлорофилом имају примарну улогу јер су способне да апсорбују (приме) енергију Сунца, претварајући је, током процеса **фотосинтезе**, у хемијску енергију примарних органских једињења. Кључни значај фотосинтезе за протицање енергије на нашој Пλανети, илуструје чињеница да у целокупној биосфери биљке чине 99% укупне биомасе свих живих бића. При томе, за производњу огромне количине хемијске енергије у форми различитих органских једињења, биљке користе само око 1% (ретко више) Сунчеве енергије која доспе до Земљине површине. Поред фотосинтезе, Сунчева светлост утиче и на **транспирацију** (одавање воде преко стома), као и на процесе **развића** и **раста** биљака.

Шире посматрано, Сунчево зрачење је кључно у обезбеђивању енергије у биосфери, па можемо закључити да обезбеђује и процесе кружења материја, регулише топлотни и водни биланс, и тиме утиче на формирање климе на Земљи. Такође, треба истаћи да се највећи део Сунчевог зрачења које стиже до Земље, претвара у топлоту, што га чини важним предусловом стварања погодне спољашње средине за одвијање живота (екосистем). Доспела енергија Сунчевог зрачења није равномерно распоређена на целој површини Земље, и разликује се с обзиром на географску ширину, што значајно утиче на распрострањеност биљака.

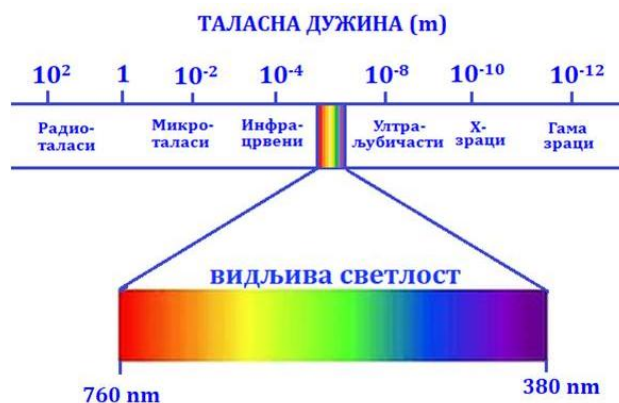
Сунчево зрачење делује на биљке на њиховом станишту, својом укупном енергијом која у јединици времена падне на јединичну површину, што описујемо величином **интензитета зрачења, трајањем и квалитетом** (спектралним саставом, односно расподелом енергије по таласним дужинама).

Интензитет Сунчевог зрачења на горњој граници атмосферског омотача Земље има сталну вредност за целу Планету и назива се **соларна константа**. Међутим, на површини Земље, интензитет Сунчевог зрачења зависи од географске ширине (утиче на висину Сунца над хоризонтом), од периода године и од доба дана. Поред наведеног, утичу и други параметри, попут облачности, садржаја водене паре у ваздуху, садржаја аеросола и присуства тзв. гасова стаклене баште као што су угљен-диоксид, метан, озон и др. Тако на пример, у лето, у подневним часовима при сунчаном дану, до површине Земље доспева 70-80% од соларне константе. Од полова ка екватору, повећава се годишња количина енергије доспеле Сунчевим зрачењем, а током године, динамика интензитета Сунчевог зрачења се креће од максималних вредности у јуну, до минималних вредности у децембру. Током дана, максимално Сунчево зрачење је у подневним часовима, док његов

интензитет опада у јутарњим и вечерњим часовима, а при потпуном заласку Сунца достиже нулу. На интензитет Сунчевог зрачења снажан утицај има облачност и то тако што облаци који не заклањају Сунце, повећавају интензитет зрачења (за 5-25%), док облаци при пуној кишној облачности заклањају Сунце и смањују интензитет Сунчевог зрачења и до 80%. Прозрачност ваздуха, која зависи од количине влаге и честица прашине и других материја, такође утиче на интензитет Сунчевог зрачења, који се смањује услед њиховог присуства. Са порастом надморске висине, повећава се прозачност, што утиче на повећање интензитета Сунчевог зрачења. И рељеф такође утиче на интензитет Сунчевог зрачења и то тако што је углавном већи на равним површинама, него на нагнутим. Јасно је да ће на површину која је нагнута према југу током дана доспети већа количина енергије него на хоризонталну површину.

Можемо разликовати **директно** и **дифузно** Сунчево зрачење. Директно зрачење стиже на Земљу непосредно од Сунца у виду паралелних зрака који не скрећу, док се дифузно зрачење односно дифузна рефлексија дешава када се зрачење рефлектује од неке површине која није глатка, што је у атмосфери често, од облака, капљица или присутних честица. У овом случају, сноп паралелних зрака након расејања није више паралелан и формира дифузно зрачење.

Директно зрачење често делује штетно на биљке јер може да изазове разарање хлорофила, као и цитоплазме, док је дифузно зрачење корисно јер га биљке много боље усвајају. Разлог за то треба тражити у томе што се зраци већих таласних дужина расејавају много боље него зраци мањих таласних дужина. Тако, дифузно зрачење садржи и до 50-60% енергије из жуто-црвеног дела спектра (дуготаласни део видљивог дела спектра) које биљке превасходно користе у процесу фотосинтезе.



Слика 312. Спектар електромагнетног зрачења

У погледу спектра Сунчевог зрачења разликујемо: **невидљиви део спектра** (таласних дужина до 400 nm, и таласних дужина од 700 nm) и **видљиви део спектра (светлост)**, чије су таласне дужине између **400 и 700 nm** (Сл. 312, 313). Светлост мањих таласних дужина (веће фреквенције) састоји се од фотона веће енергије него што је то случај код светлости већих таласних дужина (мање фреквенције). Дакле, енергија фотона је обрнуто пропорционална његовој таласној дужини, тако је краткоталасно зрачење, зрачење велике енергије, а дуготаласно је зрачење ниске енергије.

Краткоталасно невидљиво зрачење (ултраљубичасто, x-зрачење, гама-зрачење) имају изразито негативан ефекат на биљке јер њихови фотони имају довољно енергије да разграде молекуле (мутаген и фотодеструктиван ефекат).

Деловање ултраљубичастиг зрачења на биљке најинтензивније је у тропским областима и на већим надморским висинама, услед упадног угла Сунчевих зрака и дебљине атмосфере. И појава озонских рупа (делови атмосфере – стратосфере, у којима је смањена концентрација озона) појачава дејство овог зрачења. Различите људске активности нису занемарљиве у погледу нарушавања озонског омотача (слој стратосфере са повећаном

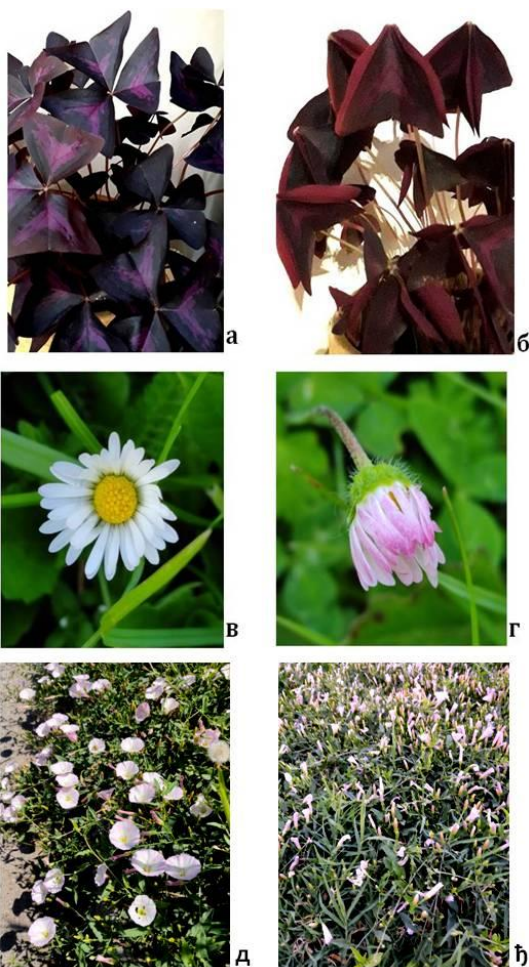


Слика 313. Дисперзија Сунчеве светлости на кишним капима - дуга

концентрацијом озона), што постаје један од основних проблема биосфере, на глобалном нивоу. Међутим, озон може имати и негативан ефекат, ако се нађе у приземном слоју атмосфере (тропосфери), као производ сложених фотохемијских реакција, као изузетно јак оксидант, уласком кроз стоме, изазваће оксидационе процесе на нивоу ћелија, што се уочава и као оштећење на самој површини листова.

Ултраљубичасто зрачење оштећује протоплазму ћелија на молекуларном нивоу, нарочито негативно делује на ДНК и одређене ензиме, па директно редукује фотосинтезу, ремети ћелијске деобе, те ремети нормално развиће и раст биљака. Међутим, више биљке се углавном успешно штите од

штетних ефеката ултраљубичастиг зрачења уз помоћ воска и смола које појачавају заштитна својства кутикуле на епидермису листова. Поред тога, ћелије епидермиса стварају флавоноиде који представљају својеврстан филтер за ултраљубичасто зрачење. И вертикална оријентација листова, затим дебљи мезофил листа, дебља кутикула и слично, су механизми који појачавају заштиту од штетних ефеката овог зрачења.



Слика 314. Фотонастични покрети: а, б – листова *Oxalis triangularis* (љубичаста „детелина“); в, г – језичастих цветова главичасте цвасти *Bellis perennis* (бела рада); д, ђ – цветова *Convolvulus arvensis* (попонац)

Брзе и краткотрајне промене осветљености

(количина енергије видљивог дела спектра која у јединици времена падне на јединицу површине осветљаваног тела) могу код неких биљака да изазову тзв. **фотонастије**, односно реверзибилне покрете који имају еколошки значај јер омогућавају биљкама да се прилагоде тренутним светлосним условима на станишту. Ови покрети углавном настају променом тургора под утицајем светлости и карактеристични су најчешће за цветове, листове, клијанце (Сл. 314, 315). Поред наведеног, са екофизиолошког аспекта, најважнији су фотонастични покрети стоминих ћелија јер утичу на интензитет транспирације.

Дуготаласно, такође невидљиво зрачење (нпр. инфрацрвено), има углавном топлотно дејство на све површине на Земљи и само делимично утиче на неке физиолошке процесе у биљкама. Инфрацрвено зрачење у биљкама има позитиван ефекат при температурама нижим од 20°C, међутим негативан ефекат има на температурама изнад 30°C.

Биолошки је најзначајнији део спектра између 380 и 760 nm, посебно за биљке и процес фотосинтезе, на првом месту, те се овај део Сунчевог спектра назива и **фотосинтетички активно зрачење**. Листови биљака апсорбују 60-80% овог видљивог дела светлости (бела светлост). Наиме, **пигменти** карактеристични за **аутотрофне биљке**, присутни у хлоропластима код виших биљака или у хроматофорама код нижих биљака, имају кључну улогу у процесу апсорпције светлости коју ће биљке искористити у фотохемијских реакцијама. Максималну активност поседују наранџасто-црвени зраци таласних дужина између 600 и 700 nm, које апсорбује пигмент хлорофил у хлоропластима. Најслабију активност имају зелени зраци таласне дужине

500-600 nm. Специфично дејство показују плаво-љубичасти зраци таласне дужине од 400-500 nm, што се одражава на процесе цветања, на синтезу протеина, односно на хемијски састав биљака. Пигменти каротин и ксантофил (каротеноиди) присутни у хлопластима и хромопластима, апсорбују енергију плавог дела спектра, са максимумом на 450 nm. Ови пигменти се означавају и као помоћни, јер апсорбовану енергију могу резонанцијом предати хлорофилу а, и на тај начин повећати доступну количину енергије за фотосинтезу. Каротеноиди имају и заштитну улогу јер преузимају вишак апсорбоване светлости краћих таласних дужина, штитећи хлорофиле од фотооксидације итд. Асимилација или фиксација угљен-диоксида (процес конверзије неорганиског угљеника у органска једињења) је најинтензивнија на таласним дужинама од 400-700 nm, што утиче на синтезу органских материја, односно на принос биљака.

Да би биљке максимално искористиле Сунчево зрачење у процесу фотосинтезе, прилагођавају се морфо-анатомски на различите светлосне услове станишта, трудећи се да што успешније одрже низ биохемијских реакција током фотосинтетске активности. Такође, јављају се и одређене физиолошко-биохемијске адаптације фотосинтетичких реакција биљака које се на првом месту односе на везивање и редукацију угљен-диоксида. Тако се код биљака разликују три метаболичка пута везивања угљен-диоксида током фотосинтезе: C-3, C-4 и CAM- метаболизам (што је предмет проучавања биохемије и физиологије биљака).

Светлост, поред фотосинтезе, на биљке има и **формативно деловање** на анатомску грађу и спољашњу форму и изглед биљке, што се посебно односи на грађу и распоред листова. Тако се разликују **листови светлости** или **хелиоморфни листови** (грч. *Helios* – Сунце) од **листова сенке** или **скиоморфних листова** (грч. *skia* - сенка) – видети стр. 318 и 319.

Светлост на биљке има и **оријентацијско деловање** које се огледа у правцу растења изданка, оријентације листова (код тзв. компасних биљака – сл. 316) што им омогућава најповољнији положај (посебно органа у којима се обавља фотосинтеза). Овакве појаве изазване правцем и интензитетом светлости називамо **фототропизми (хелиотропизми)**.



Слика 315. Окретање клијанаца према светлости (ланик - *Camelina sativa*)

Дужина трајања Сунчевог зрачења је временски период током дана, када га је могуће измерити. Период изложености живих бића светлости током дана, називамо **фотопериод**. Фотопериод зависи од географске ширине, па тако на екватору дан и ноћ трају по 12 сати, док се тај однос мења идући ка половима. Већина биљака су осетљиве на трајање фотопериода, што се нарочито односи на **фенофазу цветања**, па ће одређене врсте цветати само ако су и интензитет зрачења и дужина трајања оптимални. Такође, фотопериод је значајан и за друге фенофазе биљака попут формирања подземним метаморфозираних изданака (кртоле нпр.), затим за процес формирања пупољака итд.



Слика 316. Компасна биљка (*Lactuca serriola* - дивља салата)

ТИПОВИ БИЉАКА У ОДНОСУ НА СВЕТОЛСТ

Прилагођеност биљака одређеним светлосним условима у вези је са њиховим пореклом и постојбином, где су биле усклађене трајању дневног осветљења, које се мења просторно и сезонски. Управо због тога, на различитим географским ширинама, у односу на адаптираност на фотопериод, биљке су категорисане на: **биљке дугог дана**, **биљке кратког дана** и **биљке индиферентне (неутралне)**. За биљке дугог дана, фотопериод дужи од 12 часова, карактеристично је да ће само у таквим условима цветати. Биљке дугог дана су различите траве (пшеница, јечам, раж, лисичји репак итд.) затим уљана репица, грашак, лук, спанаћ итд. Биљке кратког дана, прилагођене фотопериоду краћем од 12 сати, су нпр. хризантема, конопља. Међутим, највећи број биљних врста су индиферентне на трајање фотопериода па цветају у различитим сезонама (маслачак, костриш итд.).

У односу на захтеве према светлости биљке делимо на следеће екоформе: **хелиофите**, **скиофите** и **полускиофите**. Ове категорије биљака се разликују с обзиром на њихове захтеве према светлосним условима и енергетским вредностима њиховог станишта. У вези са наведеним, поменућемо појам **светлосни ужитак**. Светлосни ужитак представља одређени ОПСЕГ ВАРИРАЊА СВЕТОСНОГ ИНТЕНЗИТЕТА од максималних до минималних вредности и може се мењати током године. Оптималан светлосни ужитак подразумева вредности светлосног интензитета при којем се одређене биљке најбоље развијају. Дакле, различите категорије биљака се разликују према „уживању“ или захтевима према одређеном интензитету Сунчевог зрачења и осветљености.

ХЕЛИОФИТЕ (БИЉКЕ СВЕТЛОСТИ) су биљке које захтевају и развијају се у условима пуне дневне осветљености на станишту, због чега их називамо и биљке сунца (Сл. 317). Ове екоформе не подносе засенченост и расту на отвореним просторима. Листови хелиофита - **хелиоморфни листови**, имају особине ксероморфних листова које одликује дебља и чвршћа грађа (мали, дебљи листови, веома усечене лиске, редукована лисна површина, листови се често преклапају итд.). То су многобројне ливадске, степске, пустињске, коровске врсте (*Salvia officinalis*, *Plantago major*, *Sedum acre*, *Veronica hederifolia*, *Draba verna*). Овој категорији биљака припадају и различите ранопролећне врсте које се развијају у приземним спратовима у шумама, пре листања дрвенастих врста (*Scilla bifolia*, *Anemone ranunculoides* итд.). Хелиофитама припадају и дрвенасте врсте као што су храст, липа, бреза, топола итд.



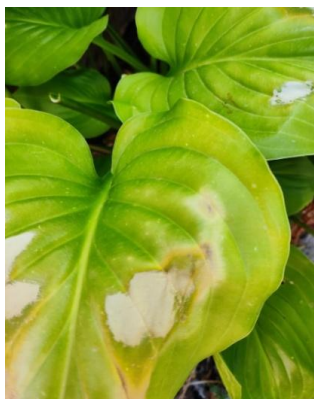
Слика 317. Хелиофите: а - *Sedum sarmentosum* (жедњак); б - *Anemone ranunculoides* (бреберина жута)



Слика 318. Скиофита: *Corydalis cava* (млађа)

СКИОФИТЕ (БИЉКЕ СЕНКЕ) расту у условима веће или мање засенчености, односно не подносе пуну дневну осветљеност (Сл. 318). То су врсте којима одговара слаба осветљеност, па расту у дубокој сенци, на пример у приземним спратовима густих, тамних шума, којима одговара слаба, дифузна светлост. Листови скиофита - **скиоморфни листови**, се углавном одликују нежном грађом (широки, цели, танки, углавном без длака, са танком кутикулом, слабије развијена нерватура, слабија диференцираност мезофила). Дуже излагање директном Сунчевом зрачењу изазива повреде на листовима скиофита (Сл. 319) Скиофите су углавном зељасте

шумске биљке попут *Asarum europeum*, *Asperula odorata*, *Paris quadrifolia*, *Corydalis cava*, *Oxalis acetosella*, *Hedera helix* итд. Дрвенасте врсте скиофита су буква, граб, јела, смрча.



Слика 319. Оштећења листова код скиофита услед излагања директном Сунчевом зрачењу (*Hosta plantaginea* - летњи љиљан)

Полускиофите су биљке којима одговарају услови пуне дневне осветљености, али подносе одређени ниво засенчености. Овој категорији екоформи припадају биљке из приземних спратова светлих шума, затим деградираних шума, дуж путева итд. Полускиофите су *Geranium pratense*, *Senecio vulgaris*, *Lithospermum arvense*, *Dactylis glomerata*, *Hordeum murinum* итд. Од дрвенастих врста полускиофитама припадају јавор, неке врсте храстова итд.

Треба поменути да и сама вегетација значајно утиче на светлосне услове станишта што је нарочито карактеристично за шумске екосистеме. Међутим, и шуме се разликују међусобно, јер се светлосни услови у светлим и полусветлим шумама, у којима поред дифузног зрачења продира и извесна количина директног зрачења, разликују од светлосних услова густих,

тамних шума где допире само дифузно зрачење. Такође, треба имати на уму да се услови осветљености шумских дрвенастих биљака разликују и с обзиром на делове круне (горњи, средњи, доњи или унутрашњи део круне не добија исту количину светлосне енергије).

ТЕМПЕРАТУРА КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Температура, један од најважнијих еколошких фактора, услов је за раст и развиће биљака и утиче на њихово распрострањење на Земљиној површини. Температура је климатски, примарни, непосредан (директни) и неопходан еколошки фактор за биљке.

Температура и топлота су појмови који се често изједначавају, те ћемо их овде укратко објаснити. **ТЕМПЕРАТУРА** тела се користи као мера просечне кинетичке енергије његових молекула, односно представља степен загрејаности тела. **ТОПЛОТА** је облик енергије и тело је може апсорбовати или емитовати, што доводи до промене његове температуре. Дакле, топлота је део унутрашње енергије тела који се премешта у неко друго тело или околину, тј. енергија која се размењује између два тела различите температуре.

Извори топлоте у биосфери су дуготаласно (инфрацрвено) Сунчево зрачење, унутрашњост ужареног Земљиног језгра, хемијске и биохемијске реакције (сагоревање), нуклеарни процеси, као и секундарни антропогени извори.

У погледу температуре на Земљиној површини, уочава се њен зоналан распоред. Температурне разлике су, идући од полова ка екватору, велике

(око полова су температуре најниже, ка екватору постепено расту и на екватору су највише). Овај зоналан распоред температуре узрокује постојање различитих климатских области, те се на основу средње температуре ваздуха површина Земље дели на следеће зоне:

- **тропска зона**, са минималном годишњом температуром изнад 16°C; месечна и годишња колебања су мала; вегетација се не прекида;
- **суптропска зона**, са минималном годишњом температуром изнад 16°C; али има и период суше и нижих температура у периоду 1-4 месеца;
- **умерено топла зона**, са минималном годишњом температуром испод 16°C; изражен је период ниских зимских и виших летњих температура; не постоји период мировања узрокован хладноћом;
- **умерено хладна зона**, има већи период године средњу температуру испод 0°C, али средња јулска температура је изнад 10°C; у хладном периоду године вегетација се прекида, али је могуће преживљавање дрвенастих биљака;
- **хладна поларна зона**, има средњу температуру у јулу испод 10°C; вегетациони период је кратак и нема дрвенастих биљака.

Осим хоризонталног зонирања температуре, постоји и висинско, које је последица повећања надморске висине. Тако, на сваки степен географске ширине средња годишња температура се смањује за 0,5°C, а на сваких 100 m надморске висине средња годишња температура такође опада за 0,5°C. Овако јасно хоризонтално и вертикално зонирање температуре има снажан утицај на вегетацију, што за последицу има развој специфичних типова вегетацијских зона.

Не само да је вегетација у свом формирању и распрострањењу јасно условљена климатским приликама, већ и вегетација утиче на карактер климе. Тако су сви климатски фактори (светлост, температура, вода и ваздух) подложни мањим или већим променама под утицајем вегетације. Наиме, саме биљке имају специфичан баланс влаге и топлоте и на одређен начин реагују на микроклиму околне средине. Сразмерно свом растењу, биљке мењају величину и облик, дејствујући на температуру и степен влажности земљишта и ваздуха који их окружују. Горња површина вегетације преузима активну површину земљишта у термичком балансу, на којој се Сунчева енергија претвара у топлоту. Тако, у проређеној вегетацији продире више Сунчевог зрачења у њене доње слојеве и на површину земљишта, па се ствара врло сложен систем активних површина, док вегетација у густим шумама може представљати јединствену активну површину. Утицај биљака на климу околне средине појачава се са повећањем њихових размера, густине и покривности, те осим на микроклиму, биљке утичу и на макроклиматске процесе. Са сигурношћу је утврђено да макроклима неке области зависи од степена њене пошумљености, те је, како је то већ наведено, сасвим оправдано говорити о **фитоклими** која подразумева комплексну повезаност биљака са климом датог станишта.

ПРОЦЕСИ ЗАГРЕВАЊА И ХЛАЂЕЊА ЗЕМЉИШТА И ПРИЗЕМНОГ СЛОЈА ВАЗДУХА. Као што је већ наведено основни извор топлоте на Земљи је Сунчево зрачење, али оно

не доспева у целини до површине земље, већ се мањим или већим делом губи. Велики део Сунчевог зрачења одбија се од површине облака и враћа се у васиону, део се рефлектује проласком кроз атмосферу на молекулима ваздуха, честицама прашине, бактерија и сл., те овај део Сунчевог зрачења који је за топлотни баланс Земље изгубљен, представља рефлектујућу способност Земље или њен алbedo. Сунчеви зраци који допиру до површине Земље већим делом се претварају у топлоту, загревајући површину Земље и приземне делове атмосфере. Овај површински део Земље, који претвара Сунчево зрачење у топлотну енергију и има најважнију улогу у дневном термичком транспорту, означен је као **активна површина**.

Загрејана површина земљишта губи један део своје топлоте излучивањем. Део топлоте преноси се у дубље слојеве путем молекуларне термичке проводљивости, а велики део утרוши се на загревање приземног слоја ваздуха, посредно и читаве атмосфере.

У летњем периоду, у подневним часовима, температура је највиша на граници земљишта и ваздуха и опада ка дубљим слојевима земљишта и вишим слојевима атмосфере. Овај тип дистрибуције температуре дефинисан је као **тип инсолације** (тип зрачења).

Дистрибуција температуре током ноћи означена је као **тип излучивања** (губљења топлоте). Земља одаје знатну количину енергије дуготаласним излучивањем које бива апсорбовано воденом паром и угљен диоксидом. Овим процесом „стаклене баште“ спречено је потпуно хлађење Земље ноћу и током зиме. Наиме, на супрот процеса излучивања Земљине површине стоји противизлучивање атмосфере, којим се део енергије враћа ка Земљи. Ноћном хлађењу доприноси и процес испаравања. За ноћне часове карактеристична је **ноћна температурна инверзија** (супротан ток температуре).

Термички режим станишта. Свако станиште одликује се специфичним карактеристикама, динамиком температуре земљишта и температуре ваздуха. Као што је истакнуто, посебно се истиче значај температуре површине земљишта, тј. активне површине на којој енергија Сунчевог зрачења прелази у топлотну енергију и представља извор топлоте за ваздушне слојеве изнад ње и за слојеве земљишта испод ње.

Температура земљишта има велики значај за многе физичке, хемијске и биолошке процесе који се у њему одвијају. Тако, интензитет растварања различитих соли, интензитет процеса труљења и разлагања органских материја, апсорпциона активност кореновог система, живот земљишних микроорганизама, клијање семена и развој клице и други процеси су у великој мери условљени температуром. Топлотни режим земљишта одређен је разликом између примљене и расходоване енергије коју апсорбује и излучује активна површина, а ова разлика дефинисана је као **радијациони баланс** (радијациони баланс је позитиван уколико се у току дана површина земљишта загрева, а негативан уколико се у току дана површина земљишта хлади). Степен загревања земљишта зависи од: боје земљишта (тамна земљишта се у току дана загревају више од светлих која имају већи алbedo), експозиције (највише се загревају хоризонталне и јужне падине), присуства снежног покривача (земљиште под снегом је топлије јер је снег лош

проводник топлоте), структуре земљишта, као и од типа вегетације (током лета вегетација штити земљиште од великог загревања, те је температура под вегетацијом нижа од температуре голог земљишта). Како се површина земљишта у току дана загрева, а током ноћи хлади, долази до колебања температуре његове површине које се одражава и на температуру ваздушних слојева изнад површине земље. Дневна температурна амплитуда, тј. разлика између највеће и најмање температуре у току 24 сата, највећа је на површини земљишта, а опада са дубином.

На **температуру ваздуха** утичу Сунчеви зраци и, већим делом, топлота коју зрачи површина земљишта, односно вегетација, водени басени, стене и др. Сунце загрева Земљину површину одакле топлота стално зрачи у атмосферу тежећи да је напусти. Међутим, као што је већ наведено, неки гасови, као што су угљен-диоксид, водена пара и метан, у атмосфери задржавају топлоту и не допуштају јој да оде у васиону. На овај начин долази до природног загревања атмосфере и настајања ефекта стаклене баште. Последњих деценија упозорава се на негативне последице ефекта стаклене баште јер на овај начин површина Земље постаје све топлија и температуре све више.

И у ваздуху постоји дневно колебање температуре које је најизраженије у приземним слојевима. Дневни ток температуре има максимум од 13 h до 15 h и минимум пред излазак Сунца. Разлика између највише и најниже температуре у току 24 сата дефинисана је као **дневна амплитуда температуре ваздуха** и условљена је географском ширином, рељефом, периодом године и др. **Годишња амплитуда температуре ваздуха**, тј. разлика у температури најхладнијег и најтоплијег месеца зависи претежно од географске ширине и најмања је на екватору, а највећа у поларним областима.

ТИПОВИ БИЉАКА У ОДНОСУ НА ТЕМПЕРАТУРУ

Биљке као **поикилотермни организми** нису у стању да задрже сталну температуру тела, већ она варира и зависи од температуре спољашње средине. Тако, промене температуре у спољашњој средини директно утичу на температуру биљног организма и на све метаболичке процесе који се у њему одвијају. Свакој биљци је за све основне физиолошке процесе, за растење и развиће, потребна **одређена количина топлоте**. Те потребе су различите за различите биљне врсте. Такође, иста биљка, у различитим фазама развића, има различите захтеве за температуром. За сваки физиолошки процес код биљака разликују се три кардиналне тачке: **температурни минимум**, испод кога се физиолошки процес прекида, **температурни оптимум**, при коме процес тече најповољније и **температурни максимум**, изнад кога се физиолошки процес такође прекида. Распон варирања песималних вредности у погледу захтева за температуром, значајно варира код различитих биљних врста. Тако, разликујемо **ТЕРМОФИЛНЕ БИЉКЕ**, биљке са високим температурним максимумима којима одговарају више температуре за њихов раст и развој и

ФРИГОРИФИЛНЕ БИЉКЕ прилагођене ниским температурама са нижим температурним минимумима.

У односу на еколошку валенцу разликујемо **еуритермне биљке** које имају широку еколошку валенцу у односу на температуру, тј. прилагођене су великим разликама између минималних и максималних температура и **стенотермне биљке** које имају уску еколошку валенцу и прилагођене су уском температурном варирању.

Још половином 19. века, Де Кандол (De Candolle) је према температурним амплитудама и могућностима прилагођавања биљака одређеном температурном режиму, издвојио следеће категорије: **мегатерме** (биљке влажних и топлих подручја, живе у областима са средњом годишњом температуром изнад 20°C), **ксерофиле** (биљке које успевају у топлом и сувом подручју), **мезотерме** (биљке умерено топле зоне, са средњом годишњом температуром 15 – 20°C), **микротерме** (биљке умерено хладне зоне, са средњом годишњом температуром 0 – 14°C) и **хекистотерме** (живе у областима са врло хладном климом).

Утицај ниских и високих температура на биљке. Генерално, укупна биолошка активност већине биљака одвија се у дијапазону од 0 – 45°C. Испод 0°C заустављају се метаболички процеси због формирања кристала леда и имобилизације воде у ћелијама, а већ изнад 50°C долази до денатурације протеина. Може се рећи да су биљке прилагођеније ниским температурама. Код неких биљака умерене зоне, већ температура од 40°C, при дужем деловању, доводи до смрти биљке.

Уопштено, снажан утицај температуре на интензитет физиолошких процеса у биљкама може се сагледати правилом Вант-Хофа (Van't Hoff), по коме се брзина хемијских реакција удвостручава за сваких 10°C, али само у одређеним температурним границама. Сувише високе температуре доводе до поремећаја ћелијског метаболизма, интензитет фотосинтезе се повећава до извесне границе, затим опада и на крају сасвим престаје синтеза органских материја, а дисање постаје све интензивније. Дакле, високе температуре доводе до интензивирања процеса разградње, док се процеси синтезе прекидају. Међутим, непосредни узрок смрти биљке, при високим температурама, је нагомилавање штетних продуката метаболизма, посебно амонијака који се ствара разлагањем протеина.

Високе температуре штетно делују на многе дрвенасте биљке изазивајући запаљеност коре дрвета. Ова појава дешава се после сече, ветроизвала или из других разлога, када се биљке нађу усамљене и незаштићене другим дрвећем. Такође, и прегрејан површински слој земљишта може изазвати повреду на кореновом врату, те многе биљке као заштиту формирају дебео слој плуте при основи стабла. Неке прилагођености којима се биљке штите од дејства високих температура су: вертикална оријентација листова (компасне биљке) која онемогућава да Сунчеви зраци на њих падају управно, затим длакавост листова, висок садржај угљених хидрата и мали садржај воде у цитоплазми и др.

Разматрајући деловање ниских температура на биљке, оне негативно утичу на основне физиолошке процесе (фотосинтеза, транспирација, метаболизам

и др.) тако што их успоравају, а затим и прекидају. При температурама испод 0°C, као што је речено, формира се лед у интерцелуларима. Кристали леда расту и извлаче воду из протоплазме и вакуоле, а такође и механички врше притисак на ћелијске зидове, оштећују их и наносе штету чак и површинским деловима протоплазме. Истовремено са губитком воде, у колоидима протоплазме долази до процеса разградње, нарушавања колоидног стања протоплазме и метаболичке активности. Уколико током ових процеса дође до великог губитка воде, наступа смрт ћелија и биљке у целини. Стога, су ћелије, чији су протопласти у стању да задрже воду већом снагом, отпорније на дејство мразева. Отпорност на мразеве повећавају, пре свега, шећери, масти, антоцијани, соли и друге материје. Осим наведеног, ниске температуре спречавају и апсорбовање воде кореновим системом, док се транспирација одвија несметано, што доводи до сушења биљке. Треба истаћи и да се различити органи једне биљке разликују по отпорности на ниске температуре. Најосетљивији на хладноћу су: тучак, цветови, па затим плодови, листови и корен. Посебно осетљиво је меристемско ткиво вегетационе купе изданка, па су заштитни листићи пупољка од велике важности у спречавању негативног утицаја ниских температура. Отпорност биљака према хладноћи, тј. њихова способност да дуже време подносе ниске температуре, може се повећати и неким спољашњим условима: применом калијумових ђубрива, повећањем влажности ваздуха, побољшањем осветљености, „каљењем“ биљака (излагање ниским сублеталним температурама, наизменично излагање биљака ниским и вишим температурама) и друго.

Изузетно је важно **индуктивно дејство температуре у процесу вернализације (јаровизације)**, тј. стицање способности за развиће биљке и њено цветање дејством температуре. Код неких биљака то се постиже дејством ниских, а код других дејством високих температура.

Велики значај за биљке имају и раније описане смене дневних и ноћних температура које често стимулишу различите физиолошке процесе. Биљке су прилагођене оваквим променама, а реаговање биљака на свакодневне ритмичке смене температуре назива се **термопериодизам**. Тако, колебање дневне и ноћне температуре има повољан утицај на клијање семена и на формирање плодова многих биљака. Нпр. код патлићана, истраживања су показала да је за издуживање стабла оптимална дневна температура око 26,5°C, а ноћна 15-20°C.

Формативно деловање температуре на биљке, тј. промене структуре појединих органа и општег изгледа биљке, је незнатно у односу на снажно деловање светлости и влажности. Ипак, примећено је да се на северу и високим планинама, у условима ниских температура, развијају биљке ниског раста, јастучастог облика, пузећих форми, длакавих листова и других специфичности. Међутим, тешко је утврдити колики је удео температуре, а колики светлости и воде, у настанку ових карактеристичних форми биљака. Примећено је да код лале цветна ложа постаје шира што је температура нижа, а истовремено се повећава број листића перигона, прашника и

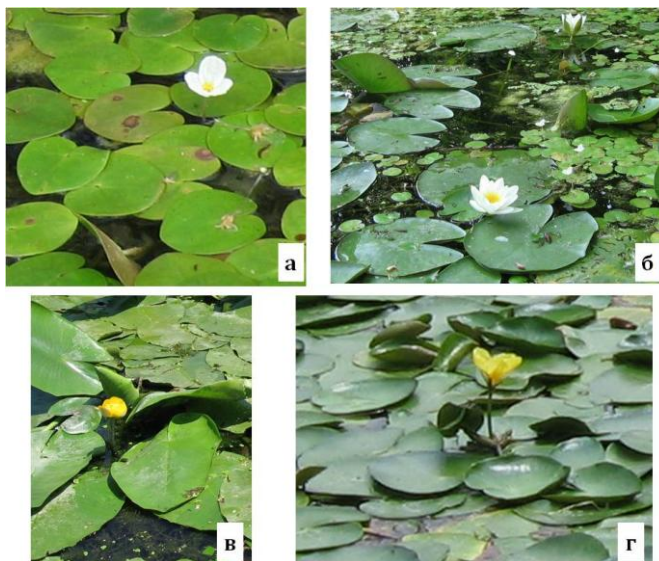
карпела. И боја цветова неких биљака зависи од температуре. Код *Erodium* (родин кљун) на температури од 20°C цветови су плавичасти, на вишој температури црвенкасти, а на још вишој бели, и ова промена боје цветова је реверзибилна. Код *Petunia* пак, боја цветова на одраслој биљци зависи од температуре при којој су се формирали млади пупољци, па ће цветови бити плави уколико је температура виша, а бели при ниској температури.

ЖИВОТНА ФОРМА

Скуп морфолошких, анатомских, физиолошких и фенолошких адаптивних особина биљке чини њену **ЖИВОТНУ** или **ЕКОЛОШКУ ФОРМУ**. Животна форма биљке обухвата њену грађу и адаптивно понашање биљне врсте. Дакле, она обједињује све карактеристике биљке: величину, облик, општи изглед (хабитус), положај пупољака, морфологију листа, дужину живота, физиолошке адаптације, фенологију, начин опрашивања и многе друге. Животна форма биљке не зависи од њеног таксономског положаја и фитогеографске припадности. Животне форме се могу груписати на основу различитих критеријума: макроклиматских прилика, локалних (микроклиматских) услова (температура, влажност, светлост и др.), типа земљишта, компетитивних односа, начина размножавања, начина искоришћавања воде, минералних и органских материја и др. У савременој еколошкој терминологији животна форма, односно адаптивни облик биљке прилагођен специфичним условима средине, назива се и **ЕКОМОРФОМ** или **ЕКОБИОМОРФОМ**.

Једна биљна врста, према различитим особинама, може припадати већем броју животних форми. Тако, водена биљка *Utricularia vulgaris* (мешинка) припада животној форми субмерзних хидрофита (водене биљке чији су листови потопљени испод површине воде), а истовремено и животној форми карниворних биљака („месождерке“) због начина исхране.

Животне форме су еколошка категорија и нису условљене

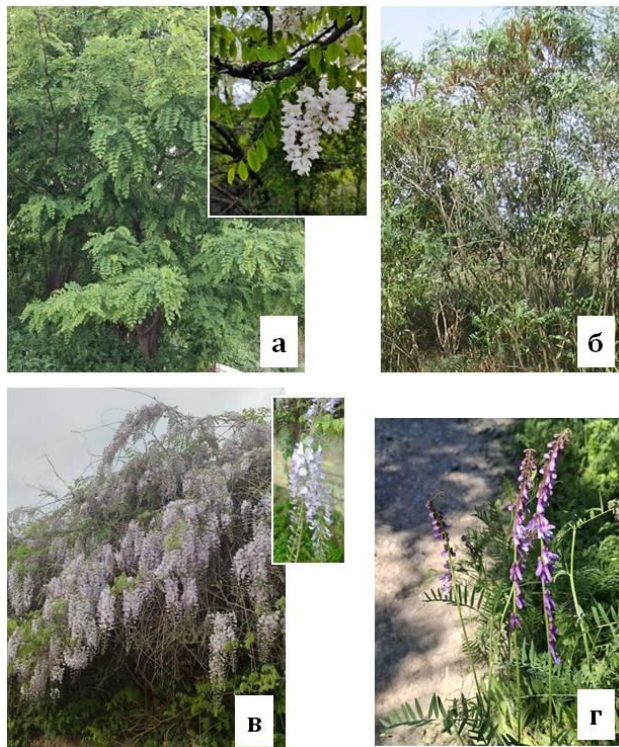


Слика 320. Пример конвергентних животних форми (између филогенетски удаљених врста): а - *Hydrocharis morsus-ranae* (жабогрис); б - *Nymphaea alba* (бели локвањ); в - *Nuphar luteum* (жути локвањ); г - *Nymphoides peltata* (локвањчић)

систематским положајем и филогенетском сродношћу биљних врста. Тако, слични услови спољашње средине, код филогенетски удаљених врста, доводе до стварања сличне животне форме – **конвергентне животне форме**. Упечатљив пример еколошке конвергенције су неке водене биљке. Тако су веома сличног хабитуса флотантна монокотиледона хидрофита *Hydrocharis morsus-ranae* – жабогрис (фамилија Hydrocharitaceae) и дикотиле попут:

Nymphaea alba - бели локвањ (фамилија Nymphaeaceae), *Nuphar luteum* - жути локвањ (фамилија Nymphaeaceae) и *Nymphoides peltata* - локвањчић (фамилија Menyanthaceae) - сл. 320.

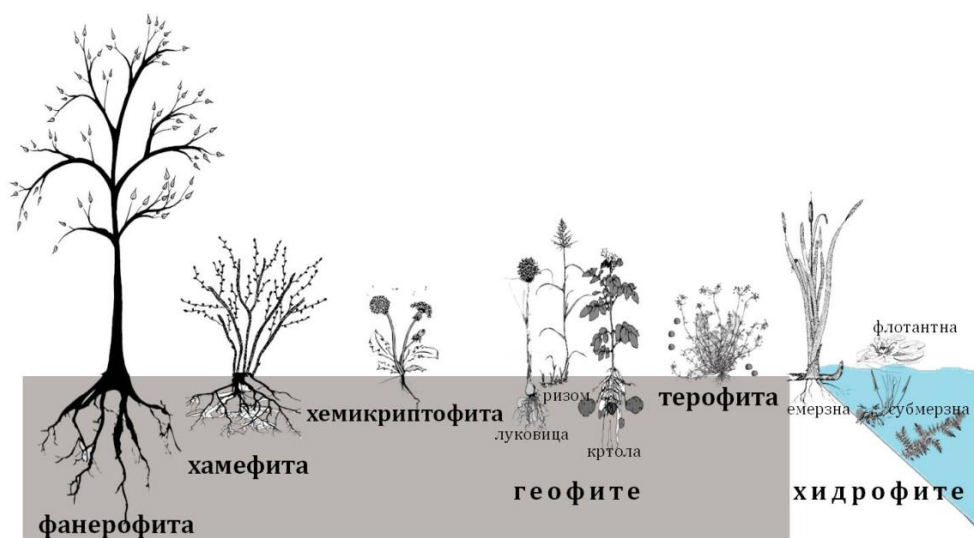
Са друге стране, веома сродне врсте могу имати различиту животну форму, што је последица дивергенције услед адаптације на веома различите животне услове – **адаптивна радијација**. Тако биљке из фамилије Fabaceae (махунарке) обухватају различите животне форме: дрвеће (*Robinia pseudoacacia* - багрем), жбунове (*Amorpha fruticosa* – багремац, *Colutea arborescens* - пуцалина), повијуше (*Wisteria* - плава киша) и зељасте биљке (*Trifolium* - детелине, *Vicia tenuifolia* – танколисна грахорица) - сл. 321.



Слика 321. Пример адаптивне радијације (различите животне форма у фамилији Fabaceae): а - *Robinia pseudoacacia* (багрем); б - *Amorpha fruticosa* (багремац); в - *Wisteria* sp. (плава киша); г - *Vicia tenuifolia* (танколисна грахорица)

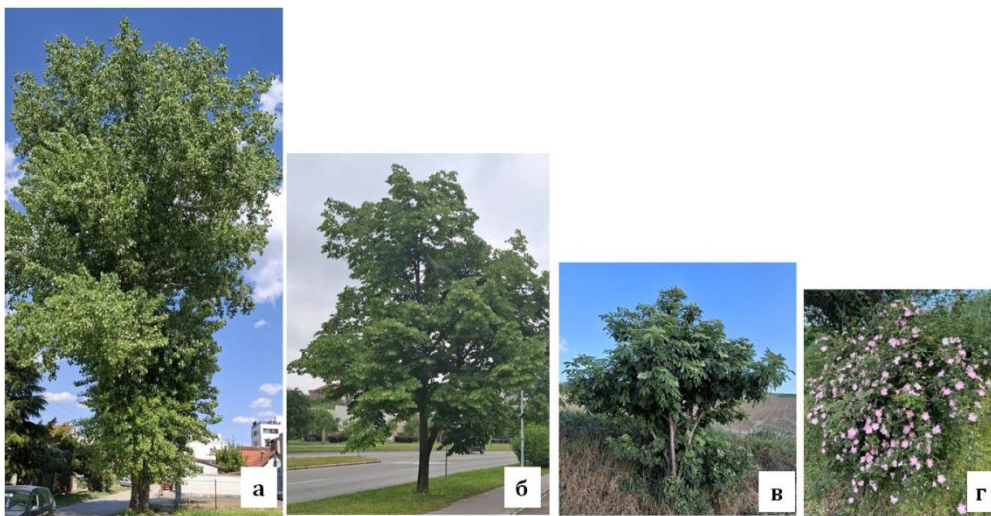
Историјски гледано, још је Теофраст (372-288 п.н.е.) покушао да класификује биљке на основу њиховог хабитуса на: зељасте биљке, дрвеће и лозе (повијуше). Током 19. и 20. века многобројни ботаничари (Raunkiaer, Clements, Monsi, Walter и други) су користили различите критеријуме за карактеризацију животних форми, а најчешће су то били најутицајнији фактори средине или најзначајнија особина биљке. Тако су биљке биле класификоване на: зељасте и дрвенасте, једногодишње, двогодишње и вишегодишње, листопадне или вечнозелене и друге.

Дански еколог **Раункиер** (Raunkiær) је почетком прошлог века дао врло једноставну класификацију животних форми која је и данас широко прихваћена. За овај систем од великог значаја је положај органа за преживљавање биљака (пупољака, листова, једногодишњих изданака и др.) у односу на површину земљишта, у неповољним климатским условима. Тако у пределима са хладним зимама, уколико су биљни органи ближе земљи, боље су заштићени снежним покривачем и мање су подложни штетном зимском транспирисању. Раункиер према преживљавању неповољног периода године, зимским хладноћама (у условима умерене и хладне климе) или сушном периоду (у тропским и суптропским областима), разликује следеће животне форме: **фанерофите**, **хамефите**, **хемикриптофите**, **криптофите** (геофите, хидрофите, хелофите) и **терофите** (Сл. 322).



Слика 322. Животне форме биљака (по Раункиеру)

ФАНЕРОФИТЕ. Овој животној форми припадају дрвеће и жбунови чији се пупољци налазе изнад 25 cm у односу на површину земље (Сл. 323). Зимом, у хладним и умереним областима, пупољци не могу бити заштићени снежним покривачем, те се сматра да су фанерофите најслабије прилагођене неповољном периоду године, у наведеним областима. Код већине дрвећа и жбунова нашег подручја, пупољци су заштићени чврстим љуспастим листићима. Према висини коју достижу, разликују се следеће групе фанерофита: **мегафанерофите** (дрвеће високо преко 30 m), **мезофанерофите** (дрвеће високо 8 - 30 m), **микрофанерофите** (дрвеће и жбунови висине 2 - 8 m) и **нанофанерофите** (жбунови високи од 25 cm до 2 m).



Слика 323. Фанерофите: а - мегафанерофита *Populus nigra* (црна топола); б - мезофанерофита *Tilia tomentosa* (сребрна липа); в - микрофанерофита *Sambucus nigra* (зова); г - нанофанерофита *Rosa canina* (дивља ружа)

ХАМЕФИТЕ. Пупољци ових биљака су ниже постављени и налазе се до 25 cm изнад површине земље, те су хамефите током зиме знатно боље заштићене, посебно уколико се формира снежни покривач. Неке од биљака које припадају овој групи су: *Vaccinium* sp. (боровница), *Thymus* sp. (мајчина душица), *Lysimachia nummularia* (полегли противак), *Hypericum perforatum* (кантарион) и друге (Сл. 324).



Слика 324. Хамефите: а - *Thymus* sp. (мајчина душица); б - *Lysimachia nummularia* (полегли противак); в - *Hypericum perforatum* (кантарион)

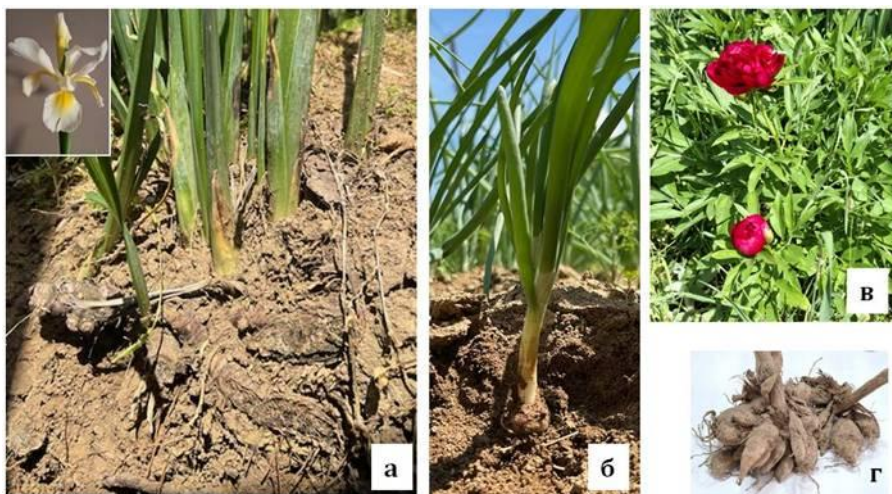
ХЕМИКРИПТОФИТЕ. Пупољци ових биљака налазе се при основи стабла, непосредно изнад површине земље (Сл. 325). Зими су пупољци добро заштићени опалим грањем, лишћем или снежним покривачем. Сви надземни делови биљака током зиме пропадају. Највећи број биљака умерене зоне припада хемикриптофитама. Према облику надземних изданака можемо их поделити на: биљке без розете (*Urtica dioica* - коприва, *Lysimachia vulgaris* - противак), биљке са полурозетама (*Achillea millefolium* - хајдучка трава, *Ranunculus acer* - љутић) и биљке са лисним розетама (услед скраћених интернодија, листови су при основи стабла) - *Taraxacum officinale* - маслчак, *Plantago media* - боквица, *Bellis perennis* - бела рада.



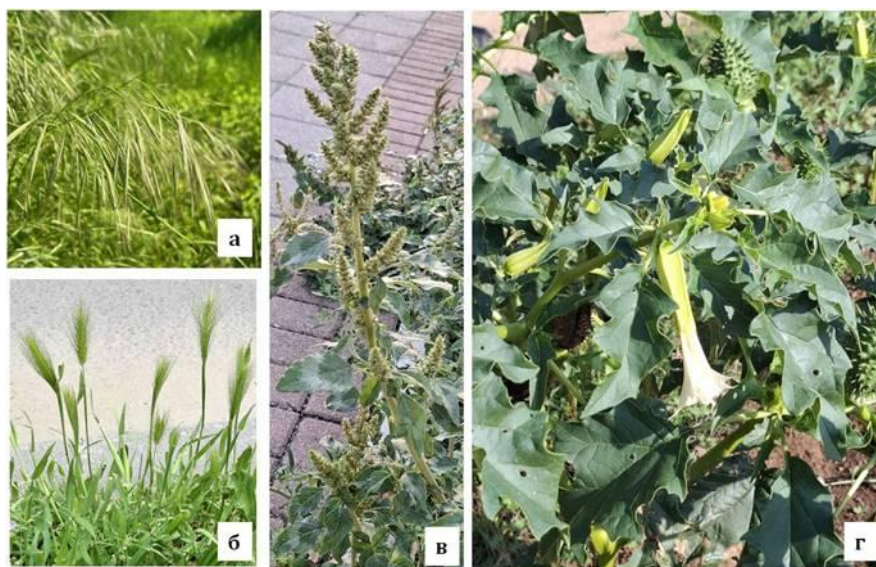
Слика 325. Хемикриптофите: а - *Urtica dioica* (коприва); б - *Ranunculus polyanthemus* (многоцветни љутић); в - *Taraxacum officinale* (маслчак)

КРИПТОФИТЕ. То су биљке чији надземни органи током зиме у потпуности пропадају, а пупољци се налазе у земљи (**геофите**), у води (**хидрофите**) или у муљу (**хелофите**). Код геофита пупољци се налазе на: ризомима (*Agropyrum repens* - пиревина, *Cynodon dactylon* - зубача, *Iris* - перуника), луковицама (*Allium ursinum* - сремуш, *Galanthus nivalis* - висабаба, *Crocus* sp. - шафран), кртолама (*Solanum tuberosum* - кромпир, *Phaeonia officinalis* - божур), коренским кртолама (*Dahlia variabilis* - георгина) или на корену (*Cirsium arvense* - паламида, *Convolvulus arvensis* - попонац) - сл. 326. Код хидрофита (водених биљака) пупољци се налазе у води (*Nymphoides peltata* - локвањчић, *Nuphar luteum* - жути локвањ) и код хелофита (мочварних биљака) у муљу (*Phragmites communis* - трска, *Typha* sp. - рогоз).

ТЕРОФИТЕ. То су једногодишње, зељасте биљке које неповољан период године преживљавају у облику семена. Многобројне коровске биљке распрострањене у агроекосистемима овог подручја припадају животној форми терофита (*Bromus sterilis* - класача, *Hordeum murinum* - попино прасе, *Amaranthus retroflexus* - штир, *Chenopodium album* - пепељуга, *Datura stramonium* - татула, *Erigeron canadensis* - худолетница, *Panicum crus-galli* - коровско просо) - сл. 327.



Слика 326. Геофите: а - *Iris* sp. (перуника); б - *Allium cepa* (црни лук); в - *Phaeonia officinalis* (божур); г - *Dahlia variabilis* (георгина)



Слика 327. Терофите: а - *Bromus sterilis* (класача); б - *Hordeum murinum* (попино прасе); в - *Amaranthus retroflexus* (штир); г - *Datura stramonium* (татула)

Важно је напоменути, да иако је Раункиеров систем широко прихваћен, ипак постоје и новији системи који садрже извесне измене и побољшања.

С обзиром да тип животне форме омогућава одређеним биљним врстама преживљавање неповољног периода године, у различитим климатским областима доминирају различите животне форме. На тај начин се помоћу анализе заступљености животних форми може окарактерисати клима тог подручја. **БИОЛОШКИ СПЕКТАР** представља процентуално учешће појединих животних форми у некој биљној заједници, локалној флори или флори

одређене шире области. Биолошки спектар је дакле својеврсна илустрација општих климатских (животних) услове неке области и може послужити као индикатор климе. Тако, у влажним тропским областима преовлађују фанерофите, у сувљим тропским областима нанофанерофите и хамефите. У умереној зони, доминирају хемикриптофите, а у хладним областима хемикриптофите и хамефите. У субекваторијалној области, са недовољно влаге у току зиме, преовлађују терофите. У флори Србије доминирају терофите, а укупан биолошки спектар је теро-хемикриптофитског карактера.

ВОДА КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Укупна количина воде на Земљи је око 26,6 трилиона тона, од чега се у литосфери налази 94,7%. У хидросфери, тј. воденом омотачу налази се 5,3%, а чине га океани, мора, реке, потоци, језера, мочваре, акумулације, ледене масе глечера, земљишна влага, подземна и атмосферска вода. Вода покрива чак 71% површине Земље. Од укупне количине воде, само 2,4% је слатка вода и налази се на 1% површине копна.

Вода је неопходан услов живота, па и као еколошки фактор има изузетан значај за све биљке. **Основа је за обављање свих физиолошких и биохемијских процеса** у биљкама. Она је идеалан **растварач и транспортер** минералних материја. Вода чини **највећи део биљног тела**, те њен садржај варира од 5-10% у семенима, до чак 98% у неким зељастим биљкама. Постојање и одржавање **тургора** могуће је само услед присуства и уласка воде у ћелију. Одавањем воде у процесу **транспирације** омогућено је, између осталог, хлађење биљака. **Дистрибутивни значај** воде на биљке је огроман и у регионалним и у локалним размерама. Наиме, вода је неравномерно распоређена на Земљи и њена количина веома варира на различитим стаништима: екстремно је мала на сушним, аридним стаништима пустињског подручја, до врло велика на влажним, хумидним стаништима морских обала. Зато на зоналан распоред вегетације на Земљи велики утицај има управо влажност. **Формативни значај** воде на биљке је снажан и упечатљив, те су се, у вези са различитим водним режимом, развиле различите адаптивне форме и различити еколошки типови биљака. Вода утиче на све остале еколошке факторе (температуру, светлост, земљиште, ваздух), модификује их и у садејству са њима делује на биљке.

ВОДНИ РЕЖИМ БИЉАКА. Процеси усвајања, кретања и одавања воде чине водни режим биљке. **Примање воде** из подлоге биљка обавља кореновим системом, **спровођење воде** до свих органа се одвија посредством проводних ткива (флоемом и ксилемом) и **одавање воде** процесом транспирације преко надземних органа, углавном листа.

Код највећег броја копнених биљака вода се усваја кореновим системом. Вода у ризосферу (зону корена) доспева падавинама или од подземних вода (ако је њихов ниво довољно висок). Усвајање воде кореном представља и основни начин снабдевања биљке раствореним минералним материјама. Коренов систем појединих биљака је веома разгранат и може продрети до

дубљих слојева земљишта. Тако, биљке које расту у сувим и топлим областима (нпр. пустињама и степама), у условима физичке суше земљишта, имају коренов систем који поседује и одређене физиолошке карактеристике (нпр. врло висока вредност осмотског притиска у ћелијама корена). За усвајање воде веома је значајан однос између степена влажности земљишта и концентрације ћелијског сока, тј. осмотског притиска. Код водених биљака вода се усваја углавном целом површином тела.

Уз термин **осмотски притисак** у употреби је и термин **осмотски потенцијал**, који је по вредности једнак осмотском притиску, али има негативан предзнак. Тако нпр. са повећањем концентрације растворених честица, осмотски потенцијал раствора постаје негативнији, а осмотски притисак виши. Вредности осмотског притиска, тј. осмотског потенцијала код различитих биљака су врло различите, од 0,5 до 2,5 МПа, екстремно и преко 10 МПа (100 бара). И у различитим органима и ткивима једне биљке ове вредности су различите, чиме је, између осталог, омогућено усвајање и транспорт воде у биљци.

Одавање воде биљка претежно обавља процесима транспирације и гутације. Транспирацијом се одаје огромна количина воде (нпр. бреза за 1 дан губи око 400 l воде). Од укупно усвојене воде кореновим системом, за синтезу материја користи се само 0,5%, а остатак се одаје транспирацијом. Стоматерна транспирација врши се посредством стоминог апарата и има активан карактер, док транспирација преко спољашњих зидова епидермалних ћелија прекривених кутикулом - кутикуларна транспирација, има пасиван карактер. Код неких биљака, у одређеним околностима, процесом гутације одаје се вода у виду капљица преко посебних жлезда - хидатода („водених стома“).

Однос између примљене и одате воде представља **водни биланс** (водни статус) биљке. Уколико је количина усвојене воде већа од одате, водни биланс је позитиван, а уколико је количина усвојене воде мања од одате, водни биланс је негативан (водни дефицит, водни стрес).

Влажност земљишта и могућност коришћења воде у земљишту. Вода на планети Земљи кружи, што је означено као хидролошки циклус. Захваљујући Сунчевој енергији, вода испарава са свих водених површина у виду водене паре. Кондензацијом водене паре у облацима, вода се излучује у виду течног или чврстог стања (киша, снег, роса, магла, град), те се вода у биосфери јавља у сва три агрегатна стања. Основни тип снабдевања земљишта влагом и најповољнији вид снабдевања биљака водом је киша. Снег поред тога што штити презимљујуће органа од измрзавања, такође доприноси влажности земљишта. Роса је посебно значајна у сушним летњим месецима као драгоцен извор воде. И магла је врло корисна јер смањује загревајуће дејство Сунчевог зрачења у летњим месецима. Град је штетан јер често механички оштећује биљке.

Вода, која је падавинама доспела на земљиште, отиче по површини, полако испуњава све шупљине, канале и земљишне капиларе и у зависности од нагиба терена, особина земљишта и густине вегетације, понире до дубљих слојева. У земљишту је вода везана различитим силама, те корени биљака

морају да савладају отпор приликом усвајања воде. То су површинске, хидростатичке и гравитационе силе, као и осмотски потенцијал земљишног раствора. Осмотски потенцијал земљишног раствора зависи од растворених супстанци и уколико је концентрација растворених супстанци велика, осмотски потенцијал је низак те је онемогућено усвајање воде већини биљака. Тако на слатинама могу опстати само халофите, биљке које имају врло низак осмотски потенцијал ћелија, што им омогућава да из земљишног раствора врло велике концентрације апсорбују воду.

За биљке, вода у земљишту може бити **доступна** и **недоступна**. **Доступна вода** налази се у шупљинама и каналима у земљишту, као гравитациона и капиларна вода. Количина воде, која као **гравитациона вода** одлази у дубље слојеве, зависи од физичко-хемијских особина земљишта, пре свега величине пора. Гравитациона вода пролази кроз веће поре и доступна је биљкама само кратко време, те није довољно ефикасно искоришћена од стране биљака. С обзиром да је подложна сили Земљине теже, она доспева у дубље слојеве земљишта до којих не допиру корени већине биљака, до непропусног слоја, где чини **подземну резерву воде**. Вода која се задржава у ситнијим шупљинама (мањим од 10 μm), уским каналима и капиларима у земљишту је **капиларна вода**. Ова вода везана је силама површинског напона и адхезијом за зидове капилара. За биљке, она је најважнији део воде земљишта.

Недоступна вода везана је за честице земље, као опнена и хигроскопна вода. **Опнена вода** налази се уз честице земљишта захваљујући силама молекуларног привлачења и претежно је недоступна за биљке. Ипак, ксерофите на сувим стаништима (пустиње, степе, саване и др.), које се одликују ниским осмотским потенцијалом, имају способност да искоришћавају и опнену воду. Слој воде уз саму површину честица земље је **хигроскопна вода**. Она је чврсто везана за честице земљишта јаким молекуларним силама због чега није покретна и не може да раствара соли.

Као што је већ наведено, могућност коришћења воде из земљишта условљена је и **осмотским потенцијалом биљке**. Осмотски потенцијал биљке резултат је присуства осмотски активних једињења у ћелијском соку (шећери, органске киселине, јони). Што је њихова концентрација већа, то је вредност осмотског потенцијала нижа, чиме је интензивирао улазак воде у ћелију. Вода пролазећи до вакуоле, кроз ћелијски зид и протоплазму, врши хидратацију ових делова ћелије. Улазак воде у вакуолу доводи до повећања њене запремине, притиска на протопласт и ћелијски зид, чиме се повећава тургор. Тургесцентна ћелија представља оптимално стање за одвијање свих физиолошких процеса у ћелији. Зато је одржавање тургора од кључног значаја за све копнене биљке које се често могу наћи у условима водног дефицита. Да би се тургор у овим условима очувао потребна је додатна акумулација осмотски активних једињења у вакуоли. Процес одржавања тургора у условима водног стреса назива се **осмотско прилагођавање** или **осморегулација**.

За јединствени **систем земљиште – биљка – атмосфера**, кроз који вода непрекидно протиче, важан је и водни потенцијал ваздуха који је директно

пропорционалан релативној влажности ваздуха. Овај потенцијал утиче на одавање воде, обим и карактер транспирације.

Параметри водног режима биљке: водни потенцијал, осмотски потенцијал, водни дефицит, интензитет транспирације, укупна и релативна количина воде и други, предмет су проучавања физиологије биљака, те на овом месту неће бити детаљније разматрани.

ТИПОВИ БИЉАКА У ОДНОСУ НА ВОДУ

У зависности од средине у којој живе, биљке категорисемо као **водене (хидрофите)** и **копнене (сувоземне, терестријалне, терестричне)**.

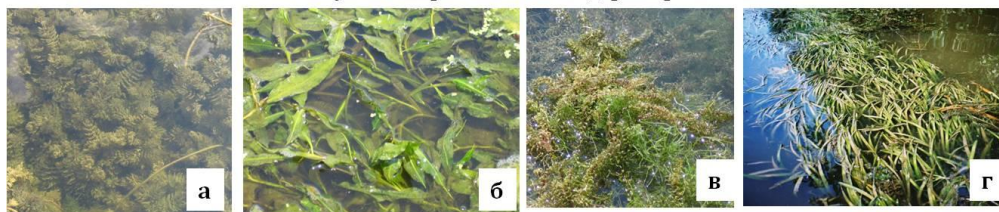
Хидрофите (грч. *hydor* - вода, *phyton* - биљка) односно водене, акватичне биљке су категорија биљака којима је **вода животна средина**. Водена средина пружа равномерније и сасвим другачије услове у односу на ваздушну средину. Воду и у њој расворене соли и гасове, хидрофите примају читавом површином тела. Код њих нема опасности од претераног испаравања и топлотни режим је уједначенији. Са друге стране, вода као животна средина условљава извесне тешкоће за ове биљке: смањена је количина кисеоника (око 30 пута је мања у односу на атмосферу), веома је смањен интензитет светлости, недостатак хранљивих материја у појединим воденим базенима и друго.

Хидрофите су читавим низом особина, испољеним у њиховој спољашњој и унутрашњој грађи, као и карактеру физиолошких процеса, прилагођене специфичним условима гасног, термичког и светлосног режима водене средине. Та специфична грађа хидрофита означена је као **хидроморфна грађа**. Ова грађа, с обзиром на смањену количину кисеоника у води и смањен интензитет светлости, подразумева повећану површину субмезних (потопљени) листова у односу на њихову запремину, тј. развој кончастих, тракастих или ланцетастих, обично врло танких листова чиме је вишеструко повећана лисна површина за размену гасова, примање светлости као и фотосинтетску активност. Положај хлоропласта је површински и налазимо их и у епидермису. Епидермалне ћелије су изузетно танке, са танком кутикулом и стомама које су изнад нивоа епидермиса. Хлоренхим није издиференциран на палисадни и сунђерасти паренхим, већ га чине само ћелије сунђерастог паренхима. Честа је појава хетерофилије, тј. развоја листова различитог облика на истој биљци, најчешће целих на површини воде и кончастих или тракастих у води. Моћно развијен аеренхим, са великим интерцелуларним шупљинама у листовима, стаблу и коренима, ублажава недостатак кисеоника у води, а истовремено омогућава и лебдење и одржавање биљака у води или на површини воде. Механички елементи су слабије развијени и налазе се у средишњим деловима стабла и листа што је прилагођеност на таласање и кретање воде. Честа је редукција кореновог система због упијања хранљивих материја из воде читавом површином тела. И проводна ткива, посебно ксилем, су доста редуковани. Такође, за водене биљке карактеристично је вегетативно размножавање као последица ниских

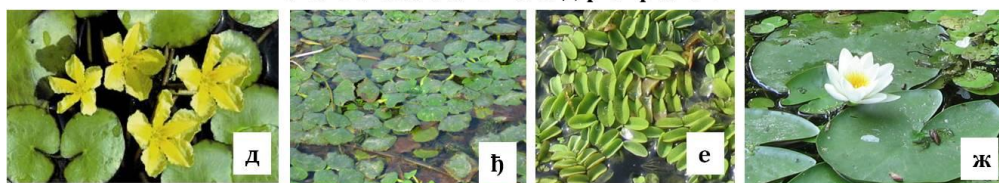
пролећних температура воде што скраћује вегетациони период чиме је отежано образовање цветова и полно размножавање. Посебан облик вегетативног размножавања је помоћу туриона, нарочитих расплодних пупољака.

Зависно од тога да ли су сасвим или делимично потопљене у води, хидрофите се категоришу на: **субмерзне**, **флотантне** и **емерзне** (Сл. 328).

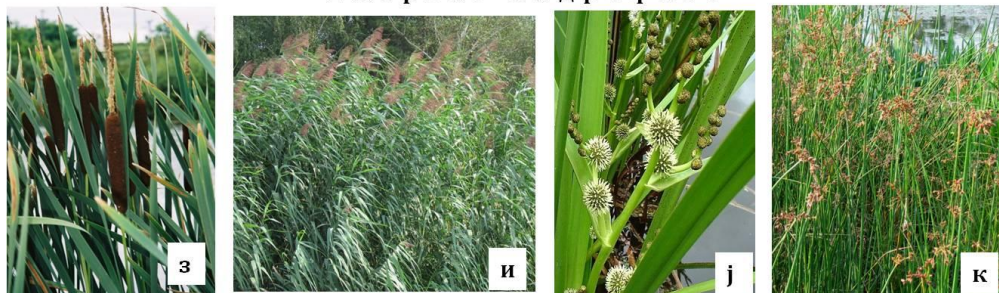
Субмерзне хидрофите



Флотантне хидрофите



Емерзне хидрофите



Слика 328. Хидрофите: а - *Ceratophyllum demersum* (потопљена ресина); б - *Potamogeton fluitans* (речни мрeсњак); в - *Elodea canadensis* (водена куга); г - *Vallisneria spiralis* (увијуша); д - *Nymphaeoides peltata* (локвањчић); ђ - *Trapa natans* (водени орах); е - *Salvinia natans* (непачка); ж - *Nymphaea alba* (бели локвањ); з - *Typha latifolia* (широколисни рогоз); и - *Phragmites communis* (трска); ј - *Sparganium ramosum* (јагораст); к - *Schoenoplectus lacustris* (облић)

Субмерзне хидрофите (потопљене) развијају се испод површине воде. Оне могу бити укорeњене и неукорeњене. У нашем подручју, честе субмерзне хидрофите које се не укорeњују су: *Ceratophyllum demersum* (потопљена ресина, вошћика), *Utricularia vulgaris* (мешинка), а укорeњују се: *Myriophyllum spicatum* (класасти кроцањ), *Vallisneria spiralis* (увијуша), *Elodea canadensis* (канадска водена куга), врсте рода *Potamogeton* (мрeсњаци) и др.

Флотантне хидрофите (пливајуће) имају део изданка који плива на површини воде, а други део је развијен под водом. Цветови су увек

издигнути изнад воде, ређе пливају по површини воде. У акватичним екосистемима нашег подручја најзаступљеније су: *Trapa natans* (водени орах), *Salvinia natans* (непачка), *Spirodella polyrrhiza* (брадата спиродела, барска лећа), *Lemna minor* (мала сочивица, водена лећа), *Nuphar luteum* (жути локвањ), *Nymphaea alba* (бели локвањ), *Hydrocharis morsus ranae* (жабогриз), *Nymphoides peltata* (локвањчић, плавун) и др.

Емерзне хидрофите (мочварно-барске, семиакватичне) имају већи део изданка изнад воде, а мањи део изданка и корен у води. Најраспрострањеније емерзне хидрофите су: *Phragmites communis* (трска), *Typha angustifolia* (усколисни рогоз), *T. latifolia* (широколисни рогоз), *Glyceria maxima* (велика сладика), *Schoenoplectus lacuster* (облић), *Sparganium ramosum* (јажораст) и др.

Заступљеност биљака условљена је претежно особинама водених базена: дубином, прозраношћу, температуром, салинитетом, количином нутријената и растворених гасова у води и др. Међутим, како вода као животна средина ублажава локалне разлике између водених базена, водена вегетација, у различитим климатским областима, мање је разноврсна у односу на сувоземну (водена вегетација припада азоналном типу вегетације).

СУВОЗЕМНЕ БИЉКЕ, према томе да ли имају механизме за регулацију водног режима, делимо на **поикилохидре** и **хомеохидре**. Хомеохидре се затим, према степену влажности станишта, деле на: **хигрофите**, **мезофите** и **ксерофите**.

Поикилохидре су биљке чији водни статус директно зависи од садржаја воде у спољашњој средини и у потпуној су равнотежи са њом. Оне су у директној зависности од влажности средине јер нису у стању да регулишу своје хидрично стање. Поикилохидре, у условима суше, губе воду до потпуне дехидратације (анабиоза, латентно стање), а протопласт бива сачуван тако што су мембрански системи заштићени специјалним механизмима па не долази до деструкције. Протопласти у овом стању не обављају животне функције, али нису изгубили животну способност. Појавом воде у спољашњој средини, ове биљке почињу да бубре усвајањем воде целом површином тела и убрзо успостављају све животне функције. Поикилохидре, за разлику од хомеохидри, немају у ћелијама крупну централно постављену вакуолу, већ имају више ситних вакуола. Поикилохидрама припадају: бактерије, алге, лишајеви и маховине. Код папрати је поикилохидричан гаметофит, а спорофит је хомеохидричан. Поикилохидре су ретке међу цветницама, а у нашој флори то су ендемичне врсте рода рамонда (*Ramonda nathaliae* и *R. serbica*), које се због поикилохидричности називају „биљке које васкрсавају“.

Хомеохидре (изохидре) су биљке које имају сопствену влажност релативно независну од влажности спољашње средине. Ћелије ових биљака имају крупну, централно постављену вакуолу у чијем се ћелијском соку налазе осмотски активне материје одговорне за осморегулацију. Поред осморегулације, која је основни механизам у одржавању водног биланса и

тургора, постоје и многи други физиолошки и морфолошки механизми. Хомеохидре се деле на стенохидричне и еурихидричне биљке. **Стенохидричне биљке** имају мале промене водног биланса у току дана и током сезоне захваљујући многим адаптацијама којима се ограничава транспирација и малим вредностима осмотског потенцијала (биљке аридних и хумидних подручја). Насупрот њима, **еурихидричне** биљке имају велика колебања потенцијала воде у току дана и у току сезоне.

Хомеохидре се према степену влажности станишта деле на: **хигрофите** (биљке влажних станишта), **мезофите** (биљке умерено влажних станишта) и **ксерофите** (биљке сушних станишта и станишта на којима је биљкама вода недоступна).

ХИГРОФИТЕ (грч. *hygros* - влажан, *phyton* - биљка) су биљке прилагођене **великој влажности станишта** и представљају прелазну групу између хидрофита и мезофита. То су стенохидричне биљке, тј. њихов водни статус се у већој мери не мења ни током дана, ни током сезоне. Од свих копнених биљака су најнеотпорније на



Слика 329. Хигрофите: а - *Chelidonium majus* (мајска руса); б - *Lythrum salicaria* (велика врбица)

сушу. Хигрофите су најчешће заступљене у доњим спратовима шума, у мочварама, ритовима, на влажним ливадама умерене зоне.

Њихова **хигроморфна грађа** условљена је високом релативном влажношћу ваздуха, ниским интензитетом светлости и слабом аерацијом земљишта због прекомерне количине воде. Корени хигрофита су слабије развијени, негранати, плитко постављени, а због слабе аерације земљишта, аеренхим је врло заступљен. Проводна, поготово ксилем, и механичка ткива су слабије развијена. Адаптације на смањен интензитет светлости су танки, нежни, скоро провидни листови већих димензија, танкозидни епидермис који садржи хлоропласте и танка кутикула. Мезофил често није диференциран и садржи крупне интерцелуларе који потпомажу размену гасова. Стоме хигрофита су испупчене изнад нивоа епидермиса, крупне и проређене.

Представници хигрофита шума су *Chelidonium majus* (мајска руса) и *Oxalis acetosella* (зечја соца), а међу хигрофитама влажних станишта *Bidens tripartitus* (двозуб, козји рогови), *Lythrum salicaria* (велика врбица) и друге (Сл. 329).

МЕЗОФИТЕ (грч. *mesos* – средњи, *phyton* - биљка) су сувоземне биљке прилагођене условима **умерене влажности станишта**. Ова врло хетерогена еколошка категорија биљака прелазна је група између хигрофита и ксерофита. Мезофите су често вишегодишње биљке. Широко су распрострањене у умереној зони и припадају различитим животним формама. Мезофитама припада већина листопадног дрвећа, жбуња, већина зељастих ливадских и шумских биљака, корова, као и гајених биљака.

Мезоморфну грађу одликују: крупни, пљоснати, танки листови са умерено развијеним проводним, механичким и кожним ткивом. Мезофил је са умерено развијеним палисадним и веома добро развијеним сунђерастим ткивом. Кутикула је слабије развијена, а длакавост је умерена. Стоме су најчешће присутне са наличја листа и малобројне су. Постоји стоматерна регулација транспирације што донекле омогућава да у сушним периодима уравнотеже свој водни баланс. Међутим, недовољно развијена кутикула и друге периферне заштите условљавају већи ниво кутикуларне транспирације и разлог су осетљивости мезофита на сушу. Коренов систем је типично развијен с обзиром на умерену количину влаге у подлози. Надземна маса мезофита је већа од подземне.

Мезофите су суши прилагођене боље него хигрофите, али много лошије од ксерофита. Суша за њих представља најважнији ограничавајући, стресни фактор опстанка. Сушни период доводи до промене водног биланса станишта са више фактора: смањењем влаге земљишта (земљишна суша), повећањем температуре ваздуха (температурни шок) и смањењем влажности ваздуха или повећањем интензитета струјања ваздуха (ваздушна суша). Већа или мања отпорност према суши је нарочито важна код гајених биљака. Тако, уколико се нађу у неповољним условима по питању влажности, оне могу показати извесни степен ксероморфности. Тада ће њихова нерватура листа бити нешто гушћа, стоме бројније, а палисадно ткиво јаче развијено. Код мезофита је изражена и појава **лисног полиморфизма** (по закону Заљенског), па листови при врху стабла имају ксероморфнију грађу, него листови при дну стабла. Ова појава објашњава се чињеницом да горњи листови добијају мање воде, образују се касније и развијају у сушнијим условима у односу на доње листове.

КСЕРОФИТЕ (грч. *xeros* - сув, *phyton* - биљка) су биљке прилагођене условима повремене или дуготрајне суше. То су биљке које су и на врло сувом станишту способне да врше фотосинтезу на релативно високом нивоу јер су различитим физиолошким и морфолошким карактеристикама прилагођене отежаном снабдевању воде.

На степама, пустињама, стеновитим планинама и слично, присутан је стварни недостатак влаге, што називамо **физичком сушом**. Биљке прилагођене физичкој суши су ксерофите у ужем смислу. Ове биљке често су истовремено изложене и условима високе температуре, па су ове ксерофите прилагођене и суши и високим температурама (склерофите и сукуленте) или хладним сушним пределима какви су високе планине и тундре (криофите).

Физиолошка суша присутна је на стаништима на којима постоји довољна количина воде, али је она биљкама недоступна због неког фактора који

отежава апсорпцију воде: хладноће у арктичким и антарктичким пределима, као и на одређеном висинском појасу на планинама (психрофите), високе концентрације соли на слатинама и заслањеним мочварама (халофите), киселости земљишта (оксилофите) и друго.

Ксерофите имају два основна механизма за превазилажење суше: један је одржавање високог садржаја воде (имају развијеније подземне органе у односу на надземне, велике резерве воде у телу, смањену транспирациону површину) или други, поседују отпорност на дехидратацију (имају висок осмотски притисак, па и после губитка велике количине воде, способност да се опораве када добију воду).

Све ксерофите, тј. биљке изложене дуготрајном водном стресу, одликује **ксероморфна грађа** што значи да су морфолошки и физиолошки адаптиране на сушне услове станишта. Њихов веома развијен коренов систем може бити површински и екстензиван, којим се усваја вода из површинских слојева земљишта после ретких и краткотрајних киша или дубински и интензиван, којим се усваја вода из најдубљих слојева земљишта. Добро развијено проводно ткиво омогућава брзо провођење апсорбоване воде у надземне делове биљке. Листови су са смањеном лисном површином, ситни и кожасти, често веома редуковани. Ћелије епидермиса су ситне, са дебелом кутикулом, воштаним превлакама, бројним длакама, епидермис је често вишеслојан. Стоме су малобројније у односу на мезофите и увучене су испод нивоа епидермиса. Лисна нерватура је густа. Палисадно ткиво је развијеније од сунђерастог. Осмотски притисак у ћелијама је висок.

Склерофите („праве ксерофите“) имају изражену ксероморфну грађу (Сл. 330а-в). Њихов коренов систем је добро развијен. Листови су чврсти, дебели, кожасти са вишеслојним епидермисом, често длакави, тј. присутне су бројне периферне заштите којима смањују кутикуларну транспирацију. Палисадно ткиво често је присутно и на наличју листа. Механичко и проводно ткиво знатно је заступљено. Склерофите су: ловор, ковиље, жалфија, ефедра, рузмарин, олеандер, храст цер, сладун и друге.

Сукуленте имају сочне надземне делове у којима се резервише вода. Стаблосе сукуленте воду резервишу у меснатом стаблу које обавља и процес фотосинтезе, а листови су метаморфозирани у трнове како би се редуковала транспирациона површина (Сл. 330в). Стоме ових биљака су преко дана обично стално затворене. Коренов систем је површински и веома разгранат како би апсорбовао воду после ретких и краткотрајних киша. Вода може да се резервише и у меснатим и волуминозним листовима, нпр. код чуваркуће, алоје, агаве и друге (лиснате сукуленте). Сукулентну грађу имају кактуси (фам. Састасеае) и неке млечике (фам. Еурхорбиасеае).

Криофите (грч. *kryos* - хладноћа, лед, *phyton* - биљка) живе у хладним тундрама и на скелетним земљиштима на високим планинама, изложене хладноћи и физичкој суши. Ове биљке имају скраћене и веома густе изданке које формирају компактне розете и јастучасте форме, чиме се успешније штите од екстремних услова.



Слика 330. Склерофите: а - *Laurus nobilis* (ловор); б - *Nerium oleander* (олеандер); в - сукуленте из фам. *Cactaceae* (кактуси); халофита: г - *Statice gmelinii* (травуља)

Психрофите (грч. *psychria* - хладноћа, *phyton* - биљка) су становници хладних и влажних станишта у високопланинским областима и тундрама где су изложене физиолошкој суши. И поред довољне количине влаге у подлози, због ниских температура и често смрзнуте воде у подлози, отежано апсорбују воду, те су психрофите истовремено прилагођене и хладноћи и физиолошкој суши. То су ниске, јастучасте, приземне биљке, са ситним, кожастим листовима прекривеним воском и длакама. Психрофите обухватају зимзелене и листопадне жбуниће, па ретко чак и дрвеће.

ХАЛОФИТЕ (грч. *hals* - со, *phyton* - биљка) су биљке адаптиране на високе концентрације соли на слатинама, заслањеним мочварама и морским обалама (Сл. 330г). Ове биљке су изложене осмотском стресу јер је због присуства соли у подлози апсорпциона моћ корена смањена. **Халоморфна грађа** подразумева меснату сукулентну грађу вегетативних органа, а на листовима су често присутна жлездана ткива којим избацују вишак соли. Наиме, халофите одликује способност концентрације великих количина соли у ткивима и висок осмотски притисак ћелијског сока. У нашој флори велики

број халофита припада фамилијама Chenopodiaceae, Plumbaginaceae, Amarantaceae и друге.

Оксилофите (грч. *oxys* - кисео, *phyton* - биљка) су биљке прилагођене киселој подлози. Већином су становници северних хладних мочварних подручја, влажних киселих станишта на високим планинама посебно на сфагнумским тресавама, али и низијских киселих мочварних станишта на југу.

ВАЗДУХ КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Ваздух је смеша гасова која обавија Земљу, стварајући њен гасовити омотач - **атмосферу**. Удаљавајући се од површине Земље у висину, густина ваздуха се смањује експоненцијално, али молекуле ваздуха можемо затећи и на висини од 3 000 km, мада се рачуна да дебљина атмосфере износи 1 500 km.

Све атмосферске и климатске појаве се одвијају у најнижих десетак километара. То значи да је атмосфера веома танак слој који обавија нашу Планету, тако рећи опна.

Иако је толико танка, атмосфера одлучујуће утиче на све процесе, а посебно на живот на површини Земље. Атмосферски омотач штити нашу Планету од прекомерног загревања и хлађења. Уколико не би било атмосфере, средња температура на Земљи би била -18°C , вода би тада била само у чврстом агрегатном стању и живот на нашој Планети не би био могућ. Овако, средња температура износи $+15^{\circ}\text{C}$, што омогућава да воду налазимо у сва три агрегатна стања и живот буја. Поред тога, атмосфера штити живот на Земљи и од разарајућег дејства Сунчевог ултраљубичастог и осталог космичког зрачења.

Атмосфера се највећим делом загрева од површине Земље, тако да када посматрамо температуру, она се мења идући од површине вертикално навише. Према промени температуре ваздуха, атмосферу делимо на пет основних слојева, идући од површине Земље: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера (јоносфера) и егзосфера.

Тропосфера је најнижи и најгушћи слој атмосфере, пружа се од површине Земље до просечно 12 km висине и најважнији је слој атмосфере за постојање и опстанак живота на Земљи, посебно њени нижи слојеви (до неколико хиљада метара). Управо приземни слојеви тропосфере се одликују специфичним својствима (хемијски састав, ваздушни притисак, температура, влажност, густина) од којих зависи живот различитих организама, јер се ваздух, поред атмосфере, налази и у земљишту, али и у самим биљкама и животињама.

Ваздух, као еколошки фактор, на биљке делује својим **хемијским саставом** и **кретањем (ветар)**. У погледу **хемијског састава**, потребно је нагласити да је састав ваздуха релативно сталан на целој Земљи. Тако, у најнижем слоју тропосфере у смеси ваздуха има **азота око 78%**, **кисеоника око 21%**, **аргона око 0,93%**, **угљен-диоксида око 0,03%**, док се водоник, метан и племенити гасови (неон, хелијум, криптон...) налазе у веома малим деловима. Оваквим саставом се одликује сув и чист ваздух, међутим често се у ваздуху

могу наћи и водена пара и различите честице и једињења органског или неорганског порекла.

Азот из ваздуха, нема еколошки значај за биљке (изузев за неке ниже биљке, гљиве и бактерије), пошто га биљке не могу асимилувати у елементарном, гасовитом стању.

Кисеоник и његове мање промене удела у ваздуху немају еколошки значај за биљке јер његов удео свакако превазилази захтеве биљака током дисања. Међутим, његов удео у води и земљишту често може бити низак, па може бити одлучујући за опстанак неких врста у таквој средини. Оваквим условима се биљке прилагођавају својом морфо-анатомском грађом.

Међутим **угљен-диоксид** се у ваздуху налази у мањем уделу, безмало на доњој граници неопходној за несметано одвијање процеса фотосинтезе. Због тога и минимално глобално одступање од ове количине CO_2 , доводи до промена у интензитету фотосинтезе. Опадање нивоа CO_2 испод вредности 0,03% изазива смањење интензитета фотосинтезе, па чак и прекидање, док повећање нивоа CO_2 до одређене границе, доводи до интензивирања процеса фотосинтезе.

Код великог броја биљака, повећање концентрације CO_2 у ваздуху ће изазвати повећање интензитета фотосинтезе, као што је наведено. Међутим, даљим повећањем концентрације CO_2 , интензитет фотосинтезе ће стагнирати и остаће на одређеном нивоу. То указује на постигнуто стање равнотеже између фотосинтезе и дисања, које називамо **компензацијска тачка угљен диоксида**. Ово стање је у позитивној корелацији са светлосним и температурним режимом станишта дате биљке, односно оптималним интензитетом фотосинтезе.

Врло често ниво CO_2 варира у приземном слоју ваздуха непосредно уз биљни покривач, што се дешава као последица физиолошке активности биљака, климатских услова итд. Дакле, концентрација угљен-диоксида у ваздуху има изузетно велики еколошки значај за биљке и биљни покривач на Земљи. Као што је раније истакнуто, атмосфера има одлучујући заштитни утицај на живот на Земљи. Она ту улогу обавља тако што је веома фино подешен систем, па и најмања промена у саставу атмосфере, има несагледиве последице. Илустроваћемо то на примеру концентрације угљен-диоксида. Концентрација CO_2 данас износи око 0,037%. Дакле, не би смо много погрешили ако би смо рекли да њега практично и нема у атмосфери или прецизније, да га има у траговима. Пре индустријске ере, концентрација CO_2 је износила 0,028%. Ово повећање од свега 0,009%, нечега чега готово да и нема, поред осталих гасова стаклене баште (настали човековом активношћу), већина научника сматра главним покретачима глобалног загревања, чији смо сведоци. Бројни су физичко-хемијски параметри атмосфере за које можемо рећи да када не би имали бројчану вредност баш такву какву имају, изглед наше мале Планете би био драстично другачији, посебно што се тиче услова за опстанак и развој живота.

У индустријским и урбаним зонама мање или више долази до промена у саставу ваздуха. У оваквим областима ваздух садржи различите материје пореклом из индустријских или комуналних постројења, аутомобилских

мотора, клима уређаја и сл. Ваздух индустријских и урбаних зона садржи повећане количине угљен-диоксида, сумпор-диоксида, метана, азотних оксида и сл., као и већу количину честица прашине, чађи итд. Ове супстанце и честице се слепљују, захваљујући води коју нарочито садржи ваздух повећане влажности (највише зими) и стварају непровидну маглу коју обично називамо **смог**.

Атмосферски притисак (сила којом ваздух својом тежином делује на јединицу површине) нема већи директни еколошки утицај. Међутим, постоји индиректни утицај јер разлике у атмосферском притиску које се повремено јављају, изазивају кретање ваздуха са различитим степеном влажности и температуре. Управо **кретање ваздуха** има најдиректнији утицај на биљке. Наиме, ваздух се непрестано креће у вертикалном и хоризонталном правцу због чега долази до циркулације атмосфере на нивоу целе Планете. До кретања ваздуха долази услед промене атмосферског притиска, а ове промене су последица различитог загревања појединих области на Земљи. Кретање ваздуха омогућава преношење топлоте, подстиче испаравање и доприноси процесу кружења воде у биосфери, што је од великог значаја за живот на Земљи.

За биљке је од изузетног значаја кретање ваздуха које називамо **ветар**. Ветар је ваздушна струја која се креће хоризонтално или приближно хоризонтално изнад Земљине површине. Ветрови се разликују по брзини, односно јачини и правцу дувања. Разликују се благи ветрови мале брзине, нпр. поветарац (лахор), ветрови умерене брзине као и врло брзи, снажни, разорни ветрови - олујни ветрови. Брзина и правац ветра се често мењају, али ипак постоје карактеристични ветрови за одређена подручја односно за одређене временске периоде. Ветрови имају утицај на рељеф, обликујући га, јер преносе покретни материјал (песак, камење, делиће стена, органски материјал...), нарочито на површинама без вегетације. Овај процес се назива **еолска ерозија земљишта**, што је нарочито изражено у сушним и равничарским областима. Ветар најинтензивније делује на биљке у равничарским, високопланинским и приобалним морским областима због њиховог специфичног рељефа.

Ветар на биљке делује **директно** и **индиректно**. **Индиректно деловање ветра** се огледа у његовом утицају на друге еколошке факторе (нпр. на влажност, на опрашиваче, патогене организме и др.). Такође, разликујемо **позитивно** и **негативно** деловање ветра на биљке.

Директно деловање ветра огледа се у мењању квалитета и дебљине граничног слоја ваздуха око биљке што доводи до промене температуре у том слоју што утиче на интензитет фотосинтезе и транспирације. Тако ветрови променом температуре и влажности ваздуха, појачавају интензитет транспирације и апсорпцију воде са хранљивим материјама што утиче на повећање интензитета фотосинтезе. Међутим, јачи ветрови, који представљају кретање сувих ваздушних маса, могу изазвати код биљака појачано одавање воде, односно стање водног дефицита, што може довести до већења пупољака, листова, пропадање цветова и сл. **ДИРЕКТНО ПОЗИТИВНО ДЕЛОВАЊЕ ВЕТАР** има на размножавање биљака што се односи на процес

анемофилије, односно опрашивање уз помоћ ветра (Сл. 331), као и на процес **анемохорије**, односно разношење плодова и семена путем ветра.



Слика 331. Цветови прилагођени анемофилном опрашивању: а - *Dactylis glomerata* (јежевица); б - *Plantago lanceolata* (усколисна боквица)

ДИРЕКТНО НЕГАТИВНО ДЕЛОВАЊЕ ВЕТРА се огледа у његовом механичком деловању. Јак ветар може изазвати ломљење појединих делова биљке (ветроломи) или, ако је изузетно снажан, може и целу биљку са кореном да ишчупа из земље (ветроизвале) - сл. 332.



Слика 332. Негативни утицај ветра: а – ветролом; б - ветроизвала, изазване разорним ветром 2023. године



Слика 333. Круна облика „заставе“

Дрвенасте и жбунасте биљке се могу користити за смањење утицаја ветра. Због тога се често плански подижу и пажљиво одржавају пољо(заштитни) шумски и жбунасти појасеви („живе“ ограде) који доприносе смањењу негативног утицаја ветра, али и као ефикасна мера у заштити од, раније поменуте, еолске ерозије, првенствено на пољопривредним површинама.

Код усамљеног дрвећа или оног које расте на рубу шуме, где дувају стални ветрови, услед отежаног гранања са стране удара ветра често се развија круна специфичног облика, тзв. застава (Сл. 333).

Ветар својим механичким и исушујућим деловањем може негативно да утиче на општи изглед биљке – хабитус и да изазове мање или веће деформације као што су закржљали раст, асиметричан раст изданка итд. Ветар може негативно да делује и на пољопривредне усеве изазивајући полегање, што је често код жита (пшеница, јечам, раж итд.) – сл. 334. Повољна околност код трава (фам. Роасае) јесте присуство интеркаларног меристема који им омогућава да се опораве и усправе полегла стабла.



Слика 334. Полегање јечма (*Hordeum vulgare*) под утицајем ветра

ЗЕМЉИШТЕ КАО ЕКОЛОШКИ ФАКТОР

Земљиште је танак површински слој Земљине коре, настао дуготрајним процесом распадања стена под утицајем абиотичких и биотичких педогенетских фактора. У основне педогенетске факторе убрајамо: геолошку подлогу (материнска стена), климу, рељеф, активност биљних и животињских заједница, микроорганизама, активности човека као и старост терена (време).

Земљиште је квалитативно нова и јединствена целина коју називамо **педосфера** (грч. *pedon* – земљиште), која се под утицајем сталних хемијских, физичких и биолошких активности, постепено мења и добија карактеристику коју називамо **плодност**.

Тако се земљишта одликују својим саставом и квалитетом – плодношћу, што представља неопходне услове за развој и раст биљака, односно способност земљишта да задовољи потребе биљака за минералним материјама и водом. Управо разлике између плодности земљишта, услов су појаве и развоја различитих биљних врста односно њихових заједница. Захваљујући плодности, земљиште је важна карика у процесу кружења материје и енергије у природи. Наиме, зелене биљке, синтезу органских материја у процесу фотосинтезе обављају захваљујући светлости и угљен-диоксиду које усвајају својим надземним зеленим деловима изданка, док воду и минералне материје усвајају из земљишта, кореном. Ако се синтетисана органска материја не искористи (човек, животиње), доспеће у земљиште као угинула органска материја, која ће послужити као извор хране и енергије за многобројне земљишне организме. При томе ће доћи до њеног разлагања и ослобађања, у њој везаних, минералних материја и енергије. Овако ослобођени неопходни хемијски елементи постају поново доступни биљкама, што представља кружење елемената између живих организама, као и између спољашње средине и живих организама, кроз **биогеохемијске циклусе**.

Будући да земљиште на сва жива бића у њему или на њему делује својом **абиотичком** (стена, минерали, вода, ваздух) и **биотичком** (микроорганизми, биљке, животиње) **компонентом**, као и њиховим узајамним комплексним односима, можемо га посматрати као **комплекс еколошких фактора** означен као **едафски фактор**.

Земљиште се одликује својим **физичким, хемијским и биолошким карактеристикама**.

Физичке карактеристике земљишта су: механички састав (текстура), структура, порозност, водни, ваздушни и топлотни режим, боја итд. Земљиште је веома сложен систем који се састоји из три фазе: **чврсте, течне и гасовите**. Његову чврсту фазу чине **минералне честице**, различите величине и облика, пореклом од матичне стене (шљунак, песак, глина, колоиди).

Механички састав или текстура земљишта односи се на процентуално учешће честица различитог пречника. Механички састав земљишта утиче на све остале карактеристике земљишта као и на његову плодност. За већину

земљишта карактеристично је присуство три основне механичке фракције: **песак** (пречник 2-0,02 mm), **прах** (0,02-0,002 mm) и **глина** (<0,002 mm). Само у неким земљиштима су присутне и крупније фракције: шљунак (пречника 20-2 mm) и камење (>20 mm).

Структуру земљишта чине честице спојене у структурне агрегате (честице глине, праха, песка, органских једињења итд.) који се разликују по облику, величини, чврстоћи и водоотпорности. Образовање агрегата омогућено је присуством довољне количине минералних и органских земљишних колоида. За образовање агрегата важно је присуство колоида глине и других минералних честица, присуство квалитетног хумуса (са хуминским киселинама важним за слепљивање честица), јона калцијума итд. СТРУКТУРНА ЗЕМЉИШТА су плоднија јер структурност погодује водно-ваздушном и топлотном режиму, као и режиму минералних материја. За гајене биљке најповољнија су земљишта (стабилне) ситно мрвичасте структуре.

Ако су земљишне честице дисперговане, механички међусобно раздвојене и нису повезане у структурне агрегате, тада је земљиште НЕСТРУКТУРНО. Код оваквих земљишта нестабилни агрегати се после кише расплину и распадају приликом обраде, претварају у прашину, а после влажења образују покорицу која ремети ваздушни режим земљишта.

Порозност земљишта чини процентуални удео свих пора у односу на укупну запремину земљишта. Порозност зависи од текстуре, структуре као и од садржаја органских материја у земљишту и креће се од 25% код слабопорозног земљишта, до 75% код веома порозног земљишта. Структура земљишта је повољнија што је већа његова порозност (изузев тресета који има велику порозност, али је нестабилне структуре). Порозност се одражава на ВОДОПРОПУСТЉИВОСТ и АЕРОПРОПУСТЉИВОСТ земљишта, мања је код глиновитих земљишта, а већа код песковитих земљишта.

Водни режим земљишта зависи од структуре земљишних агрегата, што се односи на могућност земљишта да задржава воду - ВОДОДРЖИВОСТ или да пропушта воду - ВОДОПРОПУСТЉИВОСТ. Вододржива способност земљишта представља адсорпцију молекула воде на површини чврстих честица, али и задржавање воде у капиларним порима. Глиновита земљишта се одликују бољим задржавањем воде од песковитих земљишта, али је та вода често недоступна за биљке јер је везана молекуларним силама за честице земљишта. Песковита земљишта имају слабу вододрживост, односно имају изражену водопрпустљивост због изражене порозности. Особина капиларности, која је изражена код глиновитих земљишта, омогућава капиларно подизање воде (узлазни ток), исушивањем површинских слојева земљишта. Вода у земљиште доспева захваљујући атмосферским талозима, кондензацији водене паре, снежном покривачу, поплавама, подземним изворима итд. Земљиште губи воду захваљујући испаравању са његове површине (евапорација), отицањем, транспирацијом биљака као и коришћењем воде од стране других живих бића у земљишту.

Ваздушни режим се разликује између различитих типова земљишта. Тако глиновита земљишта имају неповољнији ваздушни режим. Вода и ваздух у

земљишту делују антагонистички, односно што је више воде у земљишту, остаје мање простора за ваздух. Ваздух у земљишту потиче из атмосфере или настаје из биохемијских реакција у самом земљишту. Присуство ваздуха у земљишту је неопходно јер омогућава важне процесе попут оксидације, нитрификације, минерализације итд.

Топлотни режим земљишта зависи од примања, провођења и одавања топлоте која је углавном пореклом од Сунчевог зрачења. Само мали део топлоте потиче из унутрашњости Земље или од процеса разлагања. Од температуре земљишта зависе физичко-хемијски процеси као и живот односно активност земљишних организама. Топлотни режим зависи од механичког састава, па се тако глиновита земљишта спорије загревају, јер су влажнија и лошијег ваздушног режима, па их карактеришемо као ХЛАДНА и ТЕШКА. Песковита земљишта су, са друге стране, ЛАКА и СУВА. Присуство биљног покривача - вегетације, у зависности од типа и густине, утиче на повољнији топлотни режим и умереније температурне промене. Присуство шумског покривача, у летњем периоду, смањује загревање земљишта, а зими спречава губљење топлоте. Додатно, присуство стеље (накупљен, делимично разграђен биљни материјал), на површини земљишта, отежава загревање земљишта јер стеља задржава топлоту. Тамна земљишта су топлија јер интензивније апсорбују Сунчево зрачење, од светлих, која поред тога, одбијају значајан део зрачења.

Боја је најупадљивија физичка карактеристика земљишта, а зависи од садржаја различитих бојених састојака, од механичког састава и од влажности земљишта. У погледу боја земљишта, доминантне су црна, црвена и бела, али и мноштво нијанси. На боју земљишта утичу бојене материје: **хумусне материје** - настају процесом хумификације и делимичне разградње угинулих организама у земљишту, дају земљишту ТАМНО СИВЕ, СИВО-СМЕЂЕ и ЦРНЕ НИЈАНСЕ, у зависности од количине и врсте хумуса, **оксиди** и **хидроксиди гвожђа** - дају земљиштима ЦРВЕНУ, СМЕЂУ или ЖУТУ БОЈУ, **кварц, опал и други минерали** - дају БЕЛУ или СВЕТЛО СИВУ БОЈУ, **феро једињења** - дају ПЛАВУ и ЗЕЛЕНУ БОЈУ земљишту.

ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗЕМЉИШТА су од највећег значаја за плодност земљишта и односе се на укупан хемијски састав (његове чврсте, течне фазе - земљишног раствора и гасовите фазе) као и рН земљишта. Укупан хемијски састав земљишта чине различити елементи у различитим хемијским једињењима или у елементарном облику и то, **органогени елементи** (угљеник, азот, кисеоник и водоник), **неметали** (сумпор, фосфор, силицијум, хлор) као и **метали** (натријум, калијум, калцијум, магнезијум, алуминијум, гвожђе и манган). У земљишту је највише кисеоника (49%) и силицијума (33%), следе алуминијум (7,1%), гвожђе (3,8%), угљеник (2%), калцијум и калијум (по 1,4%), магнезијум и натријум (по 0,6%), азот (0,1%), фосфор (0,08%) и остали елементи периодног система у веома малим количинама. На режим соли у земљишту посебно утиче садржај соли азота, фосфора, калијума и калцијума у земљишном раствору. Наиме, ови елементи су често у земљишту у недостатку или се налазе у неприступачном (тешкодоступном)

ЕКОЛОГИЈА БИЉАКА

облику. Поред наведених, за биљке је важна и доступност гвожђа, сумпора, бора, бакра, цинка, молибдена итд. Од осмотски активних соли у земљишном раствору треба истаћи присуство соли натријума, као што су натријум хлорид (NaCl), натријум карбонат (Na_2CO_3), натријум сулфат (Na_2SO_4). Посебан еколошки значај има **хемијска реакција – рН**, што је условљено односом концентрација јона водоника (H^+) и хидроксилних јона (OH^-) у земљишном раствору. У земљишту, **рН вредност се креће од 3 до 11**, што значи да могу бити киселе, неутралне или базне хемијске реакције. Ако су рН вредности **мање од 7**, земљишта су **кисела**, ако су рН вредности **изнад 7**, тада су **базна** и ако је **однос H^+ и OH^- јона једнак** у земљишном раствору, земљиште је **неутралне** хемијске реакције.

Категорије земљишта и биљака у односу на рН вредност

рН	Реакција	Категорија биљака
3-4	Веома кисела	Изразито ацидофилне
4-5	Кисела	Ацидофилне
5-6	Слабо кисела	Прелазна група између ацидофилних и неутрофилних
6-7	Неутрална до слабо кисела	Неутрофилне (на неутралном до слабо киселом земљишту)
7-8	Слабо базна	Прелазна група између неутрофилних и базофилних
8-9	Базна	Базофилне
<9	Веома базна	Изразито базофилне

Свеукупне хемијске карактеристике земљишта утичу на ниво усвајања минералних елемената од стране биљке. Тако, код изразито киселих земљишта, базе су у недостатку, па су јони калцијума снажно везани у нерастворљивим солима, те је калцијум недоступан за биљке, иако им је неопходан у метаболизму. Постоје биљке које толеришу овакве услове и називамо их **базофилне**. Насупрот њима, неке биљке толеришу повишену киселост земљишта, па их називамо **ацидофилне**. Међутим, ипак највећи број врста цветница припада **неутрофилним** врстама, које расту на земљиштима у којима су јони калцијума лакодоступни, односно земљиштима у којима се рН вредности крећу од слабо базних, преко неутралних до слабокиселих.

Хумус је производ хумификације и непотпуног разлагања угинулих организама у земљишту, односно његов органски део. Количина и квалитет хумуса зависе од климатских услова подручја, као и од састава биолошке компоненте земљишта из које настаје. Тако, у саставу хумуса између, на пример, шумских и степских земљишта, постоји знатна разлика. Хумус је сложен динамички комплекс високомолекуларних азотних органских једињења насталих при разлагању и хумификацији органских материја у земљишту, чије су честице **мање од 0,0001 mm**. Присуство хумуса земљишту даје тамну или сиву боју. Хумус утиче на физичка својства земљишта,

утичући повољно на његову структуру, док његова тамна боја побољшава топлотни режим, посебно површинских слојева земљишта. У погледу хемијског састава хумус је хетерогена компонента земљишта која се састоји од три групе органских једињења (хуминске материје, фулво киселине и хумини) које су различито заступљене. Иако биљке својим кореном не могу директно да усвајају хумус, он има изузетан значај за плодност земљишта. Наиме, минерализацијом хумуса настају угљен-диоксид (који утиче на киселост земљишта) и минералне соли (које ће биљке апсорбовати). Присуство слабе угљене киселине, која се образује у земљишном раствору, побољшава доступност минералних материја за биљке. На тај начин хумус је и један од извора минералних хранива за биљке.

Основни типови земљишта

На Земљи разликујемо три основне групе земљишта, везане за климатске области са карактеристичном вегетацијом: **зонална**, **азонална** и **интразонална**. **Зонална земљишта** су широко заступљена, то су климатогена или зрела земљишта са добро израженим хоризонтима (паралелни слојеви) на земљишним профилима. Налазе се у одређеним климатским зонама и условљена су зоналном вегетацијом, а све је најдиректније повезано са зоналним распоредом температуре. **Азонална земљишта** су иницијална или млада земљишта, слабо развијених профила, ограничено су заступљена, у различитим пределима Земље. **Интразонална земљишта** се развијају у различитим климатским областима, али у условима слабије дренаже, такође су ограничено заступљена.

Основни типови зоналних земљишта, условљени климатским и вегетацијским зонама, су: **глеј**, **подзол**, **смеђе шумско земљиште**, **латерит**, **чернозем**, **пустињско земљиште**.

Класификација зоналних земљишта према климатским и вегетацијским зонама (прилагођено према Стевановић и Јанковић, 2001)

КЛИМА		ТИП ЗЕМЉИШТА	ВЕГЕТАЦИЈА
Влажност	Температура		
влажно	хладно	глеј	ТУНДРА
		подзол	ТАЈГА
	умерено хладно	смеђе шумско земљиште	ЛИСТОПАДНЕ ШУМЕ
суво	топло	латерит	ТРОПСКЕ КИШНЕ ШУМЕ
	умерено топло	чернозем	СТЕПА
	веома топло	пустињско земљиште (песковито, каменито)	ПУСТИЊА

У азонална земљишта спадају: **регосоли** (на пешчаним динама и вулканском пепелу), **литосоли** (на каменитом матичном супстрату), **дилувијална** и

алувијална (настају од материјала донешеног водотоковима), **рендзине** (на кречњаку, у влажним условима).

У интразоналана земљишта убрајамо: **веома влажна, хидро/хигроморфна земљишта** (ритска, мочварна, тресетна земљишта) и **слана** или **халоморфна земљишта** (солончак, солоњец, солоћ) која се одликују акумулираним солима (највише NaCl) у условима суве климе, високих подземних вода, слабопропустљивих земљишних слојева итд.

Иако је раније истакнуто да се екосистеми формирају под снажним утицајем климе, важно је истаћи да постоје и одређени екосистеми који су тесно везани и условљени типом матичне стене и земљишта, тада их називамо **педобиоми**. Тако разликујемо **халобиоме** – на сланом земљишту, **псамобиоме** – на песковитом земљишту, **литобиоме** – на каменитом/стеновитом, неразвијеном земљишту итд. У педобиомима се, поред осталих организама, развија специфичан тип вегетације, условљен типом земљишта. Тако се на различитим местима на Земљи могу наћи слични типови вегетације на истом типу подлоге и земљишта.

У вези са наведеним, разликујемо еколошке типове биљака које расту само на одређеној педолошкој подлози, специфичних педобиома, и то: **халофите** – на заслањеним земљиштима (слатине), **псамофите** – на песковима и песковитим земљиштима, **литофите** – на голој каменитој, стеновитој подлози, **хазмофите** – у пукотинама стена итд.

Биолошке карактеристике земљишта се односе на живи свет у земљишту, и то на бројност и активност **макроорганизама** (макрофлора и макрофауна) и **микроорганизама** (микрофлора, микрофунгиа, микрофауна).

Као што се земљишта међусобно разликују по својим физичким и хемијским карактеристикама, тако се разликују и по биолошким, па чак постоје разлике и између различитих слојева, истог земљишта.

Макроорганизме земљишта чине **макрофлора** и то њени подземни делови (корени, кртоле, луковице, ризоми) и **макрофауна** (макроскопске, видљиве животиње). Активност корена и подземних метаморфозираних изданака на разне начине утиче на земљиште, тако утичу на физичка својства земљишта, пропадањем и разлагањем постају храна за различите микроорганизме, опет постају доступни биљкама као извори минерала итд. Макроскопске животиње (чланковите глисте, стоноге, пауци, пужеви, инсекти, глодари итд.), својом активношћу највише доприносе побољшању мрвичасте структуре земљишта, бољој аерисаности и дренажи, али и индиректно, утичући на микроорганизме. Међу макроскопским животињама, посебно место припада кишним глистама, које могу бити веома бројне (више од милион јединки на хектар земљишта, масе 90-500 kg). Оне утичу механички, премештањем честица земљишта побољшавајући аерисаност, али и преносе неразложене органске материје у дубље слојеве земљишта, па повећавају постојаност земљишних агрегата. У процесима разлагања органских остатака у земљишту активни су и ситнији представници фауне (протозое, нематоде, ротаторије), као и нешто крупнији организми (гриње, чекињасте црвићи) итд.

Микроорганизми у земљишту су разноврсни и њих чине различите групе бактерија, гљива, алги, ваљкастих црва, праживотиња и ротаторија.

Бактерије су веома важна биолошка компонента земљишта и њихов број у земљишту је огроман. Величина бактерија одговара оквирно величини земљишних колоидних честица. Бактерије (хетеротрофне и аутоотрофне) су веома важне у циклусу кружења минералних елемената у природи. Бактерије учествују у разлагању органских материја, стварајући хумусне материје, али и поспешују доступност минералних елемената за биљке. Међу земљишним бактеријама, истичу се **азотофиксатори** (симбиотски родови - *Rhizobium*, *Bradirhizobium*, *Mesorhizobium* итд. и родови који самостално живе – *Azotocater*, *Aerobacter*, *Nostoc*, *Anabaena* – цијанобактерије итд.). Ове бактерије имају изузетан значај јер везују атмосферски азот у органска једињења, и на тај начин индиректно га чине доступним за васкуларне (више) биљке. Такође је важно присуство бактерија **амонификатора**, које трансформишу протеине депоноване у хумусним материјама, (пореклом из угинулих организама), у амонијак. У овај процес укључене су и земљишне гљиве и актиномицете. Бактерије из групе **нитрификатора** преводе амонијак у нитрите (нитритне бактерије – *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*), затим нитрите у нитрате (нитратне бактерије – из рода *Nitrobacter*). Нитратне бактерије уклањају токсичне продукте настале радом нитритних бактерија и образују нитрате који су најбољи извор азота за све више биљке. Бактерије, процесом дисања ослобађају угљен-диоксид и приликом разлагања органских остатака, омогућавају тзв. „дисање земљишта“, чиме се обезбеђује угљен-диоксид у приземним слојевима ваздуха, који користе биљке. Може се закључити да се, захваљујући бактеријској активности, у земљишту одвијају стални биохемијски процеси, које на тај начин утичу на плодност земљишта што има директан утицај на биљке.

Важно је напоменути, да у земљишту постоје и одређене бактерије које су природни разлагачи бројних загађујућих синтетичких супстанци (пестициди, вештачка ђубрива, отпадне органске супстанце итд.), што утиче на смањење њихове концентрације у природи.

Гљиве такође утичу на формирање земљишта, и то нарочито у киселијим условима. Гљиве утичу на структуру земљишта (на њиховим хифама се адсорбују ситне честице земљишта, стварајући водоотпорне минералне агрегате), доприносе разлагању органских материја (прва фаза, након чега се активирају бактерије), убрзавају процесу образовања хумуса итд.

Алге у земљишту обично заузимају површинске слојеве јер су аутоотрофни организми. Својим присуством повећавају садржај органских материја у земљишту. Поред тога, из земљишта усвајају минералне елементе, па спречавају њихово брзо испирање. Међутим, ако је њихово усвајање минералних елемената интензивно, у време пика вегетације виших биљака, може довести до смањења доступних минералних елемената за више биљке. У дубљим слојевима (без светлости) алге користе енергију добијену разлагањем органских остатака.

У земљишту се налазе и ситни животињски организми које једним именом називамо **микрофауна**, а чине их на првом месту нематоде (ваљкасти црви), праживотиње и ротаторије. Одређени представници нематода и ротаторија учествују у разлагању угинулих организама, док се протозое и неки представници нематода хране бактеријама па индиректно утичу и на више биљке. Заступљеност различитих врста микрофауне се разликује у зависности од типа земљишта.

Комплексни узајамни односи физичке, хемијске и биотичке компоненте у оквиру едафског фактора условили су развој различитих адаптација код биљака, на специфичне услове које пружају одређени типови земљишта. Тако на пример на олиготрофним земљиштима, која су сиромашна у садржају основних минералних елемената, сасвим успешно опстају карниворне биљке (месождерке) које недостатак првенствено азота, надокнађују из органских остатака уловљених инсеката и других ситних животиња.

Интересантно је поменути и адаптацију одређених биљака на повећан ниво тешких метала у земљишту (у близини рудника, изнад рудних лежишта, на местима одлагања рудних остатака и сл.), па такве биљке називамо **металофите**.

Поред осталих, поменућемо категорију **рудералних** или **нитрофилних биљака**, које расту на земљиштима обогаћеним органским отпадом, као последица људских активности. Станишта ових биљака су ђубришта у близини насеља, поред обрадивих површина, дуж путева, пруга и сл. Ове биљке одлично подносе велике количине нитрата, фосфата, соли натријума и калијума, разне отпадне материје и екскременте у земљишту, што се може окарактерисати као еутрофно земљиште. Биљке из ове категорије веома често расту и као корови у различитим усевима. Код нас су честе рударалне биљке: коприва (*Urtica*), штир (*Amaranthus*), пепељуга (*Chenopodium*), дворник (*Polygonum*) итд. Категорија **сегеталних биљака** или **сегеталних корова**, које расту у одређеним усевима, слична је према својим захтевима претходној категорији биљака, које су такође прилагођене земљиштима под јаким антропогеним утицајем, која су добро обезбеђена лакодоступним неопходним минералним елементима. Типичне сегеталне коровске врсте код нас су нпр. булка (*Papaver*), различак (*Centaurea*), жаворњак (*Delphinium*), кукољ (*Agrostemma*) итд. Рударалне и сегеталне биљке су везане за антропогене екосистеме и незаобилазна су компонента таквих простора и управо њихово присуство служи као показатељ – индикатор земљишта оптерећеног различитим органским отпадом, а неретко и тешким металима.

ОРОГРАФСКИ ФАКТОР

Орографски фактор се односи на особине рељефа као што су: **надморска висина, нагиб и оријентација терена, разуђеност** и др. Специфичност овог абиотичког фактора јесте што не делује у целини и директно на биљке, већ делује на друге факторе и то на едафски и климатске факторе, те заједно утичу на развој и распрострањеност биљака.

С обзиром на хоризонтално простирање и разлике у висини, могу се издвојити следеће категорије рељефа: **макрорељеф, мезорељеф и микрорељеф**. **Макрорељефом** означавамо теренске форме чије су димензије у хоризонталном правцу преко 200 m, а чије су висинске разлике изнад 10 m. Овој категорији припадају ПЛАНИНЕ, ВИСОРАВНИ, ВОДОДЕЛНИЦЕ и сл. **Мезорељеф** чине средње теренске форме, које имају хоризонтално пружање од 50-200 m, са мањим висинским разликама, од 1 до 20 m, као што су БРЕГОВИ, ДОЛИНЕ, ПАДИНЕ и сл. Категорија **микрорељефа** обухвата мале теренске форме, са хоризонталним простирањем испод 50 m и висинским разликама мањим од 1 m. Микрорељеф чине БРЕЖУЉЦИ, ЈАРУГЕ, УДУБЉЕЊА, ПАЧАК И НЕРАВНИНЕ И БРАЗДЕ У ЊИВАМА, КРТИЧЊАЦИ И сл.

Орографски фактор најинтензивнији утицај има у планинским регионима (Сл. 335б). На високим планинама нарочито утицај има **НАДМОРСКА ВИСИНА**, будући да се климатске карактеристике мењају са њеним порастом.

Тако се у вертикалном правцу, од подножја до врха планина, издвајају различити висински климатски појасеви, код којих се у односу на надморску висину, мењају временски услови. Тип висинског зонирања климе, зависи од хоризонталне климатске зоне у којој се налази планина, па што је планина ближе екватору, биће присутно више висинских климатских зона.

Тако је установљено да порастом надморске висине за сваких 100 m, средња годишња температура опада за **око 0,5°C**, што утиче и на друге еколошке факторе, који условљавају развој специфичне вегетације. Поред тога, а у складу са опадањем температуре, скраћује се и трајање вегетационог периода за **око 11,5 дана**. Последица оваквих законитости јесте формирање **ВИСИНСКИХ ВЕГЕТАЦИЈСКИХ ПОЈАСЕВА** на високим планинама. У нивоу сваког вегетацијског појаса, у оквирима одређене надморске висине, развој специфичне вегетације ће зависити и од осталих особина рељефа, не само од надморске висине. Што су оштрије промене рељефа, биће уочљивије и промене у саставу вегетације.

Дакле, рељеф је најспецифичнији на планинама где су присутни највећи контрасти. Тако, и **НАГИБ** и **ОРИЈЕНТАЦИЈА** (од којих зависи прилив Сунчеве енергије), на планинама имају велики значај за развој и распрострањеност одређених биљних врста и њихових заједница. На истој планини, на истој надморској висини, значајно се разликује вегетација јужне од вегетације северне падине. Вегетација на јужним падинама је ксерофилнија и хелиофилнија, јер добија више Сунчеве енергије па има повољнији и топлотни режим. На јужној Земљиној полулопти је обрнуто.

Са друге стране, равничарски предели (Сл. 335а), иако имају једнообразнији рељеф, и такав микрорељеф утицаће на развој и распрострањеност

одређених биљних врста. Тако се сува степска и полустепска равничарска подручја одликују доминацијом ксерофитне зељасте вегетације, првенствено трава, док се дрвенасте биљке развијају уз речне долине.



а



б

Слика 335. Примери рељефа: а - равничарски; б - планински

БИОТИЧКИ ФАКТОРИ

Постојање и опстанак сваке биљне врсте, као и осталих живих бића, у великој мери зависе од абиотичких фактора спољашње средине. Међутим, значајну улогу у животу биљака имају и узајамни односи између њих и других живих организама. Наиме, у природи су биљке део биоценоза где постоје стални утицаји осталих живих бића на њихов раст, развој, размножавање и распрострањење. С друге стране, и биљке својим присуством делују на животну активност осталих живих бића. Ово узајамно деловање живих бића једних на друге чини **БИОТИЧКЕ ФАКТОРЕ**.

Биотички фактори могу деловати: **директно (непосредно)** или **индиректно (посредно)**, **облигатно** (обавезно и стално) или **факултативно** (необавезно и привремено), **једнострано** или **обострано (реципрочно)**, те **позитивно**, **негативно** или **неутрално**.

У природи постоје различите врсте узајамних односа између два жива организма као што су: неутрализам, конкуренција, мутуализам, комменсализам, аменсализам, паразитизам и предаторство (Сл. 336).

Неутрализам је однос два организма који не делују активно један на другог. **Конкуренција** је однос два организма који делују активно један на другог, уз активну или пасивну конкуренцију за задовољавање потребе за простором, исхраном и др. Настаје кад организми, из исте заједнице, користе исте ресурсе животне средине (воду, светлост, температуру и др.). **Мутуализам** је однос два организма који делују позитивно један на другог уз обострану корист и овај однос је облигатан за обе врсте (нпр. симбиотски односи). **Комменсализам** је једностран однос два организма који је позитиван само за један организам, а неутралан за други (нпр. епифитизам). **Аменсализам** је једностран однос два организма који је негативан само за један организам, а

Због специфичног карактера, обима, интензитета и начина на који мења природне услове, као посебан биотички фактор, издваја се **деловање човека**, тј. **антропогени фактор**.

УЗАЈАМНИ ОДНОСИ ИЗМЕЂУ БИЉАКА

Биљке, као основни продуценти у екосистемима, не живе изоловано, већ су у сталним односима једне са другима. Ови односи могу бити различите природе, од међусобне конкуренције за светлост, воду и хранљиве материје, преко неутралних до сложених облика суживота у којима обе стране остварују корист. Ови узајамни односи између биљака су веома комплексни и динамични, и у времену и простору. Динамика ових интеракција обликује структуру биљних заједница, одређује њихову стабилност и разноврсност, а уједно представља основу за разумевање еколошких процеса у природи као и у агроекосистемима.

Једна биљка може утицати на другу директно - механичким, физиолошким или биохемијским путем, или индиректно - мењајући физичке и хемијске особине спољашње средине, као што су: светлост, температура, влажност, микроклима или земљиште.

Епифитизам. У један од директних, контактних односа између биљака спада **епифитизам** - појава када једна биљка расте на површини друге биљке. **Епифите** су биљке које расту на површини (најчешће на стаблу) других биљака - биљака домаћина, без контакта са површином земљишта (нпр. лишавјеви, маховине, орхидеје). Да би превазишле одређене потешкоће (нпр. ограничен приступ води и минералним материјама, изложеност суши итд.), епифите често развијају различите адаптације (ваздушне корене, резервоаре воде итд.). На нашим просторима, најчешће епифите су лишавјеви и маховине (Сл. 338а-в).



Слика 338. Епифите: а – лишавјеви; б – маховине (на Старој планини); в – папрат јеленски рогови (на Тајланду); лијана: г - *Hedera helix* (бршљан) на стаблу дрвенасте биљке

Лијане су биљке причвршћене за подлогу, пењу се и често расту уз дрвенасту биљку домаћина, уз оgrade или зидове, који им дају потпору и простор за опстанак (Сл. 338г). Ни епифите ни лијане не користе хранљиве материје од својих домаћина (самостално обављају фотосинтезу), већ користе само простор па су због тога окарактерисане као **паразити простора** при чему могу да ометају развој и животну активност биљке домаћина, наносећи јој већу или мању штету. Међу најпознатијим епифитима налазе се представници фамилија Orchidaceae (орхидеје) и Bromeliaceae (бромелије). У шумским екосистемима код нас су присутне лијане *Hedera helix* (бршљан), *Smilax aspera* (тетивика), *Tamus communis* (бљушт) и *Dioscorea balcanica* (диоскореја).

Паразитизам и полупаразитизам. Биљке остварују и међусобне односе у виду **паразитизма** и **полупаразитизма** при чему једна биљка има предност над другом биљком (домаћином) узрокујући њену мању или већу штету. **Паразитске биљке (холопаразити)** немају хлорофил, не врше фотосинтезу и живе на рачун биљке домаћина од које усвајају воду, минералне материје и готову органску материју. **Полупаразитске биљке (хемипаразити)** су



Слика 339. Полупаразитска биљка (*Viscum album* - бела имела) на стаблу дрвенасте биљке

аутотрофне биљке које од биљке домаћина усвајају воду и минералне материје, а саме, процесом фотосинтезе, стварају органску материју. Паразитске и полупаразитске биљке су се на овакав начин живота прилагодиле тиме што су развиле специјализоване органе - **хаусторије**, преко којих усвајају воду, минералне и органске материје из домаћина. На тај начин паразитске биљке редукују или потпуно губе сопствени коренов систем и способност самосталног преживљавања. У зависности од тога на ком биљном органу паразитирају, разликују се **паразити стабла** и **паразити корена**. Паразитске биљке су обично бледо жуте боје (јер је хлорофил редукован или је потпуно одсутан), са ситним, редукованим, љуспастим листовима или редукованим надземним делом. Код нас су честе паразитске биљке *Cuscuta* sp. (вилаина косица), која паразитира

на надземним деловима многих гајених биљака (нпр. шаргарепе, паприке, луцерке, шећерне репе и др.) и може да изазове велике штете, и *Orobanchе* sp. (водњача, воловод) која паразитира на корену биљке домаћина (нпр. сунцокрета, детелине и др.). У агроекосистемима, паразити су штетни организми који значајно смањују приносе. Од полупаразита, код нас је честа лековита биљка *Viscum album* (бела имела) која расте на стаблима дрвенастих биљака (Сл. 339) као и биљке из фамилије Orobanchaceae - *Rhynanthus* sp. (шушкавац) и *Melampyrum* sp. (уродица).

Биохемијски утицаји. Многе биљке продукују читав низ различитих једињења (секундарних биомолекула) која могу имати инхибиторно (заустављају, спречавају), ређе стимулативно (подстичу) или токсично (отровно) дејство на друге биљке, животиње и микроорганизме. Ово деловање биљака назива се **алелопатија** (грч. *allelon* – наизменичан; *pathos* – утицај). Алелопатија представља облик директног, најчешће негативног, утицаја биљака на биљке који се остварује путем биомолекула – **алелохемикалија**, које биљка лучи у околину. Њихово присуство може, код других биљака, изазвати различите реакције као што су: инхибиција клијања семена, успоравање раста и развоја младих биљака, промена физиолошких процеса (смањена апсорпција воде и минералних материја). У неким пак случајевима доводе до подстицање раста биљака, а утичу и на микробиолошка својства земљишта.

Биомолекули, које луче више биљке, а које делују на друге више биљке називају се **колини** који могу да делују, инхибиторно или стимулативно, на раст и развиће других биљака (Сл. 340). Познат је пример алелопатског деловање ораха (*Juglans regia*) који излучује једињење југлон. Југлон испољава токсичан ефекат на многе зељасте биљке па се испод ораха друге врсте слабо развијају. На југлон су толерантне бреза, јавор и буква. Многе врсте из фамилија Asteraceae (нпр. *Artemisia* sp. – пелен) и Lamiaceae луче алелохемикалије које спречавају раст других биљака у њиховој близини, док поједине биљке луче материје које пак стимулативно делују на развиће других биљака. Тако нпр. *Agrostemma githago* (кукољ) поспешује клијање семена лана. Алелопатија у пољопривреди може имати негативан ефекат јер многе коровске врсте, путем алелохемикалија, смањују клијавост и принос гајених биљака. Стога је познавање алелопатских односа, између биљних врста, од практичне важности јер правилно планирање плодореда и употреба биљних остатака могу смањити негативне ефекте на гајене биљке. С друге стране, проучавање алелопатије отвара могућности за развој природних хербицида и одрживих биолошких мера у контроли сузбијања корова.



Слика 340. Биохемијски утицаји између биљака и микроорганизама
(→ - стимулативно; ⊥ - инхибиторно; † - токсично)

Поред овога, поједине биљке луче биомолекуле који токсично делују на микроорганизме, а називају се **фитонциди**. У еколошком смислу, фитонциди представљају облик хемијске “одбране” биљака од патогених микроорганизама. Њихово ослобађање доприноси регулацији микробиолошке флоре у земљишту чиме индиректно утичу и на друге биљке у заједници. Неке од биљака са израженим фитонцидним деловањем су

Allium cepa (црни лук), *Allium sativum* (бели лук) и *Armoracia rusticana* (рен). С друге стране, једињења која луче микроорганизми, а која инхибиторно делују на биљке су **маразмини**. Поред њих, добро су познати и проучени **антибиотици** које луче микроорганизми и имају инхибиторно дејство на друге микроорганизме. Неке алелохемикалије имају вишеструку улогу: могу да штите биљку од биљоједа и патогена, да учествују у интеракцијама са опрашивачима и буду одговор биљке на стресне услове средине. Многе од ових супстанци се примењују у медицини због својих лековитих својстава.

Компетиција. На местима где биљке заједно расту, долази до конкуренције за минералну исхрану, воду, светлост и простор и овај тип односа и деловања се назива **компетиција**. Конкуренција за ресурсе средине је веома сложена, а може се одвијати између јединки исте врсте (**интраспецијска**) или између различитих врста (**интерспецијска**). Биљке могу индиректно (хабитусом, периодом вегетације, просторним распоредом, густином, покровношћу) да мењају абиотичке факторе при чему утичу на раст, распрострањење и развој различитих адаптација код других биљака. Скоро по правилу, конкуренција је неповољна за неке индивидуе или бар за једног конкуритора што има за последицу потискивање слабије прилагођених врста са датог станишта. На тај начин конкуренција регулише бројност популација, одређује доминацију појединих врста у биљној заједници и подстиче развој различитих начина преживљавања (нпр. брзо клијање семена, ефикаснији коренов систем, толерантност на засењивање). То је посебно изражено у шумским екосистемама где долази до изражаја утицај густе дрвенасте вегетације на еколошке услове. Такав густ склоп смањује продор светлости, мења температуру и влажност, па се ствара карактеристична шумска фитоклима. У тим условима опстају биљке сенке (скиофите), док су биљке светлости (хелиофите) углавном одсутне. У агроекосистемама, конкуренција је изражена између гајених биљака и корова. Корови су често успешнији конкуренти јер брзо клијају, брзо расту и ефикасно користе ресурсе што доводи до значајних губитака у приносу. Зато су мере контроле корова и оптимално време сетве основна мера смањења негативних ефеката конкуренције у пољопривредној пракси.

УЗАЈАМНИ ОДНОСИ ИЗМЕЂУ БИЉАКА И ЖИВОТИЊА

Биљке и животиње су током еволуције развиле бројне, веома сложене и разноврсне, међусобне односе (интеракције) који су кључни за функционисање екосистема. Ови односи се остварују различитим интензитетом зависно од бројности и животног доба биљака односно животиња, а могу бити: **позитивни (корисни)**, **негативни (штетни)** или **неутрални, привремени и необавезни**, или **стални и обавезни**.

Биљке, као аутотрофни организми, су примарни продуценти и представљају основу ланца исхране и извор су хране за животиње биљоједе, па се тако

исхрана животиња, директно или индиректно, заснива на биљкама без којих не би био могућ њихов опстанак. С друге стране, животиње утичу на распрострањење и размножавање великог броја биљних врста, а тиме и на њихов опстанак. Односи између биљака и животиња обухватају, са једне стране, **предаторство** (односе између биљоједа и биљака, односе између карниворних биљака и животиња), а са друге стране мутуалистичке односе као што су **зоофилија** (опрашивање помоћу животиња) и **зоохорија** (расејавања плодова и семена помоћу животиња). Поред тога, биљке животињама служе и као склониште или станиште.

ПРЕДАТОРСТВО. Хербиворија је предаторски однос у којем је животиња предатор, а биљка плен. То је један од најраспрострањенијих облика биотичких односа у природи јер биљоједи зависе од биљака као примарног извора хране (енергије). Животиње (**биљоједи, хербивори**) се хране деловима биљака, целим биљкама или њиховим продуктима. Микроорганизми и ситније животиње (нпр. инсекти) које у исхрани користе биљне делове (листовете, полен, дрво и др.) су **фитофагни организми** или **фитофаги**.

Узајамни односи између биљоједа (**предатора**) и биљке (**плена**) могу бити позитивни, негативни или чак фатални по плен. Однос може бити позитиван и за биљке и за биљоједи у примеру умерене испаше која позитивно делује на одржавање ливадских заједница (Сл. 341). С друге стране, прекомерна испаша изузетно негативно делује на биљке изазивајући њихово уништавање што доводи до недостатка хране и коначно до угрожавања популација биљоједа. Константно присуство и искоришћавање биљака од стране хербивора, приликом сталне испаше, може да одложи време цветања или да интензивира вегетативно размножавање биљака. Поред тога, многе биљке трпе оштећења од стране животиња које, хранећи се биљкама, уништавају репродуктивне биљне органе који се тако теже обнављају, а с друге стране, хранећи се плодовима, животиње доприносе њиховом расејавању и размножавању. Показало се да су на деловање хербивора најотпорније траве јер се успешно обнављају због присуства интеркаларног меристема у интернодијама, начина гранања и положаја чворова бокорења.



Слика 341. Испаша

Током еволуције су биљке, погодне за исхрану животиња, развиле читав низ адаптација које им првенствено помажу у разним физиолошким или еколошким функцијама. Међутим, неким биљкама ове адаптације уједно служе и као **одбрамбени механизми** (механички, хемијски и/или фенолошки) у циљу заштите од биљоједа (нпр. листови и изданци

метаморфозирани у трнове код кактуса и акација, повећана длакавост органа, повећана производња смоле или млечног сока, задебљања на листовима и др.). Поједине биљке стварају често отровне материје непријатног мириса и укуса и на тај начин се штите од хербивора. Многи секундарни биљни метаболити делују на фитофагне инсекте као репеленти (одбијају) или инхибитори (успоравају, заустављају) њиховог метаболизма чиме смањују њихов развој и репродукцију. Поред овога, неке биљке су развиле способност синхронизованог цветања и сазревања семена, како би смањиле ризик од потпуног страдања од стране биљоједа, што представља ефикасан механизам који спречава губитак целокупне репродуктивне генерације. Активност хербивора може и индиректно да мења изглед станишта јер утиче на особине земљишта. Тако нпр. гажењем од стране животиња земљиште постаје збијеније што мења његову структуру, аерацију и влажност, док измет хербивора обогаћује земљиште азотним једињењима подстичући развој нитрофилне вегетације.

Показало се да биљке под утицајем хербивора постају осетљивије на друге факторе средине, попут ниских температура, суше или загађења, и лакше подлежу нападима патогених организама. Када дође до масовне најезде (нпр. инсеката или глодара), велика количина биљне биомасе бива уништена, а обнова вегетације одвија се веома споро.

Неки фитофагни организми (нпр. биљне ваши, неке муве, неки лептири, гриње и други) истовремено остварују и **хербиворни и паразитски однос** са одређеном биљном врстом или мањим бројем различитих биљних врста. Под њиховим утицајем, долази до настајања посебних цито-хистолошких промена на биљкама при чему оне постају заражене датим паразитом. Хербиворни паразити, хранећи се биљком, наносе јој различита оштећења, а могу и да изазивају разне болести као што су: хлорозе (уништавају хлоропласте), брозничавост (повећава се концентрација танина, браон или црних пигмената) или некрозе појединих делова биљке домаћина. Поред тога, поједини фитофагни организми доводе до формирања морфолошких промена на биљним органима и развоја тзв. гала у којима се налази паразит који ту проводи део свог животног циклуса.

У агроекосистемима, хербиворија се испољава кроз штете од домаћих животиња (нпр. прекомерна испаша) и нападе инсеката и глодара што доводи до смањења приноса. Истовремено, у контролисаним условима испаша може бити корисна за одржавање травњака и спречавање сукцесије ка шумској вегетацији.

Посебну групу аутотрофних биљака које су развиле способност да хватају и варе животиње (најчешће инсекте), а понекад и друге ситне организме (паукове, пужеве, па чак и мање кичмењаке) чине **карниворне биљке (инсективорне биљке, месождерке)**. Оне користе животињице као додатни извор азота и фосфора што им омогућава да опстану на сиромашним, киселим, мочварним, песковитим и тресетним стаништима. Претпоставља се да данас међу цветницама постоји 600-800 карниворних биљних врста које су углавном распрострањене у тропским пределима. Због начина снабдевања



Слика 343. Зоофилија: а-б – опрашивање помоћу лептира; в - опрашивање помоћу пчела

Цветови који се опрашују помоћу ветра или помоћу воде су обично ситни и неугледни. За разлику од њих, цветови које опрашују животиње карактеришу се својим мирисом, бојом, обликом и/или укусом који привлаче опрашиваче. Примарни атрактанти за опрашиваче су полен и нектар, док су секундарни атрактанти мирис, боја и облик цвета. Опрашивачи се хране нектаром, поленом или деловима цветова.

Полен је богат протеинима, липидима, скробом, шећерима, витаминима и макро- и микроелементима, што га чини важним извором хране за опрашиваче. Биљка производи велике количине полена уколико је он једини атрактант или када се опрашује мање специјализованим опрашивачима. Ови опрашивачи обично скупљају полен на површини тела и преносе га на друге цветове.

Нектар, као секрет жлезда нектарија, богат је шећером и представља значајан извор хране за опрашиваче. Биљке могу имати нектарије у цвету (флоралне нектарије) и/или изван цвета (екстрафлоралне нектарије). Опрашивачи се хране нектаром флоралних нектарија, док екстрафлоралне нектарије служе да одврате биљоједу од цветова које треба да посете прави опрашивачи.

Поред полена и нектара, зоофилни цветови (изузев оних који се опрашују помоћу птица) одликују се различитим мирисима. **Мирис** цветова најчешће потиче од смеше различитих једињења, а може бити пријатан, захваљујући етарским уљима (нпр. код представника фамилије Lamiaceae) или непријатан.

Боја већине цветова настаје због присуства различитих једињења (антоцијана, каротеноида, ксантофила, флавона, флавонола и др.), а постаје уочљива неколико дана пре његовог отварања. Црвени цветови најчешће привлаче птице, док бледи тонови делују привлачно на ноћне опрашиваче (попут инсеката и слепих мишева). Дневни инсекти најбоље уочавају жуте, плаве и љубичасте цветове, док црвену боју не препознају.

Зоофилни цветови могу варирати по **величини**, од ситних, најчешће груписаних у цвасти при чему опрашивачима дају утисак великих и специфично грађених цветова (нпр. цветови *Trifolium* sp., *Stachys* sp., *Filipendula* sp., фамилије Apiaceae, Asteraceae, Valerianaceae) до веома крупних цветова.

Цветнице се одликују и великом разноврсношћу **облика цветова**, а њихова грађа усаглашена је са начином опрашивања и потребама опрашивача. Тако нпр. цветови биљака хладнијих (алпских и арктичких) региона су често у облику чиније, трубице, звонасти, тањирасти, хелиотропни (окренути према извору светлости) и често тамнији те успешније апсорбују Сунчеве зраке. На тај начин опрашивачи бивају, између осталог, привучени и топлотом цвета.

Овде свакако треба поменути да су пчеле најзначајнија група опрашивача у природи. Сматра се да око 75% гајених биљних врста у свету више-мање зависи од опрашивања инсектима, у чему пчеле имају доминантну улогу због своје бројности, друштвеног начина живота и високог степена специјализације. Пчеле опрашивањем директно утичу на приносе многих гајених биљака (воћарских, повртарских и ратарских). Без њиховог опрашивања, дошло би до значајног смањења приноса и квалитета плодова. Међутим, последњих деценија угроженост популација пчела је глобалан проблем широм света, а главни узроци су: употреба пестицида, губитак станишта услед интензивне пољопривреде и урбанизације, болести и паразити, те климатске промене које утичу на цветање биљака и доступност хране.

Зоохорија. Поред опрашивања, посебан мутуалистички однос између биљака и животиња огледа се и у процесу расејавања (дисперзије) спора, плодова и семена биљака помоћу животиња, а назива се **зоохорија**. Животиње, хранећи се плодовима и семенима, индиректно их расејавају. Основни типови расејавања плодова и семена посредством животиња су: **ендозоохорија** - разношење плодова и семена након што их животиње поједу, **епизоохорија** - разношење плодова и семена на површини тела животиња, и **синзоохорија** - намерно разношење, односно скупљање плодова и семена од стране животиња за каснију исхрану. Плодови и семена која се разносе ендозоохоријом обично су јарких боја и пријатног укуса како би привукли животиње (нпр. плодови јагоде, малине, купине и др.), док они који се расејавају епизоохоријом најчешће имају различите адаптације (длаке, кукице, бодље, лепљиве материје) помоћу којих се каче за тело животиња. Синзоохоријом се често расејавају семена четинара и плодови бројних цветница (нпр. плодови шљиве, ораха, леске, храста, букве и др.).

Поред тога, треба поменути да биљке многим животињама служе и као **склониште** или **станиште**. Тако се нпр. на дрвећу и у њиховим шупљинама гнезде и живе многе птице и сисари, испод коре дрвета могу да живе неки инсекти итд.

Разумевање односа између биљака и животиња је од посебног значаја у пољопривреди, шумарству и очувању природе јер од њих зависе приноси гајених биљака, обнављање шума, али и очување биодиверзитета.

УЗАЈАМНИ ОДНОСИ ИЗМЕЂУ БИЉАКА И МИКРООРГАНИЗАМА

Како је већ истакнуто, биљке не живе изоловано, већ живе и успостављају међусобне односе, како са животињама, тако и са микроорганизмима. Узајамни односи између биљака и микроорганизама могу бити **негативни** или **позитивни** и значајно утичу на раст и развој биљака. Негативни однос обухвата паразитски однос између биљака и паразитских и патогених микроорганизама који могу изазвати разна обољења, док позитиван однос укључују мутуалистичке односе попут симбиозе. Често кроз ове интеракције биљке и микроорганизми утичу на плодност земљишта и доприносе кружењу материје у природи.

Паразитски односи. **Паразитски микроорганизми (микропаразити)** су најчешће патогени организми који нападају једну одређену или мањи број различитих биљака домаћина, од којих црпе храну и изазивају различите болести и оштећења ткива. Такве болести су: **бактериозе** - болести биљака изазване бактеријама, и **микозе** - болести биљака изазване гљивама, које су предмет проучавања научне дисциплине **фитопатологије**. Паразитски микроорганизми деле се на облигатне и факултативне паразите. **Облигатни паразити** не могу преживети ван биљке домаћина и опстају искључиво у њеном организму и већина микроорганизама спада у ову категорију. **Факултативни паразити**, с друге стране, могу живети самостално у земљишту, води или на органским остацима, али под одређеним условима прелазе на паразитски начин живота. Микропаразити се преносе директним контактом или индиректно преко вектора (посредника), односно преко другог организма који омогућава њихово ширење.

Симбиотски односи. Симбиотски односи се огледају у позитивним интеракцијама између биљака и микроорганизама. Биљке значајно утичу на присуство микроорганизама у земљишту, нарочито у ризосфери (земљиште у зони кореновог система). Наиме, биљке обогаћују земљиште органским једињењима и излучевинама корена и тиме поспешују развој микроорганизама. С друге стране, активношћу микроорганизама поједине минералне материје постају доступније биљкама. Корени биљака су добро место за развој, пре свега, гљива и бактерија при чему се између њих успоставља **симбиоза** - обострано користан мутуалистички однос.

Најраспрострањенији облик симбиозе је **микориза** - симбиоза корена биљке и гљиве. Микоризне гљиве се снабдевају органским једињењима од стране биљака, а истовремено доприносе повећању апсорпционе површине корена што биљкама олакшава снабдевање водом и минералним материјама. Поред тога, гљиве имају способност да апсорбују и акумулирају знатну количину штетних тешких метала из земљишта, разграђују фитотоксична једињења биљака (излучена у околно земљиште). Микоризан корен лакше подноси недостатак воде и отпорнији је на деловање земљишних патогених

микроорганизама јер гљиве производе антибиотике који повећавају отпорност биљке на фитопатогене микроорганизме. У зависности где се на корену биљке развијају хифе гљива, разликују се **ектомикориза** – хифе су развијене на површини корена, и **ендомикориза** - хифе су у унутрашњости корена.

Поред микоризе, постоји и добро познат симбиотски однос између корена биљака (великог броја дрвенастих биљака и врста фамилије Fabaceae - махунарке) и азотофиксирајућих бактерија. На коренима ових биљака формирају се **квржице (нодули)** у које продиру земљишне азотофиксирајуће бактерије (из родова *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*). Ове бактерије фиксирају атмосферски азот који је недоступан вишим биљкама, и трансформишу га у облик доступан биљкама (амонијак, нитрате), док биљка, са друге стране, снабдева бактерије угљеним хидратима.

Као специфични облик симбиозе треба поменути **лишајеве** који представљају посебан облик заједничког живота алги и гљива. Гљиве, помоћу својих хифа, усвајају воду и минералне материје које алге користе у процесу фотосинтезе. С друге стране, алге снабдевају гљиве органским материјама насталим током фотосинтезе. Ова симбиоза је толико развијена да лишајеви функционишу као потпуно самосталан организам, како у морфолошком, тако и у биолошком смислу.

УЗАЈАМНИ ОДНОСИ ИЗМЕЂУ БИЉАКА И ЧОВЕКА (АНТРОПОГЕНИ ФАКТОР)

Антропогени фактор (грч. *antropos* – човек) представља утицај човека на живи и неживи свет, односно све промене у природи које су последица људске активности. Због своје специфичности, интензитета и начина деловања, утицај човека издваја се као посебан биотички фактор. Утицај човека на животну средину, постојао је од давнина, али никад није био толико интензиван, свеобухватан и далекосежан као данас. Од самог почетка и настанка пољопривреде, па све до савремене индустријске производње и урбанизације, човек је имао пресудан утицај на обликовање пејзажа, биљног покривача и екосистема уопште. Тиме је човек постао један од највећих фактора промена у природи и управо разумевање ових промена омогућава развој одрживих решења. Утицај човека може бити **директан** или **индиректан**, а промене које изазива имају **позитивне** или **негативне последице** како за биљке, тако и за друга жива бића на Планети, па и самог човека.

Иако се најчешће наглашавају негативне последице људског деловања на природу, а тиме и на биљке, однос човека према биљака имао је огроман значај за развој цивилизације. Наиме, човек је утицао на природне процесе да би обезбедио храну, склониште и друге ресурсе, што је довело до почетка

гајења биљака (доместикација) и претварања природних биљних заједница у обрадиве површине. Унапређење техника наводњавања, одводњавања, ђубрења, заштите биљака и обраде земљишта омогућило је да се и неплодна или климатски неповољна подручја претворе у **пољопривредне површине**. Тако је човек, директним деловањем, проширио површине на којима гаји биљке и створио услове за стабилнију пољопривредну производњу (Сл. 344).

Човек је током времена, прво несвесно, а касније и свесно, вршио селекцију појединих биљних врста при чему су настале бројне **гајене биљке** без којих опстанак људске цивилизације данас не би био могућ. Касније, развојем науке и технологије човек је успео да, селекцијом и оплемењивањем, створи **нове сорте и хибриде** са



Слика 344. Производња кукуруза уз примену система за наводњавање

бољим особинама (већим и квалитетнијим приносима, бољом отпорности на болести, бољој прилагођености климатским условима итд.). Примери укључују високо продуктивне сорте пшенице и кукуруза које омогућавају прехрану милијарди људи широм света, као и бројне украсне биљне врсте и хибриде који оплемењују градске и руралне просторе.

Позитиван антропогени утицај огледа се и у **очувању биљних врста**. Наиме, оснивање резервата природе, националних паркова, ботаничких башта, банака семена, као и увођење закона о заштити природе омогућили су очување бројних угрожених и ретких биљних врста које би иначе нестале. Захваљујући мерама *in situ* и *ex situ* заштите, бројне биљке опстају упркос притисцима који би, у природним условима, довели до њиховог нестанка.

Ипак, у највећем броју случајева, утицај човека на биљке, нажалост, има штетне и дугорочне последице. Једна од најозбиљнијих последица људске активности је **губитак природних станишта** (шума, ливада, мочвара, степских и планинских подручја). Сеча шума ради добијања обрадивог земљишта, градња насеља, рударска експлоатација и изградња саобраћајне инфраструктуре ремете природне екосистеме и узрокују смањење броја биљних врста. Посебан проблем представља **фрагментација и уништавање станишта** чиме се смањује генетска разноврсност и отежава природна обнова вегетације. Човек је тиме довео и до ширења тзв. **антропогених пустиња** подложних ерозијама воде и ветра које трајно мењају општи изглед читавих предела.

Индустријска производња, интензивна пољопривреда и саобраћај довели су до **загађења животне средине** (воде, ваздуха, земљишта). Пестициди и

вештачка ђубрива, доспевајући у земљиште и подземне воде, мењају хемијске особине станишта и негативно утичу на биљке и остала жива бића. Киселе кише, настале као последица емисије сумпор-диоксида и азотних оксида, мењају рН вредност земљишта и оштећују биљке. У урбаним срединама, повећана концентрација тешких метала и честица у ваздуху изазивају физиолошке стресове код бројних биљних врста (успоравају фотосинтезу, ремете метаболичке процесе итд.).

У условима загађене животне средине, биљке могу бити веома корисни **фитоиндикатори** – показатељи стања животне средине, тј. поремећених еколошких односа и загађења неког станишта. Оне реагују променама основних функционално-структурних карактеристика или акумулацијом штетних супстанци (нпр. тешких метала). Тако се нпр. *Phragmites communis* (трска) ефикасно користи у пречишћавању отпадних комуналних вода. Лишајеви су показатељи чистог ваздуха и на основу њиховог присуства, односно одсуства на неком станишту, може се судити о загађењу ваздуха.

Последица људске активности су и **климатске промене** које доводе до глобалног загревања (ефекта “стаклене баште”), промене режима падавина, интензивних и дуготрајних суша, јаких ветрова и екстремних временских појава. Биљке прилагођене одређеним микроклиматским условима бивају потиснуте или потпуно нестају. Ове промене утичу и на фенолошке фазе биљка (време цватања, плодоношење, опадање листова) што може нарушити односе биљака са опрашивачима, изазвати неуспешну оплодњу и додатно смањити биодиверзитет.

Као што је раније поменуто, са развојем пољопривреде, многе природне биљне заједнице замењене су пољопривредним површинама (агроекосистемима). Ово је имало и има за последицу полако нестајање многих биљних врста, док су коровске врсте, као редовни пратиоци гајених биљака, постале доминантне у агроекосистемима.

Корови (коровске биљке, синантропне биљке, антропофите) су биљне врсте посебних екофизиолошких карактеристика које оптималне услове живота најчешће налазе у срединама са интензивним антропогеним утицајем. Сматра се да је коров свака штетна или непожељена биљна врста која по правилу спонтано расте у антропогеним екосистемима. У агроекосистемима, корови представљају велики проблем јер конкуришу гајеним биљкама за светлост, воду, простор и хранљиве материје (Сл. 345). Временом су се корови проширили по читавом свету, на све континенте и у све климатске зоне због чега су космополитске врсте. Могућност заузимања великих површина од стране корова омогућена је: њиховом веома добром способношћу прилагођавања на услове спољашње средине, ефикасним и брзим размножавањем, као и производњом огромне количине семена. Семена коровских врста поседују периодичност клијања и дуговечност, задржавајући животну способност (у повољним условима и више година) због чега стварају велике проблеме у усевима смањујући приносе, а често су

и домаћини за штетне инсекте и болести. Борба против корова значајно повећава трошкове пољопривредне производње.

С обзиром на тип станишта где се развијају, разликују се корови у ужем и корови у ширем смислу. **Корови у ужем смислу (сегетални корови)** су се временом прилагодили заједничком суживоту са гајеном биљком и интензивном антропогеном утицају, а развијају се искључиво у одређеним усевима. Међу овим врстама преовладавају једногодишњи корови. **Корови у ширем смислу** расту на стаништима која немају искључиво пољопривредну намену, али су увек под снажним антропогеним утицајем, па се разликују: **коровско-рудералне биљке** присутне у усевима, засадама и на рудералним стаништима, **рудералне биљке (вагнати)** присутне на рудералним стаништима (ђубриштима, двориштима, утринама, око насеља, поред путева итд.), **корови ливада и пашњака, водени корови и шумски корови.**

Људска активност довела је и до уношења биљака из једног подручја у друго. Тако су донешене бројне **адвентивне биљке (интродуковане, алохтоне, стране врсте, антропохоре)** - врсте које нису аутохтоне (природно присутне) на одређеном подручју, већ су из неког другог подручја унешене намерно или случајно (често путем транспорта и увоза пољопривредних производа и сл.). Неке од ових врста могу постати део локалне флоре, а у неким случајевима имају негативан еколошки утицај. Наиме, многе од ових биљака немају природне непријатеље у новом окружењу те се брзо и неконтролисано шире и тако постају **инвазивне врсте.** На тај начин оне потискују и озбиљно угрожавају аутохтоне врсте што има за последицу ремећење биолошке разноврсности и нарушавање функционалности екосистема. Честе инвазивне коровске врсте код нас су: *Ambrosia artemisiifolia* (амброзија), *Amaranthus retroflexus* (штир), *Asclepias syriaca* (циганско перје), *Echinocystis lobata* (јежаста краставац), *Erigeron canadensis* (худолетница) и многе друге (Сл. 345б).



Слика 345. Корови: а - у усеvu невена; б - инвазивна врста *Erigeron canadensis* (худолетница)

Интракције између живих бића чине веома комплексну мрежу живота на нашој Планети у којој биљке, као основни произвођачи органске материје, заузимају централно место. Разумевањем биотичких фактора стиче се увид у механизме који регулишу равнотежу екосистема што нам пружа могућности за њихову примену у пољопривреди, шумарству, пејзажној архитектури и заштити животне средине. Очување равнотеже између биљака и других живих организама, укључујући и човека, предуслов је за одрживост екосистема и дугорочни опстанак живота на Земљи.

ФИТОЦЕНОЛОГИЈА

Као што је у уводном делу поглавља о Екологији биљака наведено, биљке и животиње не живе у природи изоловано, већ су груписане у **биоценозе (животне заједнице)**. Научна дисциплина која проучава биоценозе назива се **биоценологија**. Биоценоза се може рашчланити на две компоненте: **фитоценозу** (биљна заједница) и **зооценозу** (животињска заједница). Наука о **фитоценозама** или **биљним заједницама** је **ФИТОЦЕНОЛОГИЈА**. С обзиром на значај биљака као градитеља заједнице, у продукцији органских материја, кружењу материја и енергије, фитоценоза се сматра основом биоценозе. Фитоценоза обухвата све биљке које у њој живе у сложеним узајамним односима зависности и међусобне условљености. Међу биљкама су успостављени односи конкуренције за еколошке услове станишта, што је основа природне селекције, важног фактора у процесу еволуције врста. Скуп свих биљних заједница неког подручја, тј. биљни покривач одређене области је **ВЕГЕТАЦИЈА**.

Фитоценологија проучава различите аспекте биљних заједница, те се дели на следеће области: **морфологија** (проучава структуру фитоценоза), **синекологија** (проучава однос фитоценоза према еколошким условима станишта), **физиологија** (проучава метаболизам фитоценоза), **сингенетика** (проучава развој фитоценоза), **синхорологија** или географија фитоценоза (проучава распрострањење фитоценоза, облик, величину и промене њихових ареала), **систематика** или класификација (проучава систематске односе међу фитоценозама, рашчлањује биљни покривач на различите синтаксономске јединице и групише их) и **синхронологија** или палеофитоценологија (проучава историју фитоценоза).

Иако се веома често појам фитоценологија поистовећује са појмом синекологија, потребно је нагласити да **синекологија** као грана екологије биљака проучава однос биљних заједница према спољашњој средини као и међусобне односе биљака у заједници.

КЛАСИФИКАЦИЈА ФИТОЦЕНОЗА. Постоје различити системи за класификацију фитоценоза: флористички (основ за класификацију је флористички састав), физиогномски (изглед фитоценозе), еколошки (станиште), физиогномско-еколошки (уједињује претходна два принципа), хоролошки (распрострањеност фитоценозе) и динамичко-генетички (основ за класификацију је порекло заједница и флорогенетички односи). Најзначајнији међу наведеним системима класификације је флористички систем који се заснива на анализи флористичког састава односно свих врста које чине фитоценозу. Основ за класификацију чине доминантне и карактеристичне врсте фитоценозе. Овај принцип подразумева да флористички састав одражава синеколошке, синхоролошке, флорогенетичке и друге особине заједнице. Једна од посебно афирмисаних праваца је швајцарско-француска школа по Браун-Бланкеу (Braun-Blanquet).

У најширем смислу, термин фитоценоза није таксономски појам, већ има опште значење, па се може користити као нпр. шумска фитоценоза, фитоценоза борове шуме, ливадска фитоценоза итд. Због тога се, насупротив општем термину фитоценоза, у класификацији биљних заједница користи појам **асоцијација**, који има синтаксономски карактер.

Тако је у оквиру флористичког система, у хијерархијском смислу, основна јединица у класификацији биљних заједница **АСОЦИЈАЦИЈА**. Свака асоцијација изграђена је од већег броја међусобно просторно одвојених делова, а не од једног јединственог вегетацијског покривача. Ови **конкретни делови асоцијације су САСТОЈИНЕ**. Асоцијација је **скуп свих њених састојина, без обзира где се оне налазе и да ли су међусобно просторно одвојене**. Међутим, у нашем језику се у стручној литератури веома често појам асоцијације поистовећује са појмом заједнице или фитоценозе.

Асоцијација (заједница, фитоценоза) добија назив по имену једне врсте или спајањем имена две најзначајније, тзв. карактеристичне врсте, које граде одређену фитоценозу. Карактеристичан наставак за асоцијацију је **-etum**. Тако су, у асоцијацији *Panico - Portulacetum oleraceae* Loz. 1962 карактеристичне врсте *Panicum crus-galli* L. и *Portulaca oleracea* L.

Виша синтаксономска категорија од асоцијације је **свеза**. У њој су груписане „сродне“ асоцијације, сличне по флористичком саставу и еколошким карактеристикама њиховог станишта. Назив добија по имену врсте која је заступљена на нивоу свезе, уз додавање карактеристичног наставак за свезу, **-ion**.

Сличне свезе уједињују се у **редове**, а карактеристичан наставак за ред је **-etalia**. Слични редови групишу се у **класе** са наставком **-etea**, а класе у **вегетацијске кругове**.

Ниже систематске категорије од асоцијације су: **субасоцијација, варијанта и фацијес**. За назив субасоцијације, диференцијалној врсти додаје се наставак **-etosum**. Код фацијеса, наставак **-osum** се додаје уз најзначајнију врсту ове ниже синтаксономске категорије.

После назива асоцијације или других синтаксономских категорија, стоји име или скраћеница имена аутора који је први описао наведену асоцијацију или другу синтаксономску категорију, а затим и година објављивања исте.

Пример синтаксономског положаја асоцијације *Panico-Portulacetum oleraceae* Loz. 1962 (Кojić i sar. 1998):

Класа: *Stellarietea medie* Tx., Lohm. et Prsg. 1950

Ред: *Chenopodietalia albi* Tx., Lohm. et Prsg. 1950

Свеза: *Polygono-Chenopodion* Koch 1926. em Sissing 1946

Асоцијација: *Panico-Portulacetum oleraceae* Lozanovski 1962

СТРУКТУРА ФИТОЦЕНОЗА. Све фитоценозе су просторно (структура фитоценозе) и временски (динамика фитоценозе) организоване. Структура фитоценозе условљена је њеним флористичким саставом, бројем и заступљеношћу врста, њиховим распоредом, што све утиче и на изглед

фитоценозе (физиогномију). Наиме, структура фитоценозе је спољашњи израз њене екологије, израз сложених еколошких процеса који се дешавају између њених чланова и спољашње средине. Као посебно важан издваја се и утицај човека на структуру и изглед фитоценоза, јер деловање човека је често врло интензивно, негативно и у великој мери мења, нарушава и деградира биљне заједнице.

Карактеристичне особине сваке фитоценозе су: флористички састав, бројност индивидуа, густина заступљености сваке врсте, дисперзија, покровност, учесталост, присутност, сталност, социјалност, физиогномија, заступљеност животних форми у заједници и спратовност.

Флористички састав фитоценозе представљен је свим врстама које је чине. Анализом флористичког састава, поред пописа врста које формирају фитоценозу, треба утврдити и значај појединих врста у њој.

Бројност индивидуа (абунданција) је број индивидуа којим је одређена врста заступљена у фитоценози. Врста која је најбројнија или која заузима највећи простор у фитоценози је **доминантна врста**. Ако поред ове врсте постоји још нека врста која у истом спрату има значајну бројност називамо је **субдоминантном**. Доминантне врсте које условљавају грађу фитоценозе су њени **едификатори – градитељи** (у буковој шуми едикатор је буква, у фитоценози белог и жутог локвања едикатори су бели и жути локвањ, итд).

Густина заступљености и дисперзија. Индивидуе једне врсте могу у различитим састојинама бити распоређене гушће или ређе. Такође, индивидуе у састојини могу бити распоређене равномерно (нормална дисперзија), концентрисане на једном месту (хиподисперзија) или разбацане без реда (хипердисперзија).

Особина биљака да својим надземним деловима покривају одређену површину у фитоценози означена је као **покровност**. Покровност је условљена, пре свега, величином и обликом надземних делова биљке, а добија се пројекцијом надземних делова биљке на земљиште и изражава се у процентима. У шумским заједницама које имају више спратова, покровност се одређује одвојено за сваки спрат.

Браун-Бланке из практичних разлога уводи **комбиновану процену бројности и покровности**, те се обе вредности изражавају једном ознаком, према наведеној јединственој шестостепеној скали: + – биљка је малобројна, покровност незнатна; 1 – обилна, покровност мала, 1-10%; 2 – врло обилна или покрива 10-25% површине; 3 – без обзира на број примерака врста покрива 25-50% површине; 4 – без обзира на број примерака врста покрива 50-75% површине; 5 – без обзира на број примерака врста покрива 75-100% површине.

Учесталост (фреквенција) врсте у састојини представља учесталост њене присутности на извесном броју површина исте величине. Изражава се у процентима на основу броја пробних површина на којима се врста налази у односу на укупан број пробних површина. Врсте које се појављују у 90-100% пробних површина, називају се **константне**. Разликујемо локалну фреквенцију која се добија испитивањем ограничених површина једног конкретног дела

асоцијације и општу фреквенцију која се добија из односа збира локалних фреквенција и броја свих испитиваних делова асоцијације.

Присутност (презентност) означава у колико је састојина одређене заједнице нека врста присутна и означава се у процентима.

Сталност (константност) означава број омеђених квадрата или кругова различитих састојина одређене заједнице у којима је врста стална.

Начин на који су индивидуе једне врсте међусобно распоређене у састојини представља **социјалност** или **здруженост**. Према Браун-Бланкеу, социјалност се може класификовати на следећи начин: 1 – врста расте појединачно; 2 – врста расте у бусенима; 3 – врста расте у облику малих јастучића или група; 4 – врста расте у великим групама; 5 – врста расте у великим гомилама.

Физиогномија (општи изглед фитоценозе) зависи од флористичког састава и условљена је структуром и динамиком биљне заједнице. Изглед фитоценозе у појединим годишњим добима назива се аспект, а њихово смењивање аспективност. За физиогномичност фитоценозе важна је и **заступљеност животних форми** биљака које обликом, величином, начином раста и развића формирају изглед различитим фитоценозама.

Спратовност је просторни распоред биљака по вертикали у оквиру једне фитоценозе.

Спратовност омогућава да се на малом простору нађе велики број биљних врста. Све биљке чији надземни делови допиру до исте висине чине један спрат (Сл. 346). Надземна спратовност на првом месту условљена је количином светлости као и температурним режимом и режимом влажности изнад површине земљишта. У неким фитоценозама спратови су врло јасно изражени, док је у фитоценозама богатог флористичког састава прелаз међу биљним врстама постепен, те је



Слика 346. Основни спратови у шумској заједници

разграничење међу спратовима слабо изражено. Са највећим бројем и јасним границама између спратова одликују се листопадне шуме, у којима се може разликовати чак седам спратова. Тако се у шуми хрasta китњака и граба могу разликовати: спрат високог дрвећа, спрат ниског дрвећа, спрат високих

жбунова, спрат ниских жбунова, спрат високих зељастих биљака, спрат ниских зељастих биљака и спрат приземних маховина.

Поред надземне, постоји и подземна спратовност коју чине корени биљака и подземни метаморфозирани изданци. Подземна спратовност и распоред корена зависе од влажности и количине хранљивих материја у земљишту. Биљке једног спрата сличне су екологије и понекад граде релативно аутономне групације – **синузије**. Међутим, синузија унутар једне фитоценозе не мора бити увек везана за одређени спрат, већ је карактеришу слични еколошки захтеви њених чланова, припадност сличној животној форми итд.

ДИНАМИКА ФИТОЦЕНОЗА. Као што сваку биљну заједницу одликује структурна организација, тако је одликује и временска организација, тј. **динамика фитоценозе**. Динамичност, тј. променљивост једна је од основних одлика сваке фитоценозе и вегетације. Променљивост у току једне или неколико година, која не доводи до суштинских промена, карактеристика је сваке фитоценозе (остаје непромењена). Са друге стране, дубље промене које их суштински мењају и доводе до смене различитих фитоценоза, називамо **сукцесије**.

ФЕНОЛОШКЕ СМЕНЕ. Промене које се дешавају у заједници у току једне године, по сезонама, називају се **фенолошке смене**. Биљке које граде биљну заједницу, под утицајем климатских и других утицаја средине, у различито време пролазе фазе развића (клијање, листање, цветање, плодношење и др.) и оне су окарактерисане као **фенолошке фазе** или **фенофазе**. Неке врсте за кратко време пролазе читав циклус развића (ефемере), друге почињу развиће током пролећа, а цветају крајем лета, неке цветају тек током јесени, неке цветају веома рано, почетком вегетације, друге на крају итд. Све ово утиче на изглед заједнице током године и назива се **аспект**, а њихово смењивање, **аспективност**. Аспекте једне биљне заједнице у појединим годишњим добима, највише одређују биљке које су у фази цветања, али и вегетативни органи појединих биљака (нпр. дрвенасте врсте у шумским фитоценозама). Смена аспеката последица је различитих захтева биљака према факторима спољашње средине у различитим фазама њиховог развића (температура, светлост, влажност и др.). У умереним климатским областима четири су основна аспекта: пролећни, летњи, јесењи и зимски.

СУКЦЕСИЈЕ су дубље промене које доводе до значајних промена у биљним заједницама и узрокују њихову смену. Сукцесивне промене најлакше је пратити на биолошки празном простору, без развијене вегетације или где је постојећа уништена (након вулканских ерупција, након великих поплава, пожара, суше итд.)

На огољене просторе, ветром, водом, животињама или на неки други начин, доспевају семена, плодови и делови вегетативних органа биљака, те се лагано насељавају биљке, затим и животиње. После овог **иницијалног стадијума**, организми бивају све бројнији, контакти међу њима постају све ближи, утицаји се интензивирају. Већ се може говорити о првим правим заједницама које знатно утичу и мењају услове животне средине. Ове заједнице називају се

пионирске заједнице (почетне), а њихови чланови пионирски организми. Пионирске заједнице убрзо бивају смењене све сложенијим и постојанијим заједницама које називамо **прелазне заједнице**. Након извесног времена долази до формирања комплексне постојане биљне заједнице која је најбоље прилагођена еколошким условима дате области, тзв. **климакс** или **климатогена заједница („коначна“)**. Скуп свих међусобно повезаних сукцесивних стадијума чини **сукцесивни низ**.

Сукцесије биљног покривача могу да зависе од спољашњих или од унутрашњих узрока (између врста саме заједнице). Уколико спољашњи узроци условљавају овај процес, сукцесије су: климатогене (условљене климатским променама), едафогене (променом земљишта), зоогене (животињама), фитогене (страним врстама које доспевају у фитоценозу, мењајући је), антропогене (утицај човека) и др.

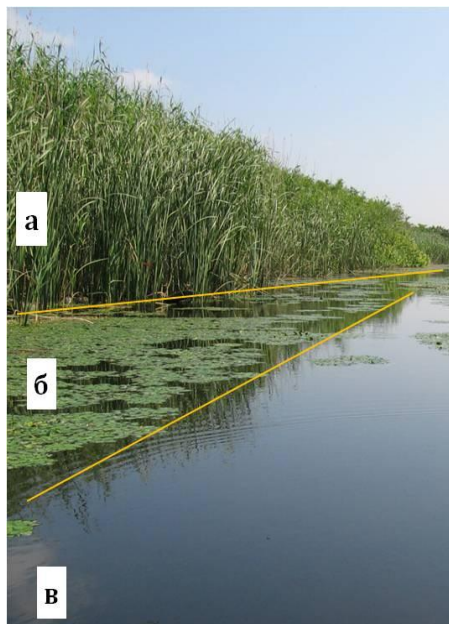
Уколико сукцесивне промене доводе до усложњавања фитоценозе и повећања флористичке разноврсности то је **прогресивна сукцесија**. **Регресивне сукцесије** доводе до деградације и упрошћавања фитоценоза и такве су углавном зоогене и антропогене сукцесије.

ФИТОЦЕНОЛОШКО СНИМАЊЕ. Основни и најважнији поступак у фитоценолошким истраживањима је **фитоценолошко снимање** што подразумева узимање **фитоценолошких снимака** на одабраним (пробним) површинама. За узимање снимка се одабере пробна површина која је репрезентативна, са што хомогенијим еколошким условима. Да би се то обезбедило, прво се изабере мања површина, попишу се све присутне биљне врсте. Површина се затим удвостручује све док се појављују нове биљне врсте, водећи рачуна да се не пређу границе састојине, на шта углавном указују еколошки услови (Сл. 347). С обзиром на динамику биљних заједница, уобичајено је да се на истом месту (на истој пробној површини), фитоценолошки снимци узимају више пута годишње (према годишњим добима).

Фитоценолошки снимак је списак биљних врста у одређеној састојини, при чему се за сваку врсту одређује: бројност и покривност (први број) и социјалност (други број). Осим података о флористичком саставу и квантитативном учешћу сваке врсте у састојини, у сваки фитоценолошки снимак се уносе и општи и еколошки подаци о састојини. Општи подаци су: јединствен редни број фитоценолошког снимка, локалитет (што прецизније или GPS координате), површина снимљене састојине, датум узимања снимка, име и презиме особе која је узела снимак. Еколошки подаци су: надморска висина, експозиција, нагиб терена, геолошки састав подлоге, педолошки састав подлоге, спратовност, опис вегетације у окружењу и други параметри. Осим ових података, уносе се и подаци о фенолошком и биолошком аспекту састојина, агротехничким мерама, антропогеним утицајима и другим факторима за које се претпоставља да утичу на анализирању вегетацију.

ФИТОЦЕНОЛОШКА ТАБЕЛА. Израда фитоценолошке табеле подразумева синтезу појединачних фитоценолошких снимака и основни је поступак анализе података о фитоценози. Фитоценолошка табела осликава флористички састав, грађу и основне абиотичке услове. Она омогућава описивање, компарацију и класификацију вегетације, као и издвајање нових асоцијација. Табела најчешће садржи 10 фитоценолошких снимака, али може имати и мањи или већи број (Сл. 348). Фитоценолошка табела је формирана од 2 основна дела: заглавља табеле и главног дела (пописа врста). У првој колони заглавља налазе се називи географских и еколошких атрибута, а у главном делу називи биљних врста, након чега следе колоне сортираних фитоценолошких снимака.

Израда фитоценолошке табеле одвија се у више фаза. У почетној фази потребно је да се у сваком фитоценолошком снимку биљне врсте хијерархијски поређају по степену бројности и покровности (од највеће вредностима ка нижим). У случају да неколико врста има истоветне степене бројности и покровности, врсте треба поређати по степену социјалности. Овако сређене снимке укључујемо даље у фитоценолошку табелу, а изабраћемо само снимке за које претпостављамо да припадају истој биљној заједници или истом типу заједнице. Подразумева се да је у овој фази израде табеле и избору снимака велики утицај субјективног фактора, искуства и знања у области фитоценологије. Дакле, у следећу колону уписују се вредности за други фитоценолошки снимак, при чему се биљне врсте које нису биле присутне у првом снимку додају. Следи уписивање наредних фитоценолошких снимака по истом принципу. Критеријум по коме су груписани фитоценолошки снимци у табели (колоне) може бити различит: еколошки (по градијенту влажно-суво, топло-хладно, светло-тамно), хронолошки (по датумима узимања снимака, по сезонама), географски (север-југ, подножје-врх), флористички (по степену сличности појединачних снимака) и др.



Слика 347. Просторна дистрибуција појасева водене вегетације: а – емерзна; б – флотантна; в – субмерзна

Фитоценолошка табела 1. Асоцијација *Panico-Portulacetum oleraceae* Lozanovski 1962

Флорни елемент	Животна форма						Степен присутности	Покровна вредност	
		1	2	3	4	5			
Карактеристичне врсте асоцијације <i>Panico-Portulacetum oleraceae</i>									
Cosm.	T ₄	<i>Portulaca oleracea</i> L.	3-3	2-2	+1	+1	+1	V	1130
Cosm.	T ₄	<i>Panicum crus-galli</i> L.	+2	+1	+1		+1	IV	40
Карактеристичне врсте реда <i>Chenopodietalia</i> и класе <i>Stellarietea</i>									
Adv.	T ₄	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	1.1	+1	+1	+1	1.1	V	230
Subcirk.	T ₄	<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	1.1	1.1	+1	+1	+1	V	230
Cosm.	T ₄	<i>Datura stramonium</i> L.	+1	+1	+1	+1		IV	40
Cosm.	T ₄	<i>Solanum nigrum</i> L.	+1	+1		+1	+1	IV	40
Cosm.	T ₄	<i>Chenopodium album</i> L.	+1	+1			+1	III	30
Subeur.	T ₃	<i>Sinapis arvensis</i> L.	+1	+1		+1		III	30
Пратилце									
Subeur.	T ₄	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	1.1	+1		+1	+1	IV	130
Eur.	T ₁	<i>Senecio vulgaris</i> L.	+1	+1		+1	1.1	IV	130
Subeur.	G ₃	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	+2	+1	+1		+1	IV	40
Adv.	T ₄	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.		+1		2.1	+1	III	370
Cosm.	G ₃	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	+1		+1	+1		III	30
Subeur.	T ₄	<i>Bilderdykia convolvulus</i> (L.) Dum.		+1		+1	+1	III	30
Cosm.	G ₁	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	+1	+1			+2	III	30
Subcirk.	T ₄	<i>Chenopodium hybridum</i> L.	+1	+1		+1		III	30
Pont.east.subm.	T ₄	<i>Hibiscus trionum</i> L.	+1			+1		II	20
Eur.	G ₁	<i>Agropyrum repens</i> (L.) P.B.				+2		I	20
Adv.	T ₄	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson					+1	I	10
Eur.	T ₄	<i>Matricaria inodora</i> L.				+1		I	10
Pont.-subm.	T ₄	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	+1					I	10

Легенда: Cosm. - Космополитски; Adv. - Адвентивни; Subcirk. - Субциркумполарни; Subeur. - Субевроазијски; Eur. - Евроазијски; Pont.east.subm. - Понтско Источно Субмедитерански; Pont.-subm. - Понтско Субмедитерански; T - Терофита, G - Геофита.

Слика 348. Пример фитоценолошке табеле

Следећа фаза подразумева сортирање биљних врста у табели на основу степена присутности, а затим по покровним вредностима (степен присутности и покровна вредност су синтетске особине фитоценозе). Дакле, у синтетски лабораторијски рад припада израчунавање ових вредности, па се из такве табеле може уочити да је редослед врста диригован по опадајућим вредностима за степен присутности, а врсте које имају исти степен присутности, сортирају се од виших ка нижим покровним вредностима (последње две колоне).

Степен присутности (учесталост, фреквентност) је проценат којим је врста заступљена у истраживаним састојинама анализираних асоцијација. Одређује се на основу броја снимака у којима је присутна одређена биљна врста у односу на укупан број снимака. Степен присутности се изражава римским бројевима по петостепеној скали: I - биљна врста присутна у 1-20% снимака, II - 21-40%, III - 41-60%, IV - 61-80% и V - биљна врста присутна у 81-100% снимака.

Покровна вредност је показатељ продукционог значаја сваке биљне врсте у фитоценози. Израчунава се као количник средње покровне вредности и укупног броја снимака у фитоценолошкој табели.

Након сортирања врста у табели, издваја се **карактеристичан скуп врста** кога формирају врсте које су за дату асоцијацију својствене и врсте које у њој имају степен присутности V и IV (све врсте које су присутне у више од 60% снимака).

Упоређивањем анализираних табела са табелама сродних фитоценоза издвајају се доминантне, карактеристичне, диференцијалне и пратеће врсте

(пратилице). **Доминантна врста** је она врста која је најбројнија или која заузима највећи простор у фитоценози. **Карактеристичне врсте** су везане за одређене асоцијације или више синтаксономске јединице (свезе, редове, класе). **Диференцијалне врсте** се јављају у одређеним природним условима у једној фитоценози и диференцирају поједине састојине по станишним условима и по неким специфичностима у флористичком саставу. На основу њих се дефинишу ниже вегетацијске јединице. **Пратеће врсте (пратилице)** су врсте са ниским вредностима бројности и покривности и често су присутне и у другим фитоценозама.

ЗОНИРАЊЕ ВЕГЕТАЦИЈЕ НА ЗЕМЉИ

Основни и најснажнији фактор који утиче на распрострањеност и формирање биљних заједница је клима. На Земљи се климатски фактори мењају са одређеном правилношћу, што се нарочито односи на температуру и влажност, који управо и имају највећи утицај на вегетацијски покривач. Температура постепено опада од екватора према половима, тако да на сваки степен географске ширине, тј. око 100 km, температура опада за 0,5°C. Влажност постепено опада од мора према унутрашњости континента, али је она условљена и ветровима који дувају. У умереној климатској зони ветрови дувају од мора ка копну и доносе велику количину влаге, а ближе екватору, у тропским областима, у обрнутом правцу, те смањују и онако ниску влажност. Јасно зонирање климатских фактора, заједно са зоналним распоредом типова земљишта, има снажан дистрибутивни значај на биљке условљавајући **ЗОНАЛНИ ХОРИЗОНТАЛНИ РАСПОРЕД ВЕГЕТАЦИЈЕ НА ЗЕМЉИ**.

Према Валтеру (Walter, 1983) на Земљи се разликују девет главних климатских области, усаглашених са одговарајућом вегетацијом и земљиштем, што је означено еколошким термином **ЗОНАЛНИ БИОМ** или **ЗОНОБИОМ**.

Тако, идући од екватора, ка половима, разликујемо следећих девет зонобиома:

1. **вечнозелене тропске кишне шуме** (у влажној екваторијалној клими, на латеритном земљишту);
2. **листопадне тропске (монсунске) шуме и саване** (у периодично влажно-сувој тропској клими, на црвенкастом латеритном земљишту);
3. **пустињска вегетација** (у сувој суптропској клими, на сивом пустињском земљишту);
4. **тврдолисна медитеранска (дрвенаста) вегетација** (у периодично влажно-сувој суптропској клими, на црвеници);
5. **вечнозелене шуме** (у прохладној и влажној (маритимној, приморској) умереној клими, на црвенкастом подзоластом земљишту);
6. **листопадне шуме** (у влажној (маритимној) умереној клими, на смеђем шумском земљишту);
7. **степска вегетација** (у сувој (континенталној) умереној клими, на чернозему);

8. **вечнозелена четинарска вегетација – тајге** (у хладној, бореалној умереној клими, на подзоластом земљишту);
9. **тундре** (ниски жбунови, зељасте биљке, маховине и лишајеви) и **поларне пустиње** (у поларној арктичкој и антарктичкој клими, на оглејсаном влажном тресетном земљишту).

Слично, као од екуатора према половима, вегетацијске зоне се смењују и у **ВЕРТИКАЛНОМ (ВИСИНСКОМ) ПРАВЦУ**, на планинама, од подножја до врхова планинских масива (Сл. 349). На висинско зонирање вегетације најјачи утицај има надморска висина.



Слика 349. Висинско и хоризонтално зонирање вегетације

Општи климатски услови неке зоне могу у појединим деловима бити измењени под дејством различитих локалних фактора. Фактори који модификују основне климатске законитости су: ветрови, близина планинских ланаца, топле и хладне морске струје, разуђеност копна и мора, различите особине земљишта и др. У тим деловима ће и вегетација одступати од типичног зоналног карактера, и развијаће се вегетација која је најбоље прилагођена општим климатским условима, тј. развиће се интразонални, асонални и екстразонални типови вегетације.

ИНТРАЗОНАЛНА, АЗОНАЛНА И ЕКСТРАЗОНАЛНА ВЕГЕТАЦИЈА. Као што је наведено, осим зоналне вегетације која је условљена општим климатским приликама дате области, постоје и други типови вегетације као што су интразонална, асонална, екстразонална и др. **Интразонална вегетација** не образује сопствену зону већ је укључена у неку другу, увек одређену вегетацијску зону (нпр. вегетација слатина увек је везана за степску вегетацијску зону).

Азонална вегетација условљена је локалним факторима и може се јавити у било којој зони (плавне ливаде, водена вегетација). Тако се плавне ливаде формирају крај река и зависе од алувијалне активности водотока. **Екстразонална вегетација** је део зоналне вегетације који излази изван граница своје зоне и, у виду фрагмената, се јавља у суседној вегетацијској зони (нпр. дубраве, шуме храста лужњака су зонална вегетација у области широколисних листопадних шума умерене климе, док јужно, у степској зони Русије, фрагменти ових шума чине екстразоналну вегетацију).

АНТРОПОГЕНЕ БИЉНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ

Активним деловањем човека формирају се антропогене заједнице и оне имају азонални карактер. Могу се поделити на: антропогене заједнице у ширем смислу и антропогене заједнице у ужем смислу.

АНТРОПОГЕНЕ БИЉНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ У ШИРЕМ СМISЛУ. У овим заједницама човек не замењује едификаторске врсте, иако његов утицај може бити врло интензиван. Антропогене заједнице у ширем смислу су: **ливаде, пашњаци, рудералне заједнице** и др. Ливаде и пашњаци се међусобно разликују по начину и интензитету антропогеног деловања. Ливаде се најчешће само косе, понекад се користе и за испашу, а пашњаци се користе само за испашу стоке. Вегетација ливада је врло разноврсна, са великим бројем фитоценоза, а човеков утицај на њих је најмањи. Најраспрострањеније су долињске ливаде које настају на местима посечених шума у речним долинама, а одржавају се испашом стоке и косидбом. Ливадска вегетација припада претежно класама *Molinio-Arrhenatheretea* и *Festuco-Brometea*. За вегетацију класе *Molinio-Arrhenatheretea* карактеристичне су врсте: *Agrostis gigantea* (росуља), *Alopecurus pratensis* (лисичији репак), *Dactylis glomerata* (јежевица), *Festuca pratensis* (ливадски вијук) и врсте *родова Cerastium* (птичја трава), *Lathyrus* (граор) и др. За вегетацију класе *Festuco-Brometea* карактеристичне су врсте: *Asperula aristata* (лазаркиња), *Eryngium campestre* (котрљан), *Aster linosyris* (звездичица), *Festuca valesiaca* (вијук) и врсте *родова Lactuca* (салата), *Dianthus* (каранфил) и др.

Рудерална вегетација се развија у близини људских насеља и под сталним је и интензивним утицајем антропогених фактора, али не у циљу стварања продуктивних површина. Ова вегетација присутна је око насеља, путева, поред пруга, на насипима, обалама канала, запуштеним парковима, утринама, парлозима, гробљима. Заједнице рудералне вегетације припадају класи *Chenopodietea*, а карактеристичне врсте су: *Chenopodium album* (пепељуга), *Ch. hybridum* (срцолисна пепељуга), *Amaranthus retroflexus* (штир), *A. albus* (бели штир), *A. blitoides* (бљутави штир), *Urtica urens* (мала коприва) и др. Често су заступљене и следеће рудералне биљке: *Urtica dioica* (коприва), *Cynodon dactylon* (зубача), *Solanum nigrum* (обична помоћница), *Datura stramonium* (татула), *Polygonum aviculare* (птичји дворник) и др.

АНТРОПОГЕНЕ БИЉНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ У УЖЕМ СМISЛУ. Овај тип биљних заједница настаје услед интензивног и перманентног деловања човека при чему се

мењају општи услови, а долази и до уношења новог едификатора (Сл. 350). **Фитоценозе у којима човек мења едификатора називају се АГРОФИТОЦЕНОЗЕ.**

Мењање едификатора у екосистему доводи до нарушавања природног кружења материје и енергије. Човек из агроекосистема односи материје настале органском продукцијом путем бербе, жетве, сечом или на други начин. Са друге стране, он у екосистем уноси материје које нису резултат кружења материје и енергије, као што су органска и минерална ђубрива. Примењене агротехничке мере, употреба пестицида и других хемијских материја додатно мењају опште услове у агроекосистему.

У сађеним шумама, вештачким ливадама и екстензивним воћњацима човеков утицај је релативно слаб. Међутим, у **еуагрофитоценозама** утицај антропогеног фактора је изузетно интензиван и систематичан. Наиме, интензивно деловање човека усмерено је на узгој гајене биљке, док се коровска вегетација сузбија. Два су типа еуагрофитоценоза: заједнице стрних жита и заједнице окопавина.



Слика 350. Антропогене биљне заједнице у ужем смислу: а - заједница стрних жита (пшеница); б - заједница окопавина (пасуљ)

Заједнице стрних жита су усеви густог склопа, те је ограничена примена агротехничких мера. Због смањене примене агротехничких мера (током године постоји период када се оне и не изводе), не ремети се ницање и сезонска динамика корова и они се континуирано развијају, те је изражена јасна аспективност ове вегетације. Код стрних жита смењују се следећи аспекти: ранопролећни аспект (траје до завршетка бокорења жита), затворени склоп (интензиван пораст, цветање, сазревање жита) и фаза стрништа.

Развој коровске синузиде усклађен је са екологијом гајене биљке, те је за ранопролећни аспект карактеристично присуство хелиофита које се развијају у условима пуне дневне светлости, а затим и полускиофита које подносе и одређен степен засенчености. Заједнице стрних жита припадају класи *Secalinetea*, са карактеристичним врстама: *Agrostemma githago* (кукољ), *Avena fatua*, *Papaver rhoeas* (булка), *Anthemis arvensis* (пољски прстенак) и др. Присутне су и следеће ефемере, тј. корови врло кратког вегетативног периода: *Stellaria media* (мишјакиња), *Capsella bursa-pastoris* (русомача), *Lamium amplexicaule* (мртва коприва), *Myosotis arvensis* (ситноцветни

споменак) и др. Од геофита (биљке са подземним пупољцима), често су присутни: *Sorghum halepense* (дивљи сирак), *Convolvulus arvensis* (попонац), *Sonchus arvensis* (горчика), *Cirsium arvense* (паламида) и др.

Заједнице окопавина подвргнуте су интензивним агротехничким мерама (међуредно култивирање, окопавање, плевљење, наводњавање, хемијска заштита од корова и др.) што узрокује флористичко сиромаштво коровске вегетације. Аспективност коровске вегетације у окопавинама није изражена и јасна. Због интензивног деловања човека ове заједнице сличне су рудералној вегетацији (класа *Chenopodietea*).

Заједнице окопавина су најчешће једногодишње заједнице које се, у систему плодореда, смењују са стрним житима. У зависности од едификатора, тј. гајене биљке (кукуруз, соја, шећерна репа, сунцокрет и др.), примењују се различите агротехничке мере, што условљава развој специфичне коровске вегетације. Осим њивских окопавина овој групи припадају и воћњаци и виногради који се интензивно обрађују. Иако су овде едификатори дрвенасте биљке (фанерофите) коровска вегетација је сличнија оној у окопавинама, него у воћњацима екстензивног типа. Разлог томе је интензиван утицај човека, односно примена честих и многобројних агротехничких мера.

Осим ових антропогених заједница постоје и **прелазне заједнице** које настају уништавањем едификатора (нпр. нерационална сеча шума, после шумских пожара и др.). Од прелазних заједница могу настати антропогене заједнице или заједнице које су биле развијене пре уништавања екосистема. Наиме, уколико се искључи доминантан утицај човека, све антропогене заједнице, после низа прелазних заједница, враћају се климакс заједницама које имају зонални карактер.



ЛИТЕРАТУРА

Апаџков, G. 2003. Rod *Allium* L. 1754 (*Amaryllidales, Alliaceae*) у флори Војводине. Магистарска теза, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду.

Арсенић, Д.И., Михаиловић, Т.Д. 2021. Метеорологија за студенте Пољопривредног факултета у Новом Саду. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Vélez-Gavilán, J. 2022. *Sagittaria sagittifolia* (arrowhead). CABI Compendium, CAB International. 1-15. (доступно на: <https://www.cabdigitalibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.48125>)

García-Granero, J.J., Skoula, M., Sarpaki, A., Cárdenas, M., Madella, M., Bogaard, A. 2020. A Long-Term Assessment of the Use of *Phoenix theophrasti* Greuter (Cretan Date Palm): The Ethnobotany and Archaeobotany of a Neglected Palm. *Journal of Ethnobiology*, 40(1): 101–114. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-40.1.101>

Глишић, Љ. 1980. Општа цитологија. Унија биолошких друштава Југославије, Београд.

Del Rio, A.L., Corpas, F.J., Sandalio, M.L., Palma, M.J., Gomez, M., Barroso, B.J. 2002. Reactive Oxygen Species, Antioxidant Systems and Nitric Oxide in Peroxisomes. *Journal of Experimental Botany*, Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants Special Issue, 53(372): 1255–1272. https://www.researchgate.net/publication/11374060_Reactive_oxygen_species_antioxidant_systems_and_nitric_oxide_in_peroxisomes/figures?lo=1

Denffer, D., Ziegler, H. 1988. *Botanika - Morfologija i fiziologija*. II dopunjeno izdanje. Školska knjiga, Zagreb.

Dickison C.W. 2000. *Integrative Plant Anatomy*. Harcourt academic press, New York, London.

Ђорђевић, А., Радмановић, С. 2016. Педологија. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, СЗТР Grafics, Прокупље.

Ђорђевић, В. 2018. Просторна дистрибуција и екологија орхидеја (*Orchidaceae*) Западне Србије. Докторска дисертација. Биолошки факултет, Универзитет у Београду.

Ђукић, Д., Моисус, А., Јањић, В., Кишгеци, Ј. 2004. Крмне, коровске, отровне и лековите биљке. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Екперуси, А.О., Сикочи, Ф.Д., Нwachukwu Е.О. 2019. Application of Common Duckweed (*Lemna Minor*) in Phytoremediation of Chemicals in the Environment: State and Future Perspective. *Chemosphere*, 223: 285-309. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.025>

Evert, F.R. 2006. *Esau's Plant Anatomy*. John Wiley & Sons, Inc., Publication.

Игић, Р., Вуков, Д. 2000. Практикум из систематике виших биљака. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет.

Јанковић, ММ. 1990. Фитоекологија с основама фитоценологије и прегледом типова вегетације на Земљи. Научна књига, Београд.

Јанчић, Р. 2004. *Ботаника фармацеутика*. Друго допуњено издање. ЈП Службени лист СЦГ, Београд.

Јањатовић, В. 1994. *Ботаника*. Научна књига, Београд.

Jarvis P, López-Juez E. (2013): Biogenesis and Homeostasis of Chloroplasts and Other Plastids. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 14(12):787-802. <https://doi.org/10.1038/nrm3702>

Jenačković Gocić, D., Bolbotinović, Lj., Jušković, M., Nikolić, D., Randelović, V. 2020. Insight Into the Chorology of Some Endangered, Rare and Potentially Invasive Plant Species in Serbia. *Biologica Nyssana*, 11(2): 71-84. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4393949>

Jovanović, S., Tomović, G., Lakušić, D., Niketić, M., Pavlović, M., Boža, P. 2009. Genus *Leucojum* L. (*Amaryllidaceae*) – Distribution and Threatened Status in Serbia. *Botanica Serbica*, 33(1): 45-50.

Кастори, Р., Максимовић, И. 2008. *Исхрана биљака*. Војвођанска академија наука и уметности, Нови Сад.

Којић, М., Пекић, С., Дајић, З. 2001. *Ботаника*. VII измењено и допуњено издање. Романов, Београд - Бања Лука.

ЛИТЕРАТУРА

- Којић, М., Поповић, Р., Караџић, Б. 1998. Синтаксономски преглед вегетације Србије. Издавач за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, Београд.
- Курсанов, Л.И., Крашениников, Ф.Н., Комарницки, Н.А., Курсанов А.Л. 1958. Ботаника I. Научна књига, Београд.
- Лалић, Б., Ејцингер, Ј., Даламарта, А., Орландини, С., Фирањ Сремац, А., Пахер, Б. 2021. Метеорологија и климатологија за агрономе. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- Lehtonen, P. 2003. Pest Risk Assessment for *Sagittaria sagittifolia* L. USDA-APHIS Weed Risk Assessment, Version 5. USA., pp. 18.
- Marković, M., Grbić, M., Đukić, M. 2013. The Use of *in vitro* Culture in *Dianthus* Propagation. *Bulletin of the Faculty of Forestry*, 107: 141-162.
- Martins, R.C., Filgueiras, T.S., Albuquerque, U.P. 2014. Use and Diversity of Palm (Arecaceae) Resources in Central Western Brazil. *The Scientific World Journal*, 2014(1): 42043. <https://doi.org/10.1155/2014/942043>
- Mauseth, J.D. 2003: Botany - an Introduction to Plant Biology. University of Texas, Austin, USA.
- Natural Resources Conservation Service (NRCS). 2025. Plant Guide – Plant Rush *Juncus effusus* L. (доступно на: https://plants.usda.gov/DocumentLibrary/plantguide/pdf/pg_juef.pdf)
- Петковић, Б., Обратов-Петковић, Д. 2010. Ботаника са практикумом. Универзитет у Београду, Шумарски факултет.
- Правилник о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива. „Службени гласник РС“, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016, 98/2016. (доступно на: <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2010/5/3/reg>)
- PFAF, 2019. In: *Plants for a Future Database*. Dawlish, UK. (доступно на: <http://www.pfaf.org/USER/Default.aspx>)
- Радоман, П. 1961. Живот и његова еволуција. Завод за издавање уџбеника Народне Републике Србије, Београд.
- Рањеловић, В. 2005. Ботаника. Биолошко друштво „Сава Петровић“, Ниш.
- Simpson, G.M. 2019. Plant Systematics. 3rd Edition, Elsevier.
- Sosa, D., Alves, F.M., Prieto, M.A., Pedrosa, M.C., Heleno, S.A., Barros, L., Feliciano, M., Carocho, M. 2024. *Lemna minor*: Unlocking the Value of This Duckweed for the Food and Feed Industry. *Foods*, 13(10): 1435. <https://doi.org/10.3390/foods13101435>
- Станковић, Ж., Петровић, М., Крстић, Б., Ерић, Ж. 2006. Физиологија биљака. Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, Симбол, Нови Сад.
- Стевановић, Б., Јанковић, М.М. 2001. Екологија биљака са основама физиолошке екологије биљака. Београд, International.
- Стевановић, В., Васић, В. (eds.) 1995. Биодиверзитет Југославије са прегледом врста од међународног значаја. Биолошки факултет и Ecolibri, Београд, 1-562.
- Syranidou, E., Christofilopoulos, S., Kalogerakis, N. 2017. *Juncus* spp. - The Helophyte for All (Phyto)remediation Purposes? *New Biotechnology*, 38, Part B, 43-55. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.12.005>
- Татић, Б., Блечић, В. 2002. Систематика и филогенија виших биљака. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Татић, Б., Петковић, Б. 1991. Морфологија биљака. Научна књига, Београд.
- Useful Tropical Plants. 2014. (доступно на: <https://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Typha+latifolia>)
- Хржановский, В.Г., Краевский, И.М., Пономаренко, С.Ф. 1975. Ботаника. Учеб. Пособие для техникумов. Москва „Высшая школа“.

Слике и илустрације - извори

Напомена о ауторским правима за слике и илустрације:

Све слике и илустрације, у овом уџбенику, су оригинални радови аутора или су прилагођене од стране аутора уџбеника. Ауторска права на оригиналне слике задржавају њихови аутори. Забрањено је њихово даље умножавање, дистрибуција или коришћење у друге сврхе без претходне писане сагласности аутора. Заинтересовани за коришћење појединих слика/илустрација могу се обратити ауторима путем мејл адреса.

Слика корице: *Dipsacus laciniatus* (фото: Љ. Николић)

Слике поглавља:

Цитологија: Телија епидермиса *Allium cepa* (црни лук) (фото аутори)

Хистологија: аеренхим (фото: аутори)

Органографија: проклијало семе пасуља (фото: Д. Џигурски)

Размножавање: цвет *Malus domestica* (јабука) (фото: Љ. Николић)

Систематика биљака: *Taraxacum officinale*, *Taxus baccata*, *Bellis perennis*, *Chrysanthemum* sp., *Helianthus annuus*, *Tulipa* sp., *Trifolium pratense*, *Triticum* sp. (фото: Љ. Николић); *Allium giganteum* (фото: Катарина Николић)

Екологија: јесењи пејзаж (фото: Љ. Николић)

Слике проф. др Љилане Николић (lilijana.nikolic@polj.edu.rs): 11, 15, 16, 17, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 46, 66а, 103в, 110б, 111а, 111в, 118б, 128, 129б, 140, 143, 158, 164, 165, 166а, б, 169, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 188, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 206, 208, 209, 210, 213, 215, 217, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 246, 247, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256а, 256б, 257а, 257б, 258б-д, 259а, 260а, 260в, 261, 262а, 263, 264, 266, 268а-г, 269а, 269в, 270а-г, 272, 273в, 273д, 273ђ, 274а, 275г, 275д, 276, 278, 279, 280а-г, 280ђ, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287б, 287г-е, 288а-б, 288г-ж, 289, 290, 291, 295б-в, 296а, 297, 298а, 302, 303а-б, 303г-ђ, 305г-д, 305е, 306, 308в, 309, 310, 311, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 324в, 330б, 331, 332, 333, 335а, 341, 348

Слике проф. др Дејане Џигурски (dejana.dzigurski@polj.edu.rs): 99, 100, 101, 102, 103а-б, 103г-д, 104, 105, 106, 107, 109, 110а, 110в, 111б, 115, 118а, 119, 120, 121а, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 129а, 129в, 130, 135а-б, 135г, 136б, 137, 138, 141, 142, 145, 146а, 147, 149, 150, 152, 155, 157, 159, 160б, 161, 245, 248, 256б-в, 257в-г, 258а, 258ђ, 259б, 260б, 262б, 265, 267, 268д, 269б, 270б, 271, 273а-б, 273г, 273ж-л, 274б-в, 275б-в, 277, 280д, 287а, 287в, 288в, 305а, 305в, 307б, 320, 321а-б, 321г, 323, 324б, 325, 326, 327, 328, 329, 330а, 330в-г, 342б, 347, 349

Слике проф. др Бранке Љевнаић-Машић (branka.ljevnaic@polj.edu.rs): 50, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66б, 67, 68, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 135в, 171, 275а, 292, 293, 294, 295а, 296б-в, 298б, 299, 301, 303в, 304, 305б, 305ђ, 307а, 308а, 322, 33б, 337, 338г, 339, 340, 344, 345, 346

Заједничке слике аутора: 40, 43, 44, 47, 55, 56, 60, 73, 76, 77, 86, 112, 113, 114, 116, 117, 131, 132, 133, 134, 151, 153, 154, 156, 187, 195, 350

Остали извори:

Слике: 45, 189 - др Предраг Радишић

Слика 162 - Маријана Васиљевић, маг. инж. пољ.

Слике: 160а, 308б, 338в - Давид Фиц, маг. проф. биол.

Слике: 69, 121б, 136а, 139б, 146б-в, 256г, 268ђ, 269г - Душан Којадиновић

Слике: 166в, 334, 338а-б - Божидар Николић

Слика 343 - Миливој Ивановић

Слика 335б - Теодора Поповић, маг. инж. арх.

Слике: 139а, 144б, 144в, 157, 321в - Михајло Џигурски

Слике прилагођене према:

слика 2 (https://gas-kvas.com/uploads/posts/2023-02/1675578153_gas-kvas-com-p-risunok-rastitelnoi-kletki-i-zhivotnoi-kle-37.jpg)

слика 3 (Станковић и сар., 2006)

слика 5 и 6 (Denffer i Ziegler, 1988)

Слике и илустрације - извори

- слика 7 (<https://www.freepik.com/free-vector/diagram-showing-osmosis-plant-cell> 5982972.htm)
- слика 9, 42, 170, 216 и 218 (Хржановски и сар., 1975)
- слика 12 (Jarvis and López-Juez, 2013)
- слика 14 (<https://pngtree.com/freepng/chloroplast-drawing-isolated-tissue-vector> 10607397.html)
- слика 18 (<https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0Mitochondria-1.JPG#filehistory>)
- слика 19 (<https://rusinfo.info/wp-content/uploads/c/1/6/c166acc40093f0663dbeac1cf94b389a.jpg>)
- слика 20 (Према: <https://www.opentextbooks.org.hk/ditatopic/34617>).
- слика 22 (Del Rio et al. , 2002)
- слика 24 (<https://www.nicepng.com/maxp/u2e6a9w7w7r5w7w7/>)
- слика 35 (Ранђеловић, 2005)
- слика 48 (<https://fb.ru/article/382922/plazmodesma-eto-raznovidnost-mejketochnyih-kontaktov-stroenie-i-funktsii-plazmodesm>)
- слика 49 (<https://koikuban.ru/wa-data/public/shop/products/68/72/27268/images/2246/2246.970.jpg>;
https://present5.com/presentation/205917295_438359599/image-22.jpg;
https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/fs/87920976275831.5c649c15e7842.jpg)
- слика 51 (<https://cf.ppt-online.org/files1/slide/g/GyYL34tu0b6fqPXvie2V7AKD9CwRgZBoIIUkxdcF/slide-10.jpg>)
- слика 70 и 71 (https://papik.pro/uploads/posts/2023-02/1675999251_papik-pro-p-ustitse-lista-risunok-37.jpg)
- слика 72 (Татић и Петковић, 1991)
- слика 79 (<https://www.easybiologyclass.com/wp-content/uploads/2017/01/classification-of-collenchyma.jpg>)
- слика 87 (<http://www.mylessons.net/index.php/lectures-bg/15-plant-tissues-bg?showall=&start=3>)
- слика 94 (<https://cf.ppt-online.org/files1/slide/g/GyYL34tu0b6fqPXvie2V7AKD9CwRgZBoIIUkxdcF/slide-14.jpg>)
- слика 97 (<https://cf2.ppt-online.org/files2/slide/f/FiNmGqvgodL3k14r6fyKVl5zHIWnwbEc8Ye9saMIO/slide-21.jpg>)
- слика 108 (https://livesp.ru/bs/obshhaja_karakteristika_pobegov_i_pochki/)
- слика 168 и 191 (Курсанов, 1966)
- слика 205 (https://prorisuem.ru/foto/4626/oplodotvorenje_tsvetkovogo_rasteniia_risunok_6_klass_46.webp)
- слика 207 (<https://fs.znania.ru/d5af0e/4f/0e/1876d5cb342f8123a74e3384070237c180.jpg>)
- слика 211 (https://fsd.multiuroku/html/2022/02/11/s_62063b30832a9/phpPzvb6l_Prakticheskaya-rabota-po-teme_-Stroenie-semeni-6-klass.html_6a4263547767d972.jpg)
- слика 212 (<https://fs.znania.ru/d5af0e/86/22/c9c55dc9bab7cc1c2c9a1472ce49a93609.jpg>)
- слика 300 (<https://avatars.mdsyandex.net/i?id=e13cf3a190912f7e51388da2466dadea1-10415168-images-thumbs&ref=rim&n=13&w=1800&h=1350>)

„Изводи из рецензија“

„Након дугог низа година, имамо прилике да пред собом видимо текст уџбеника из базичног предмета Ботаника за студенте више студијских програма Пољопривредног факултета (Ратарство и повртарство, Фитомедицина, Воћарство, виноградарство и хортикултура и Пејзажна архитектура). Сам текст је написан пре свега јасно, са научно актуелним информацијама уприличеним за студенте који треба да савладају овај материјал у оквиру курса опште Ботанике. У овом случају је дошла до изражаја пре свега умешност аутора приложеног текста, али се у систематичности и методички уприличеном тексту са на одговарајући начин постављеним шемама и умешним одабиром илустрација огледа пре свега искуство и жеља да се уопштени и базични елементи лако разумеју, усвајају и савладају. Садржај прати савремену литературу из области Ботанике, посебно из области Систематике биљака. У овом делу уџбеника је на врло вешт начин студентима приближен изузетно обиман садржај, који је прилагођен и приближен студентима те ће за њих ово представљати лако савладиво штиво...“


*Проф. др Горан Аначков, редовни професор
Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду*

„Мишљења сам да је рукопис написан јасно, у стручно-научном смислу прецизно и тачно и у складу са важећим научним сазнањима из области Ботанике. Појмови су прецизно дефинисани и детаљно објашњени, текст стилски прилагођен уџбеничком начину изражавања, те самим тим сматрам да ће бити адекватно штиво за студенте. Текст прате богате, адекватне и јасне илустрације, шематски прикази и табеле, који доприносе лакшем разумевању материје и који су јасно приказани...“

*Проф. др Лана Зорић, редовни професор
Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду*

„Једна од најзначајнијих вредности овог уџбеника јесте његова свеобухватност и систематичност, што ће помоћи студентима у савладавању градива и повезивању са биљном производњом. Кроз јасне примере, шеме и прегледне табеле, студенти се подстичу на активно учешће у настави и сагледавање еколошких и ботаничких појмова. Целовит приказ који почиње од ћелије, а завршава се комплексним еколошким системима и њиховом везом са пољопривредом, укључивање аспеката климатских промена, биодивезитета и квалитета земљишта додатно доприноси примењивости и актуелности овог уџбеника. Педагошки јасан стил и прецизна терминологија прилагођени су и широј академској заједници, а концизност текста и методичан приступ теми чине овај материјал лако примењивим у наставном процесу...“

*Проф. др Срђан Шеремешкић, редовни професор
Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду*

The image features an abstract geometric design. A large, bright green shape, resembling a stylized 'V' or a folded piece of paper, is positioned in the upper right quadrant. The rest of the background is a solid, dark grey-blue color. The green shape has a slight 3D effect, with a darker shade on its right side, suggesting depth.

ISBN 978-86-7520-651-4