

**Papp Mária**

**Mikóné Hamvas Márta**

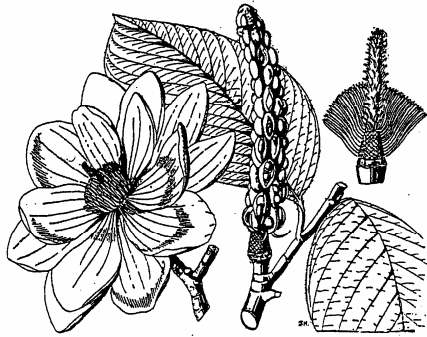
**A magvas növények  
életmenete és  
alaktana**

DEBRECENI EGYETEM

*Papp Mária*

*Mikóné Hamvas Márta*

# A magvas növények életmenete és alaktana



Debreceni Egyetemi Kiadó  
Debrecen University Press  
2010

Készült a Debreceni Egyetem Növénytan Tanszékén

Lektorálta:

*Baloghné Nyakas Antónia*  
egyetemi docens

*Utánnomás*

© Papp Mária – Mikóné Hamvas Márta, 2010.

© Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press, 2010,  
beleértve az egyetemi hálózaton belüli elektronikus terjesztés jogát is

ISBN 978-963-473-280-8

Kiadta: a Debreceni Egyetemi Kiadó Debrecen University Press  
Felelős kiadó: Dr. Virágos Márta főigazgató  
Felelős szerkesztő: Bálint Ágnes  
Készült: a DE sokszorosítóüzemében, 2010-ben  
Terjedelem: 21,27 A/5 ív  
10-191

## TARTALOM

1. Bevezetés .....	1
2. A NÖVÉNYEK ÉLETMENETEI .....	3
2.1. Ivaros életmenet .....	6
2.1.1. Ivaros életmenet modellek .....	9
2.1.2. Az ivaros életmenetek evolúciója .....	18
2.2. Ivartalan életmenetek. Az apomixis .....	23
2.2.1. Vegetatív szaporodás .....	24
2.2.2. Agamospermia .....	25
3. A VEGETATÍV HAJTÁS .....	29
3.1. A rügy .....	30
3.2. A szár .....	33
3.3. Elágazási típusok .....	34
3.4. A levél .....	37
3.4.1. Allevelek .....	38
3.4.2. Fellevelek .....	39
3.4.3. Lomblevelek (folium, fillum) .....	42
3.4.4. Összetett levelek .....	58
3.4.5. Levélmódosulások .....	59
3.5. A levelek elrendeződése a száron .....	62
3.6. A növények csoportosítása hajtásrendszerük alapján .....	67
3.7. Életformák .....	71
3.8. Hajtásmódosulások .....	73
3.8.1. Módosult föld feletti hajtások .....	73
3.8.2. Módosult földbeni hajtások .....	75
4. A GENERATÍV HAJTÁS .....	81
4.1. A nyitvatermők generatív hajtása .....	81
4.2. A zárvatermők generatív hajtása .....	85
5. A virág .....	87
5.1. A teljes virág .....	88
5.1.1. A takarólevelek tája .....	91
5.1.2. Az ivarlevelek tájai .....	94
5.2. A hiányos virág .....	111
5.3. A virág szimetriaviszonyai .....	113
5.4. A virágdiagram és virágképlet .....	113
5.5. A virág evolúciójának néhány vonatkozása .....	115

5.6. A virágzat.....	118
5.6.1. Egyszerű virágzatok.....	120
5.6.2. Összetett virágzatok.....	127
5.6.3. A virágzatok evolúciós jelentősége.....	129
5.7. A megporzás és a megtermékenyítés.....	131
5.7.1. A megporzás.....	131
5.7.2. A megtermékenyítés.....	136
6. A MAG.....	142
6.1. Az embrió (csíra).....	143
6.1.1. Az embriogenezis.....	145
6.1.2. A csíra alakja.....	149
6.1.3. A csíra helyzete a magban.....	149
6.1.4. A csíra maghoz viszonyított mérete.....	150
6.2. Tápszövetek.....	152
6.3. A maghéj.....	154
6.4. A mag fejlődésével összefüggő folyamatok.....	158
6.5. A magvak nyugalmi állapota.....	159
6.6. Terjedési mechanizmusok.....	160
6.7. Csíranövények.....	160
7. A TERMÉS.....	163
7.1. Valódi termések.....	164
7.1.1. Száraz perikarpiummal.....	164
7.1.2. Valódi termések húsos perikarpiummal.....	171
7.2. Áltermések.....	174
7.2.1. Cönokarpikus termőtájból létrejövő áltermések.....	175
7.2.2. Apokarpikus termőtájból létrejövő csoportos áltermések.....	175
7.2.3. Ál-terméságazatok.....	179
7.3. A termések és a magvak terjedése.....	180
8. A GYÖKÉRZET.....	181
8.1. Felépítése és típusai.....	182
8.2. A gyökér (radix) morfológiája.....	186
8.3. Gyökérmódosulások.....	189
Felhasznált fontosabb forrásmunkák	
Mellékletek	

# 1. Bevezetés

A magvas növények külső megjelenésüket tekintve bámulatra méltó és áttekinthetetlen változatosságot mutatnak. Minden műszer nélkül, a szemünkkel és egyszerű preparálási munkával, esetleg egy kézi nagyítóval könnyedén részeseülhetünk e természeti csodákból. Lehet, hogy éppen az egyszerű megközelíthetőség miatt, a növények megjelenésének tanulmányozása veszített népszerűségéből. A botanikusok közül sokan az utóbbi évtizedek óriási technikai fejlődésének lehetőségeivel élve a sejtekben lejátszódó molekuláris folyamatok felé fordultak. Ezek a kutatások uralják napjainkban a biológiát. Nagyszerű eredményeket hasznosítják a gyógyászatban, a mezőgazdaságban és az iparban is, ezek mindannyiunk hasznára vannak. Az intelligens biológus azonban sosem felejt el, hogy a természetben az egyed, a szervezet van jelen. Ha a természet rendjét követjük, az egész nélkül a rész értelmét veszti. Szükség van tehát továbbra is a szervezetek megjelenését, formáját bemutató és vizsgáló kutatásokra, és ezeknek az ismereteknek a továbbadására is. A praktikus taxonómiai ismeretek még mindig alapvetően az alaktanra szorítkoznak, alapfogalmi nélkül elképzelhetetlen a növényismeret. Mindezekon túl a szerzők úgy gondolják, hogy a klasszikus botanika e részterületének tanulmányozása adhatja a legtöbb esztétikai élményt az arra érzékeny bűvárkodónak.

A jegyzet a növények életmeneteinek ismertetésével utal a növényvilágban megfigyelhető fontosabb evolúciós trendekre. A növényvilág evolúciós trendekre épülő morfológiai csoportjai a jegyzet hátsó lapján található ábrán láthatók. Az ábrán bemutatott csoportok közül, ahogyan a jegyzet címe is mutatja, a magvas növényeket emeljük ki, azok diploid testének alaktanával foglalkozunk. A szervrendszerenkénti tematikus tárgyalás előtt az alábbiakban egy típusnövényen áttekintjük a magvas növények alaktani vizsgálatához szükséges legfontosabb fogalmakat, szerveket, azok helyzetét.

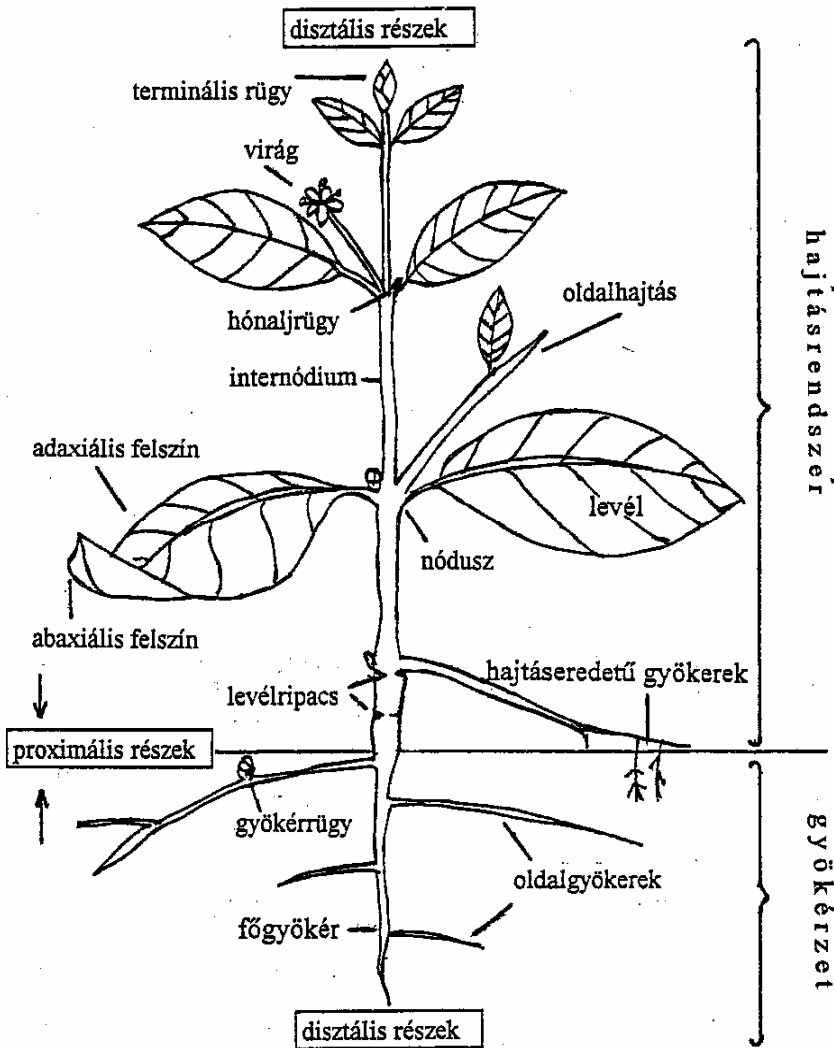
A magvas növények (*Spermatophytonok*) közös tulajdonsága, hogy a kitarító és egyben terjesztő szervük a **mag**. A magvas növényekhez a klasszikus rendszerek taxonneveit használva két törzs, a nyitvatermők (*Gymnospermatophytonok*) és a zárvatermők (*Angiospermatophytonok*) tartoznak. Ha ezekbe a taxonokba tartozó növényekre gondolunk, felépítésükben sok hasonlóságot találunk. Valamennyinek van hajtásrendszere,

általánosan a föld felett, és gyökérzete, az esetek többségében a talajban. A **hajtásrendszer** tengelyhelyzetű (**axilis**) és oldalhelyzetű (**laterális**) hajtásokból épül fel. A hajtás tengelye a szár, oldalszervei a levelek. A szárnak az eredésétől távolabb eső (**disztális**) végén osztódó szövetek (csúcsmerisztémák) működnek, vagy nyugalomban lévő terminális rügyek találhatóak. Az aktív merisztémák csúcskövetően (**akropetális**) leveleket hoznak létre. Ha a levelek lehullanak a hajtásról, levélripacsot hagynak maguk után, amely a leválasztó szövet sebszövege. A pikkelylevelek fotoszintézist nem végző apró levelek a száron, vagy a rügyek felületén. A levelek eredési helyei a csomók (**nóduszok**). A nóduszok közötti szárrészletek a szártagok (**internódiumok**). A levelek hónaljában is általában rügy található, vagy már a rügyből kifejlődött oldalhajtás. Tágabb értelemben a virág is egy hajtás (**reproduktív hajtás**), virágleveleket viselő rövidszártagú szár.

A hajtás oldalszerveinek felülnézeti felszínei az **adaxiális** felszínek, a talaj felé nézők az **abaxiális**ak. A gyökerek esetében a talajfelszín felé eső felület az abaxiális, míg a lefelé néző felület az adaxiális felület, tehát a viszonyítás a növekedési irányt követi. Minden szerv keletkezési helyéhez viszonyított távolabbi része a **disztális** rész, a közelebbi a **proximális**. A hajtásrendszer főtengele-ének és a főgyökérnek a gyökérnyakhoz viszonyítva van disztális és proximális része.

A **gyökerek** oldalgyökereket fejlesztenek, néha rügyeket is, de közvetlenül leveleket nem. A növény különböző eredetű, helyzetű és korú gyökereinek összessége a **gyökérrendszer**. A hajtáson is megjelenhetnek gyökerek, ezek a hajtás eredetű gyökerek. A csatolt ábrán az ideális növény látható, amelyen a fenti struktúrák legegyszerűbb kifejlődésben megfigyelhetők. Mivel ez a növény a valóságban nem létezik, ezért természetes, hogyha egy konkrét növényt vizsgálunk, azt a fentiekhez való eltérések jellemzik majd a legjobban, azok különböztetik meg más taxonoktól, teszik egyedivé. A fenti alapstruktúrák leggyakoribb megvalósulási formáival foglalkozik a jegyzet, szervenkénti felosztásban.

Végül hangsúlyozzuk, hogy a különböző formák a növényi testen nem véletlenek eredményei, hanem mindig adaptációs előnyt jelentenek adott környezeti feltételek között.



Típusnövény rajza a szervek helyzetének és fejlődési irányaik feltüntetésével

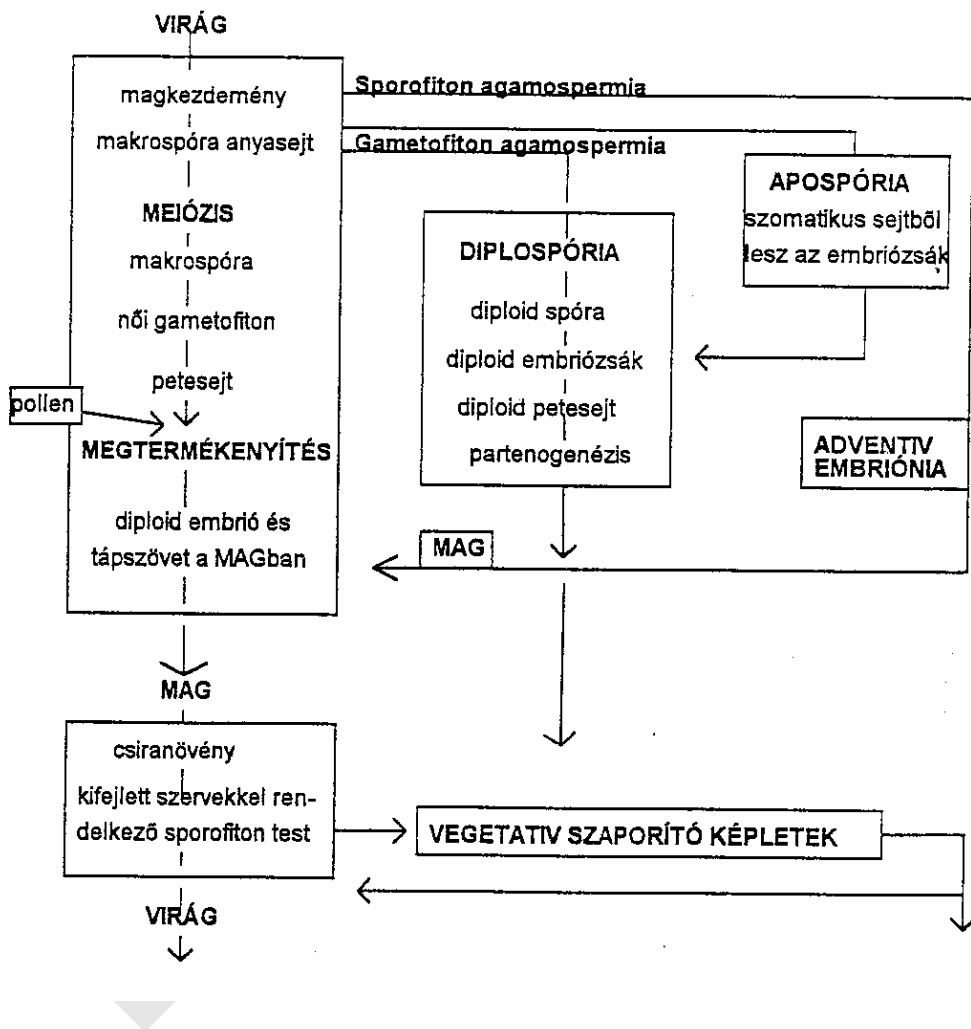
## 2. A növények életmenetei

A fejezet a magvas növények életmeneteit ismerteti. Emellett az evolúciós folyamatok megértéséhez szükséges mélységig utal az eukarióta algák, valamint a növények korábban megjelent csoportjainak az életmeneteire is.

Az életmenetekben (életciklusokban) az élőlények genomja adódik tovább, egy-egy genetikai vonal folytonossága valósul meg. Minden életjelenség közvetve vagy közvetlenül ezt biztosítja, ezt szolgálja. Az életjelenségek közül a **szaporodás** (a genom sokszorozódása a természetes szelekció nyersanyagának biztosításához), a **terjedés** (új területek meghódítására) és a **kitartás** (a genom átmentésére kedvezőtlen körülmények között) közvetlenül ezt biztosítja. Ezért az életmenetek ismertetése során megkülönböztetett figyelmet kapnak a fenti jelenségek és a hozzájuk kapcsolódó **szaporító, terjesztő és kitartó képletek**.

A **szaporodás sejtszótódással** kapcsolatos életjelenség: A növény egyedfejlődése során sejtszótódások sorozatával gyarapítja testét, növekszik. A test éretté válik. Az érett növény pedig osztódással **szaporítósejteket** hoz létre. A többsejtűség ugyanakkor lehetővé teszi a szaporodás egy más formájának megvalósulását is, azt a formát, amikor nem sejtek, hanem **szövetdarabok vagy testrészek (szervek) szaporítanak**.

Ha a szaporodással az ősök és a kortársak genomjának kombinálódása, vagyis a genom megújulása is együtt jár, akkor **ivaros vagy szexuális szaporodásról** beszélünk. Ha az új egyed kialakulásának alapját egy növény (szülő) testi sejtjeinek genetikai állománya adja, a szaporodás **ivartalan vagy aszexuális**. Ha a növekedési és fejlődési folyamatok sorát követve ivaros szaporodás figyelhető meg az életmenetben, akkor **ivaros életmenetről** beszélünk. Ha egy szülő genomja sokszorozódik nemzedékeken keresztül, akkor **ivartalan az életmenet**. E két életmenet típus lehet kizárólagos is egy-egy élőlénycsoportban. Pl. az állatok többségénél csak ivaros folyamatok ismertek, egyes növényfajok pedig csak ivartalan úton szaporodnak. A növényfajok többségénél azonban sokkal gyakoribb a kétféle életmenet összekapcsolódása. Az összekapcsoltság lehetőségeinek egy vázlatát a virágos növények életében az 1. ábrán láthatjuk. Az ábrán szereplő szaporodási jelenségek és azok lehetséges kapcsolatait a fejezet továbbolvasásával kapnak magyarázatot.



1. ábra. A virágos növények ivaros és ivartalan életmenete, valamint kapcsolódási lehetőségeik

## 2.1. Ivaros életmenet

Az életmenetek evolúcióját vizsgálva, nagy jelentőségű volt az eukarióta sejtek világában a számtartó sejtosztódás (mitózis) után a számfelező osztódás (meiózis), és vele feltehetően együtt a szingámia megjelenése. A szingámia különböző meiózisokból származó kompatibilis ivarsejtek (gaméták) egyesülése.

A meiózis első szakaszában lehetőség van a diploid ( $2n$ ) sejt homológ kromoszómái közötti információcserére, kombinálódásra (rekombinációra). A kromoszómák számának feleződése pillanatában pedig a véletlenül múlik, hogy az elődöktől származó kromoszómák hogyan oszlanak meg, vagyis az utódsejtek magjaiban milyen arányban jelennek meg a nagyszülők rekombinációban megújult kromoszómái. Változást, megújulást biztosít a szingámia is, mivel a haploid ivarsejtek találkozása véletlenszerű. A meiózis és a szingámia tehát ivaros jelenségek. Az evolúció folyamatában kulcsfontosságú szerepük van, hiszen a mutációk mellett ezek biztosítják a megújult, a tulajdonságokat más kombinációkban hordozó egyedek tömegét, a természetes szelekció nyersanyagát. Megvalósítják a változva megmaradás paradoxonát az élővilágban.

Az ivaros életmenetekben ivaros szaporító sejtek jönnek létre a növényen, ezek a szingámiában részt vevő ivarsejtek (gaméták) és a meiózissal keletkező spórák. Az ivarsejtek, ha a természet szűkösködne a termelésükkel, tulajdonképpen nem lennének szaporító sejtek, csupán az ivaros életmenetek megújító tényezői, hiszen két ivarsejtből a szingámia után egy sejt lesz. A természetben azonban az egyedek a ritka esetektől eltekintve sokszor felbecsülhetetlenül nagy számban hoznak létre ivarsejteket. Gondoljunk arra, hogy hány hímivarsejteket rejtő pollenszemet és petesejtet érlel egy 100 évig élő tölgyfa. Ezért az ivarsejtek mindenképpen a genom sokszorozódásának, a szaporodásnak a tényezői is. Ugyanígy a spórák is, mivel látni fogjuk, hogy az egyedek által termelt ivarsejtek száma arányban van a meiózisok számával, vagyis a keletkező spórák számával.




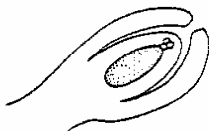





A spóra megnevezés az élővilágban egyetlen sejtből álló szaporító és sokszor kitartó képletet is jelöl, amelyből képes egy egyed létrejönni. Genomja lehet haploid és diploid, de akár poliploid is. Mitózissal mitospórák keletkeznek. A mitospórák az ivartalan életmenetek szaporító sejtjei, pl. egyes gombák konidiumai, a növényvilágban viszont nagyon ritkák. A növények világában a spórák a diploid testen meiózissal keletkeznek, vagyis meiospórák. A meiospórák az ivaros életmenet szaporító sejtjei,

akárcsak az ivarsejtek. Az ivarsejtek haploid testen keletkeznek a növényvilágban, következésképpen mitózissal. A keletkezésen túlmenően a meiospórák és az ivarsejtek között az is különbség, hogy míg az ivarsejtek továbbélése a szingámia függvénye, a spórák szingámia nélkül osztódnak. Belőlük fejlődnek ki az ivarsejteket termelő haploid, ún. gametofiton testek. Egyes csoportokban a meiospórák a kitarást és a terjedést is szolgálják. Egysejtűeknél sok esetben csak kitarító képletet értenek spóra alatt, pl. a baktériumok spórái nyugalmi állapotban lévő sejtek, és nem szaporítósejtek. Megjegyezzük, hogy egyes kutatók szerint a meiospóra képzés a recesszív allélok kiküszöbölésének egyik jó lehetősége. A nagyszámban keletkező spórák közül a kedvezőtlen allélt vagy allélokat hordozók ugyanis vagy ki sem csíráznak, vagy a belőlük fejlődő gametofiton test nem jut el az ivarsejtképzésig.

A növények ivaros folyamatainak evolúciójában fontos mozzanat a nemek elkülönülése, a női és a hím ivarjelleg megjelenése, a biztosabb megújulás megvalósítása érdekében. Kezdetben (de napjainkban is sok algánál, a moháknál, de egyes harasztoknál is) a faj által létrehozott valamennyi meiospóra küllemre azonos és egyenértékű (2. ábra), ugyanígy az ivarsejtek is (elnevezésük ezért: izospórák ill. izogaméták). A fejlődés útját a küllemre még azonos, de már ivarjelleggel bíró homioispórák és homioigaméták, majd a küllemre is különböző heterospórák (mikro- és makrospórák, 2. ábra) és a heterogaméták (mikro- és makrogaméták más szóval hím és női ivarsejtek) megjelenése jelenti a nagyobb differenciáltságot mutató növénycsoportokban.

A szaporítósejtek különbözővé válásával párhuzamosan külön szervek alakultak ki a létrehozásukra. Ezek a spórákat termelő sporangiumok, valamint a gamétákat termelő ivarszervek (gametangiumok). A sporangiumok is kétfélek lettek a heterospória terjedésével, mikro- és makrosporangiumok, aszerint, hogy milyen spórák képződnek bennük. A mikrosporangiumokban nagyszámú mikroszpóra termelődik. A makrosporangiumokban lezajló meiózisok száma csökkenést mutat az evolúcióban, a zárvatermőknél már csak egy. Persze egy életszakaszban sok makrosporangium fejlődhet egyetlen növényen, de egyetlen virágban is.

A növényvilágban a hímivarsejtek a hím ivarszervekben (anteridiumokban), a női ivarsejtek a női ivarszervekben (arhegóniumokban) mitózissal képződnek. A differenciáltabb algacsoportokban és a szárazföldi autotróf szervezeteknél a női ivarszerv egyetlen, nagyobb, önálló mozgásra nem képes ivarsejtet hoz létre, amely nem hagyja el az ivarszervet. Az ilyen női ivarsejtet petesejtnak (ovumnak) nevezzük.

	Makrospóra	Mikrospóra
Izospórák		
Heterospórák		
Ősi nyitvatermők		
Ma élő nyitvatermők		
Zárvatermők		

2. ábra. A meiospórák evolúciója a homospóriától a heterospória különböző stádiumain keresztül (Chaloner nyomán)

A különböző közegben ostorokkal vagy csillókkal mozgó, vagy a magvas növényeknél más utakon, passzívan terjedő hímivarsejtek ilyen esetekben a női ivarszervekben egyesülnek a petesejtekkel. A szingámiának ez a típusa az oogámia, azaz a megtermékenyítés.

A megújulást biztosító meiózis és szingámia testépítő mitózisokkal követve az evolúció végtelen folyamatában egymásra épülnek. Ezzel megvalósítják az élőlények ivaros életmenetét (ivaros életciklusát). A ciklus ebben az értelemben

szigorúan egymásra épülést, egymásutániségot, a szaporodási jelenségek sorozatát jelenti.

A többsejtűek életmenetébe szükségszerűen beiktatódik a halál jelensége, mivel csak bizonyos sejtek adják tovább a genomot. A szaporítósejtek létrehozását, védelmét szolgáló egyed előbb vagy utóbb elpusztul.

### 2.1.1. Ivaros életmenet modellek

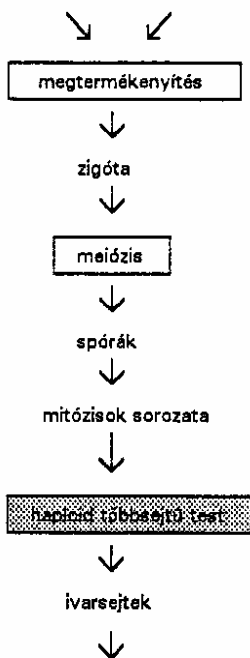
Életmeneteiket tekintve a nagyobb rendszertani csoportok a következőkben különböznek egymástól:

- a sporofiton ( $2n$ ) és a gametofiton ( $n$ ) életszakaszai egymáshoz viszonyított nagyságában;
- azok külső és belső felépítésében;
- abban, hogy melyik életszakasz függ létében a másiktól, és abban, hogy
- milyen képletek szolgálják a kitartást, az életmenet időleges nyugalmát.

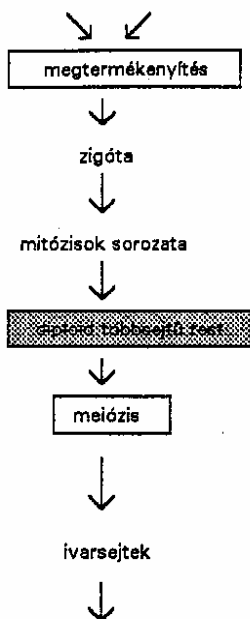
Vannak szervezetek, amelyek életmenetében a diploid állapotot csupán egy sejt, a zigóta képviseli. A zigóta meiózissal osztódik, meiospórák keletkeznek. A spórák mitózissal létrehozzák a haploid testet. Ezen a testen mitózissal keletkező ivarsejtek összeolvadásával jutunk el újra egy megújult genomot tartalmazó diploid sejthez, a zigotához. Ez az életmenet a **haplonta** típus, mivel az élőlény teste haploid sejtekből épül fel (3. ábra). Ebben az életmenetben a zigóta, a spórák és az ivarsejtek a terjedést is szolgálják. A fonalas zöldmoszatok, a csillárcamoszatok és a gombák körében találunk erre példákat a fotoszintetizáló szervezetek között.

A haplonta életmenet "ellentéte" az az életmenet, amikor az élőlény teste diploid sejtekből áll, a haploid állapotot csak sejtek, az ivarsejtek képviselik. Két ivarsejt összeolvadása után keletkező zigótából mitotikus osztódásokkal kifejlődik a diploid sejtekből álló test. A testen ivarszervek fejlődnek, bennük meiózissal ivarsejtek. Spóráképzés ez esetben nincs. Ez a **diplonta** életmenet (3. ábra). A fotoszintetizáló szervezetek között a barnamoszatok körében találunk rá példákat. Az állatvilág fajainak többségére is ez jellemző.

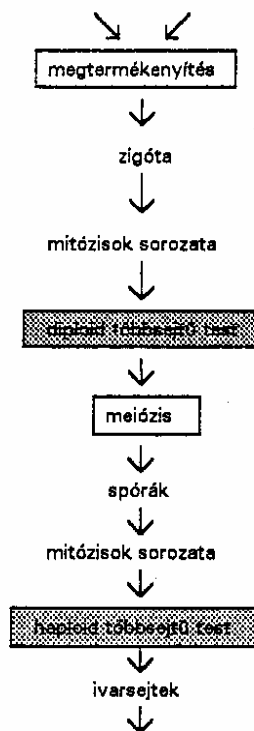
## haplonták



## diplonták



## diplohaplonták

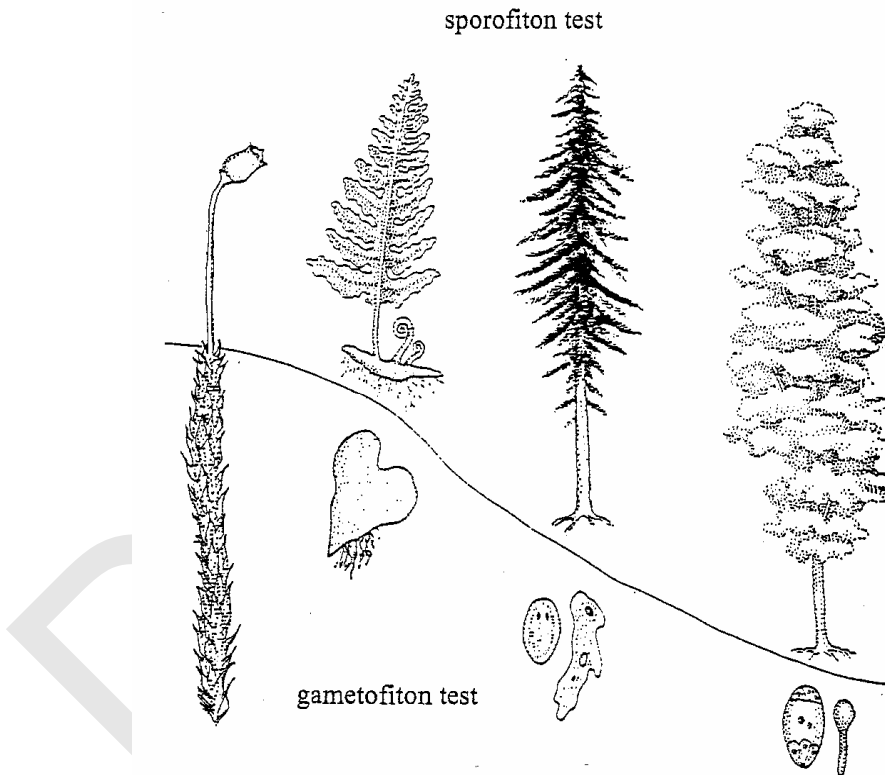


3. ábra. Életmenet modellek

Az autotróf szervezetek legtöbb faja, sok alga és valamennyi szárazföldi növény, a fenti szempontokat tekintve egy köztesnek mondható életmenetben adja tovább a genomját. Ez a köztesnek nevezett életmenetet a **diplohaplonta** életmenet (3. ábra). A növényi lét jellemző életmenete, ezért ezzel foglalkozunk részletesebben.

A diplohaplontáknál diploid és haploid sejtekből álló testek hozzák létre egymást követve a szaporítósejteket, rendre a meiospórákat és az ivarsejteket.

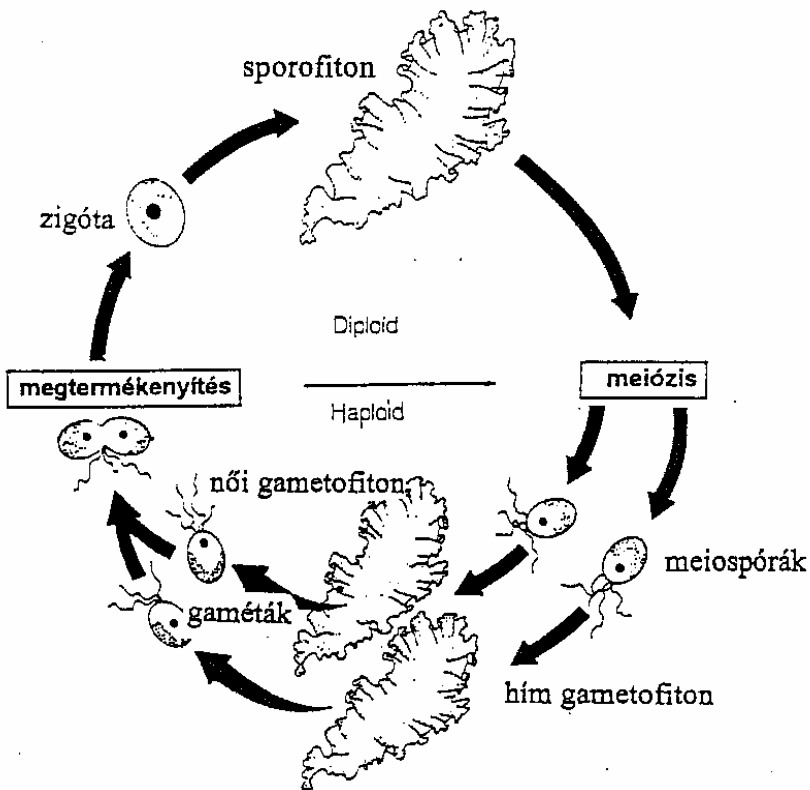
Ez csak úgy lehetséges, hogy a többi életmenet típusal ellentétben a szingámia és a meiózis térben és időben távol van egymástól, vagyis a zigótából mitotikus osztódások sorozatával egy meiospórát létrehozó ún. **sporofiton test** lesz (valamennyi sejtje  $2n$  kromoszómaszámú), a spórákból pedig a gamétákat mitózisokkal termelő **gametofiton test** (sejtjeik  $n$  kromoszómaszámúak). A gaméták egyesülésével létrejövő **zigóta** mitózisokkal osztódva újabb sporofiton testet hoz létre. Evolúciós trend a zárvatermők irányába a gametofiton test méretének csökkenése, valamint ezzel párhuzamosan az ivarszervek egyszerűsödése, a zárvatermőknél teljes redukciója (4. ábra).



4. ábra. A mohák, harasztok, nyitvatermők és zárvatermők sporofiton-gametofiton arányának változása az evolúcióban

A diplohaplonta életmenetet szokás morfológiai fázisváltásnak, nemzedék-váltakozásnak, és magfázis váltásnak ( $2n \rightarrow n \rightarrow 2n \rightarrow \dots$ ) is nevezni. Mind-egyik elnevezés megragad valami jellemzőt a folyamatból.

A jelenség érdekessége és egyben rejtélye is, hogy a szárazföldi autotróf szervezeteknél a diploid és haploid test merőben más megjelenésű. Ezek a növények a **heteromorf diplohaplonta** altípusba sorolandók. Arra is van több példa, az algák körében (jó néhány zöldalga), hogy a két életszakasz küllemre egyforma, ezek az **izomorf diplohaplonták** (5. ábra). Az izomorf diplohaplonták két nemzedéke egymástól független két test. A folytonosságot a szabadon mozgó ivarsejtek és spórák teremtik meg, amelyek egyben a terjedést is biztosítják a vízi környezetben.

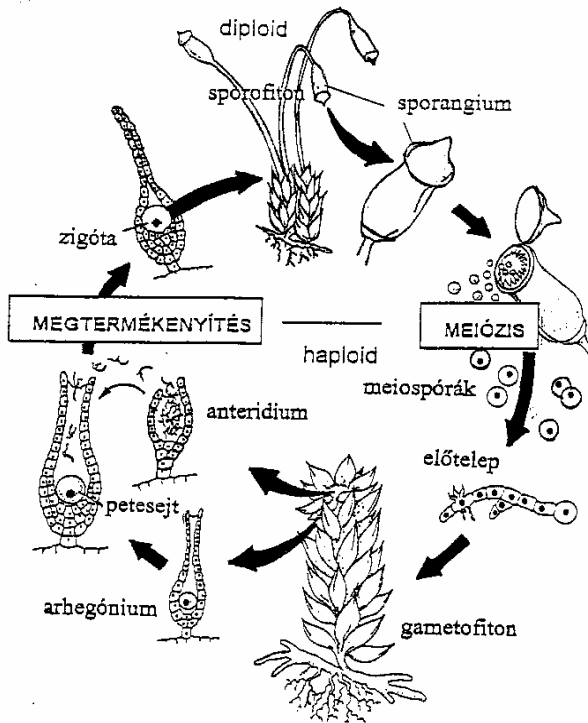


5. ábra. Egy tengeri zöldalga (tengeri saláta) izomorf diplohaplonta életmenete. (Postlethwait és Hopson nyomán)

### 2.1.1.1. A mohák és a harasztok életmenetei

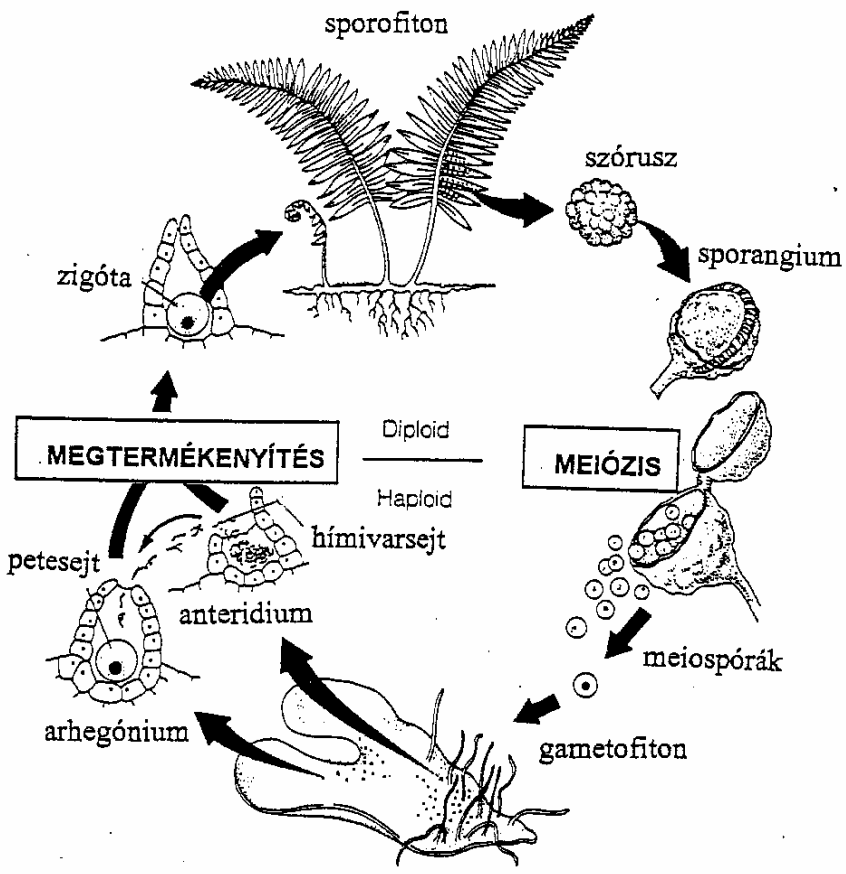
A mohákról azt tartjuk, hogy spórákkal szaporodnak. Ugyanígy a harasztokról is. Pedig életmeneteikben ugyanolyan értékkel szerepelnek szaporítósejtként az ivarsejtek mint a spórák. Azért rögzülhetett a spórásság a köztudatban, mert az életmenetükben a meiospóra a kitartó és terjesztő képlet (sejt).

A **mohák izospórákat** és **heterogamétákat** termelnek. Az ivarsejteket létrehozó gametofiton életszakasz hajtáskái a hosszabb életűek (a lombosmoháknál a zöld mohapárna). Az arhegóniumban lejátszódó megtermékenyítés után a gametofiton testen, azzal teljes függőségben fejlődik ki a spórát termő, diploid sporofiton életszakasz (a kezdetben zöld spóratartó nyél és a spóratok). A faji meghatározásban mindkét nemzedék bélyegei fontosak és szükségesek (6.ábra )



6. ábra. Egy lombosmoha ivaros életmenete (Postlethwait és Hopson nyomán)

A **harasztok** változatosabb csoport (7. ábra). A mohákkal ellentétben a spórákat létrehozó test a differenciáltabb, már szövetes felépítésű. A gametofiton test telepes szerveződési szinten van. A határozókönyvek általában a sporofiton test bélyegeire épülnek (pl. a páfránynövény, vagy egy zsurló diploid teste), a faj ez alapján legtöbbször meg is határozható. Mindemellett az ivarsejteket létrehozó nemzedék morfológiája, mérete, életmódja is a faji sajátosság része. A harasztok között vannak **izo-, homoio- és heterospórásak**. Valamennyien heterogametásak.



7. ábra. Egy izospórás páfrány (*Polypodium vulgare*) életmenete (Postlethwait és Hopson nyomán)

Mind a mohák, mind a harasztok gametofiton teste ostorokkal vagy csillókkal mozgó hímivarsejteket (spermatozoidokat) és mozdulatlan petesejteket hoz létre. A spermatozoidok mozgásának biztonsága miatt a megtermékenyítésük vízhez van kötve. Ezért a gametofiton testek talajhoz közel vagy a talajban nőnek, ahol a megtermékenyítésre nagyobb az esély.

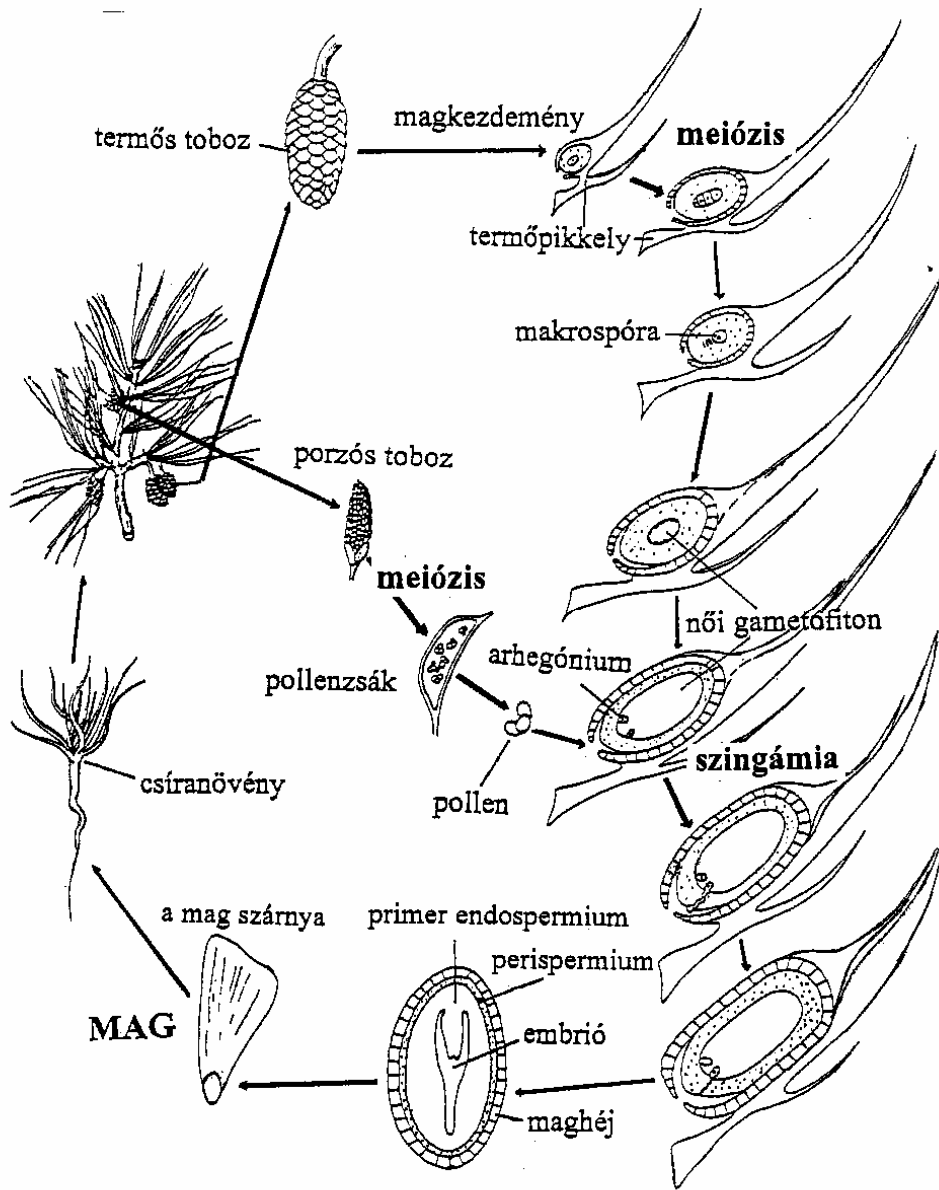
### 2.1.1.2. A magvas növények életmenetei

A nyitva- és zárvatermő növények magvakkal terjednek. Hogyan illeszkedik ez az előbbiekhöz? Oly módon, hogy ivaros életmenetükben a kitarítás és terjesztés nem szaporító sejtekhez, hanem kitarító szervhez, a **maghoz** kötődik. A spórák kitarító funkciója megszűnik, a terjesztő funkció is csupán a hím vonalon, a **pollen** (virágporszem) képében marad meg.

A sporofiton életszakasz erős dominanciája miatt rejtett nemzedékváltakozásról is szoktak velük kapcsolatban beszélni. Más szóval, diplonta mimikrit mutatnak, mert egy fenyőfa vagy egy tölgyfa egész teste ugyanúgy diploid sejtekből épül fel a virágzás előtt, mint egy diplonta szervezeté, pl. az elefánté, vagy az emberé. Az a trend, hogy a sikeres recens növénycsoportok életmenetében a haploid test egyre kisebb és egyre egyszerűbb felépítésű (4. ábra), a diploid test alkalmasabb voltát jelzi a szárazföldi környezetben.

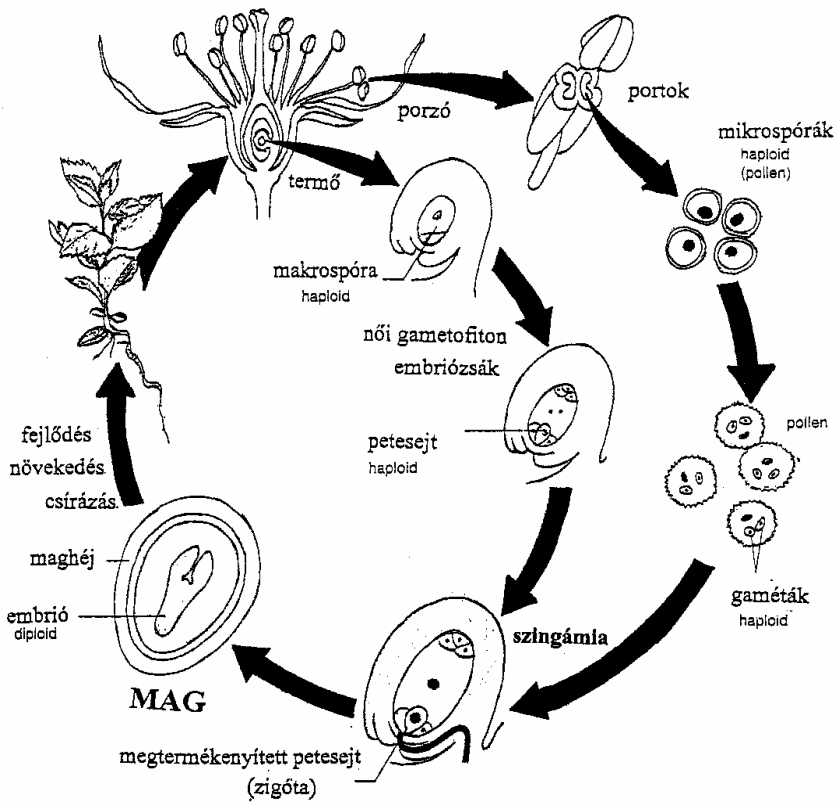
Valamennyi magvas növény **heterospórázás** és **heterogamétás**. Az életmenet felvázolásában a kitarító és terjesztő szervből, a magból indulunk ki (8. és 9. ábrák). A magban lévő diploid embrió (csíra) megfelelő körülmények között fejlődésnek indul és önálló életet kezd. Gyökérrzettel rögzülve kiteljesíti a fajra jellemző méretet, formát, a sporofiton testet. Egy vagy több generatív hajtás (**nyitvatermőknél a toboz, zárvatermőknél a virág**) jelenik meg rajta. Ezekben megy végbe az ivaros életmenetek két fő mozzanata, a spóra- és ivarsejtképződés.

A fenyőféléknél a **hím ivarlevelek** a hím tobozok mikrosporofillumai. A rajtuk fejlődő pollenzsákokban (mikrosporangiumokban) meiózissal nagy számban mikrospórák keletkeznek. A mikrospórák endospórázás fejlődéssel, vagyis a spórafalon belül osztódva létrehozzák a hím gametofiton nemzedéket, az érett pollenszemeket; a protallium sejtekkel kísért vegetatív sejtet és a két hímivar-sejtet.



8. ábra. A nyitvatermők ivaros életmenete egy *Pinus* faj példáján (Scagel nyomán)

A zárvatermők esetében a virág porzóleveleinek pollenszákaiban képződnek a mikrosporák, majd azokban szintén endopsórásan a hím gametofiton nemzedékek. A hím gametofiton nemzedék ebben a taxonban mindössze három sejt az érett pollenben, a pollentömlővé fejlődő vegetatív sejt, és a kettős megtermékenyítésben résztvevő két hímivarsejt. A pollenszemek a növénytől elszakadva különféle utakon kerülnek a virág női ivarleveleihez (terjesztenek is).



9. ábra. A zárvatermők ivaros életmenete (Mauseth nyomán)

A **női ivarlevelek** fenyőféléknél a női toboz elfásodó termőlevelei. Ezen fejlődnek általában kettesével a makrosporangiumoknak megfelelő magkezdemények. A nyitvatermők magkezdeményeiben a makromeiospórából fejlődő női gametofiton egy differenciálatlan sejttömeg (később a mag tápláló szövetévé lesz), amelyben elkülönülnek az egyszerű felépítésű arhegóniumok. Általában azonban csak egy archegónium petesejtjéből lesz a megtermékenyítés után embrió fejlesztésére alkalmas zigóta (a nyitvatermő magok többsége is csak egy embriót tartalmaz).

A zárvatermők virágaiban a termőlevelek **termővé** zárulnak (zárt üreget képeznek). Ezzel a magkezdemények, majd a belőlük a fejlődő magok nagyobb fokú védettséget élveznek, valamint a termő falából képződő **termés** sikeresebb elterjedést is biztosít. A termő magházi részében fejlődő magkezdemények testében négy makromeiospóra jön létre, majd ezek egyikének osztódásával a nagyon egyszerű női gametofiton test. A legtöbb zárvatermő növénynél ez csupán egy nyolc sejtből álló sejtcsoport, a megnagyobbodott makrospórában kialakult embriózsák. A nyolc sejt egyike a petesejt.

A hímivarsejtek a pollentömlőkben jutnak el a magkezdemények csírapuáján át a petesejtekhez. A megtermékenyítés után a zigóta osztódásával kifejlődik a csíra (másik nevén embrió), amely nem más, mint az új sporofiton test embrionális alakja. A magvas növényeknél tehát a sporofiton növényen, a magkezdeményből képződő magban fejlődik ki a redukált gametofiton közvetítette új embrionális sporofiton.

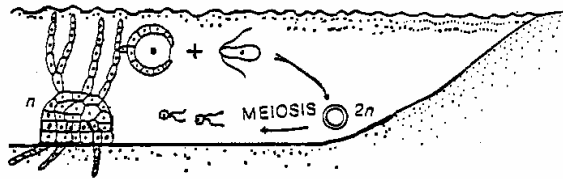
A zárvatermőknél kettős megtermékenyítés játszódik le. A pollentömlőben haladó két hímivarsejtből az egyik a petesejttel egyesül, a másik az embriózsák két haploid sejtmagjának összeolvadásával keletkezett diploid központi maggal. A megtermékenyített központi magból sorozatos osztódásokkal triploid sejttömeg lesz, amely az embrió táplálását szolgálja. A magkezdemények burka pedig ahogyan a nyitvatermőknél is, a mag héjává alakul.

### 2.1.2. Az ivaros életmenetek evolúciója

Az alábbiakban bemutatunk egy hipotetikus evolúciós fejlődési sorozatot (Jeffrey nyomán módosítva), ami elképzelhetővé teszi számunkra, hogy hogyan alakulhattak ki a szárazföldi növények diploid domináns diplohaplonta életmenet típusai kb. 400 millió évvel ezelőtti történelemből kiindulva.

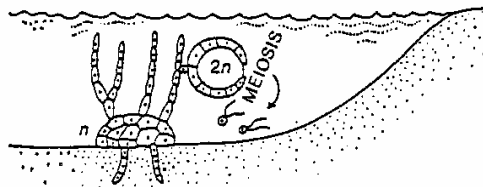
Több bizonyíték alapján általánosan elfogadott, hogy a szárazföldi növények ősei a zöldalgák. Egy **haplonta életmenetű zöldalgát** (*Coleochaete* vagy *Ulotrichales* típusút,) tekintsünk kiindulópontnak az **A** ábrán. A haploid testen az arhegóniumban (oogóniumban) mozgásszervvel nem rendelkező női ivarsejt, petesejt keletkezik. A megtermékenyítési folyamat az arhegóniumban megy végbe, ostorral mozgó hímivarsejttel. A zigóta elhagyja az arhegóniumot, terjesztő feladatot is ellát. Majd meiotikusan osztódva spórákat termel. A spórákon is ostorok fejlődnek (zoospórák). A spórákból haploid test fejlődik.

**A) Haplonta zöldalga**  
 terjeszt: hímivarsejt, zigóta, zoospóra (♂)  $\text{♀}$   
 kitart: zigóta, spóra



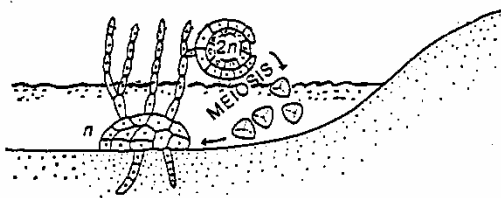
A **B**) ábrán látható szervezeten a zigóta az oogóniumban marad, így a meiospórák is ott képződnek. A spórák itt is ostorokkal mozognak, terjesztenek is akár csak a hímivarsejtek.

**B) Haplonta szervezet**  
 terjeszt: hímivarsejt, zoospóra (♂)  $\text{♀}$   
 kitart: spóra



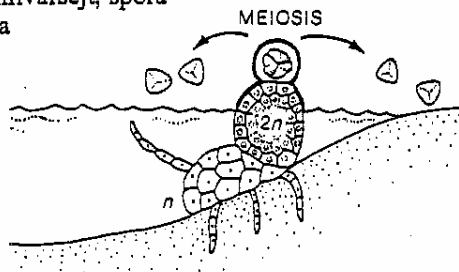
A C) ábrán a haploid testen maradó zigóta mitózisok sorozatával több sejtből álló diploid testet hoz létre, mielőtt passzívan sodródó meiospórák keletkeznek. A haplonta életmenet diplohaplontává válik. Az ábrán a vízmélység már kisebb. Mind a haploid, mind a diploid test időszakosan a szárazra kerülhetett.

**C) Diplohaplonta életmenetű szervezet**  
 terjeszt: hímivarsejt, spóra (♂)  
 kitar: spóra



A D) ábrán szereplő szervezet a diploid testen külön szervet hoz létre a spórák termelésére, a levegőbe emelkedő sporangiumot. A sporangium kutinizált, és felépítésével a spórák terjesztéséhez is hozzájárul. A diploid test további növekedése figyelhető meg a haploid test rovására, miközben a spórák terjedésének hatékonysága növekszik a szárazföld irányába.

**D) Diplohaplonta szervezet, diploid testen sporangium**  
 terjeszt: hímivarsejt, spóra  
 kitar: spóra

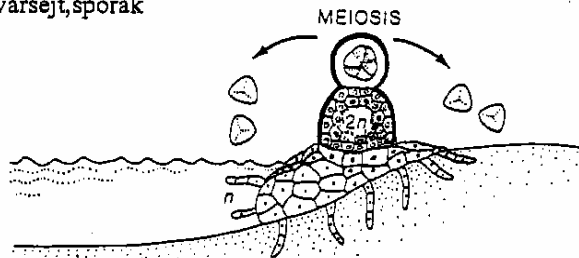


Az **E)** ábra már szárazföldi növénymodellt mutat. A telepes szerveződési szintet képviselő mohát. Jelzi, hogy a szervezetek egy csoportja haploid domináns marad, vízhez kötődő megtermékenyítéssel.

**E) Moha alkat - haploid domináns diplohaplonta**

terjeszt: hímivarsejt, spórák

kitart: spórák

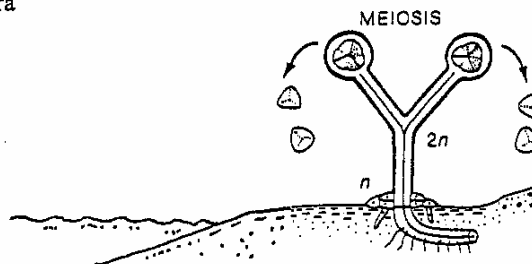


Az **F)** ábra az összárból felépülő, villás elágazású ősharaszt modell. Irány a dioploid, szövetes felépítésű test dominanciája felé. Az ivarsejtek képzése és a megtermékenyítési folyamat a talajközelen megy végbe.

**F) Villás elágazású ősharaszt - diploid domináns diplohaplonta**

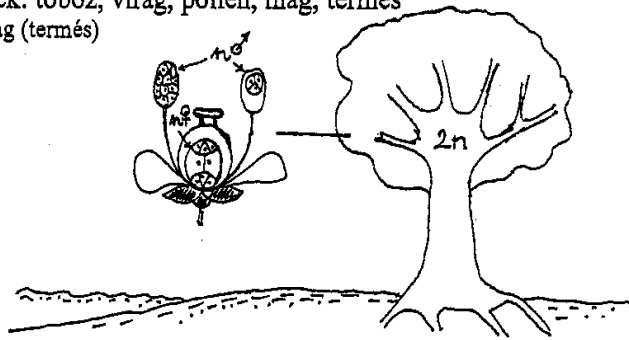
terjeszt: hímivarsejt, spóra

kitart: spóra



Az evolúció további állomása (G ábra), amikor kialakul a heterospória és a makrospórák nem hullnak le a diploid testről, hanem ott hozzák létre a női gametofitont. A mikrogametofiton a pollenben fejlődik, és terjesztődik. Új kitaró és terjesztő szerv jelenik meg, a mag. Ezzel megtermékenyítési folyamat és a terjesztés a víztől függetlenedett.

G) Magvas növény, diploid test, rajta az erősen redukált gametofiton testek. Új szervek: toboz, virág, pollen, mag, termés  
terjeszt: pollen, mag (termés)  
kitaró: mag



## 2.2. Ivartalan életmenetek. Az apomixis

A növények szaporodásának nem egyetlen lehetősége az ivaros életmenet szakaszainak, fázisainak végtelen egymásra épülése. Mellette a fajok sokszínű ivartalan (apomiktikus, aszexuális) szaporodási formákkal (1. ábra) kerülnek ki vagy lassíthatják a genom megújulását, miközben az utódok számát sokszorosára emelik. A szülő szervezettel **azonos genomú egyedek (klónok)** sokaságának létrejöttét bármelyik életszakasz teste biztosíthatja, még a magvas növények nagyfokú redukción átesett női gametofiton nemzedéke is. (Az apomixist, azaz az apomiktikus szaporodást, szűkebb értelemben is szokták használni, ekkor csak a magvas növények magkezdeményeiben lejátszódó aszexuális szaporodási folyamatokra, az aszexuális magképzésre ill. embrióképzésre értik. A jegyzet erre az apomiktikus jelenségeken belül értelmezett agamospermia kifejezést használja. (Lásd később.)

Sok növényt a körülmények kényszerítik az aszexuális szaporodásra. Az átokhinárnak (*Elodea canadensis*) pl. kezdetben csak a női egyedek kerültek át Európába. Más növények, feltehetően valamilyen mutáció következtében, szexuálisan steril (meddő) fajokká váltak. Sok hibrid faj is csak aszexuálisan szaporítható, ill. szaporodik. A növények többsége azonban belső programozottsága folytán egyaránt él az ivaros és az ivartalan életmenetekbe illeszkedő szaporodási lehetőségekkel.

Az apomixis értékelése az evolúcióban máig ellentmondásos. Sokan még mindig Darlington (1939) nézetét tartják irányadónak. Az apomixis az ő szavaival az élőlények menekülése az evolúció sötét útvesztőjébe. Ebben az álláspontban az fejeződik ki, hogy az örökítő anyag változás nélkül kevésbé életképes, mivel nem nyújt elég sokszínű nyersanyagot az evolúció szelekciós munkájához. Ellentmond azonban ennek az a tapasztalat, hogy sok klonálisan szaporodó faj sikeres szerte a Földön, és nagy tömeget képvisel a Föld fitomasszájában. Gondoljunk a pázsitfűvek klónjai alkotta fűves térségekre, az összefüggő bambusz- és nádkolóniákra, ahol az egyes szálak az ivaros utak megkerülésével jöttek létre. Többen éppen egy sikeres genom gyors és biztos konzerválásában látják a klónképzés lényegét. Mások azt emelik ki, hogy az aszexuális szaporodásformák kevésbé környezetfüggőek, mivel kiiktatódik a megporzással járó kockázat. A növény mintegy felülemelkedve környezetén, gyakran éppen szélsőséges körülmények között nagyszámú utódot képes létrehozni így, tehát rövidtávon előnyhöz juttatja a fajt. Ez annak az elképzelésnek az elfogadását sugallja, hogy az obligát (kizárólag aszexuálisan szaporodó) apomiktikus fajok csak rövidtávon

lehetnek sikeresek, hosszútávon akár a faj kihalása is bekövetkezhet, pl. egy nagyobb környezetváltozás vagy járványos betegség következtében. Néhány emberöltő tapasztalata talán kevés ennek megítéléséhez. Mindenesetre ezek a szaporodásmódok éppúgy hozzátartoznak a növényi létezéshez, mint a spóráképzés és az ivarsejtképzés. A lehetőséggel minden növényfaj a maga módján és a maga mértékével él.

### 2.2.1. Vegetatív szaporodás

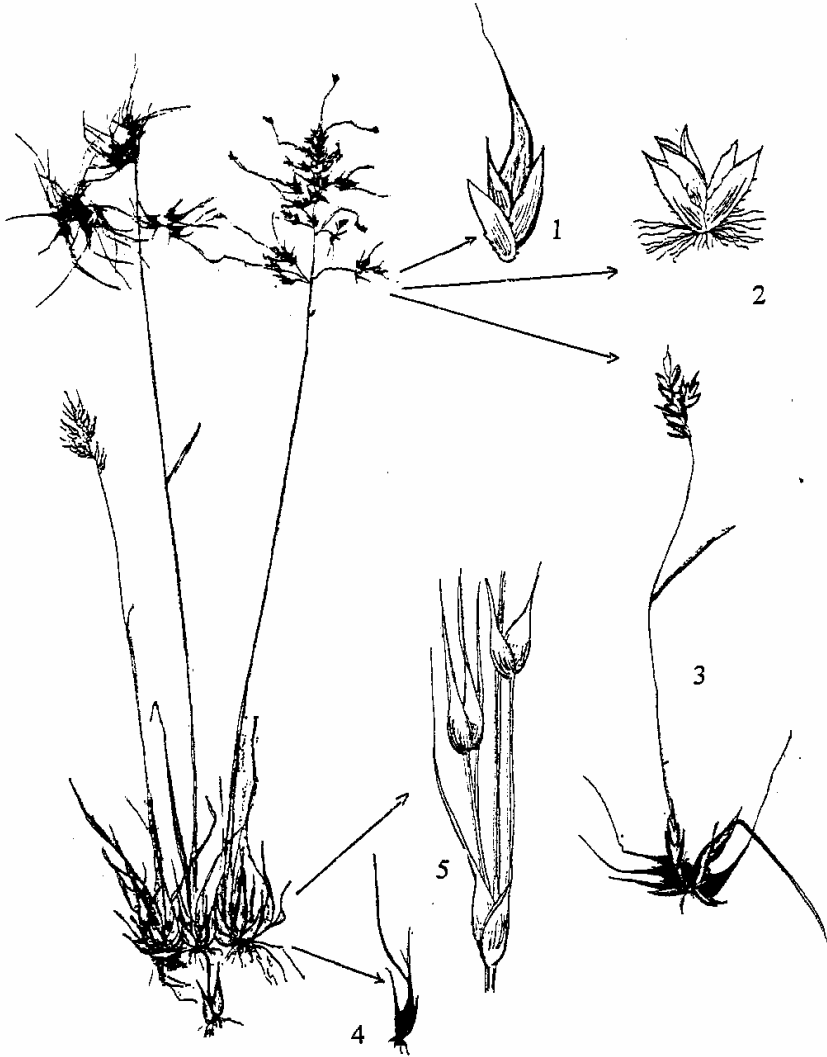
Az apomiktikus folyamatok egyik nagy csoportját képezik a vegetatív szaporodási formák (vegetatív apomixis). Ide tartoznak mindazok a főformák, amelyek növényrészek leválásával, elválásával, majd azok meggyökeresedésével járnak.

A nálunk szobanövényként kedvelt *Bryophyllum* a levelek szélén képez apró hajtásokat, amelyek lehullva és meggyökeresedve önálló életet kezdenek. A vele rokonságban álló, szárazabb gyepekben előforduló gumós kötőrfű (*Saxifraga bulbifera*) a levelek hónaljában fejleszt apró húsos rügyeket, sarjhagymákat. Hasonlóan szaporodik aszexualisan a mezofil erdeinkben növekvő hagymás fogasír (*Dentaria bulbifera*) is.

A hagymák alleveleinek hónaljában fejlődő hajtások, elválva az anyanövénytől szintén szaporítanak, gondoljunk pl. a fokhagyma (*Allium sativum*) gerendjeire. A szárgumók is elszakadva az anyanövénytől, önálló életet kezdenek (burgonya - *Solanum tuberosum*). Más növények levelei, ágai vagy hajtásai (pl. az erdei szamóca - *Fragaria vesca* indái) a földközelségben képesek gyökereket fejleszteni, és szövetelhalással elszakadva önálló egyedekké válni.

Sok növény klonális utódai hosszú ideig együtt maradnak az anyanövényvel. Ezek többségénél a klónok adott helyzetben könnyedén képesek önállósodni. Ezt használják ki a mezőgazdaságban és a kertészetekben, amikor töosztással, rizómák feldarabolásával szaporítanak.

Néhány növényfaj a virágzatában a virágai helyén képes sarjhagymákat (bulbilluszokat), vagy egyszerűen csak rügyeket képezni. Pl. a gumós perje (*Poa bulbosa* var. *vivipara*, 10. ábra), több hegyvidéki csenkesz (*Festuca*) faj, a kígyógyökerű keserűfű (*Polygonum bistorta*), vagy a bajuszos hagyma (*Allium vineale*). Sokan tanulmányozzák, hogy ezek a növények milyen arányban képesnek a virágzataikban aszexualis utódokat és ivaros úton képződő magokat, és hogy mennyiben függ ez a környezettől. További példák a vegetatív szaporítószervekre a 3.8. és a 8.3. fejezetekben találhatók.



10. ábra. *Poa bulbosa* var. *vivipara* vegetatív szaporító képletei. 1. füzérke a bugából, végálló bulbillusszal, 2. tövén mellégyökérzetet fejlesztő füzérke, 3. többvirágú füzérke bulbillusszal és megnyúlt, további füzérkéket viselő internódiummal, 4. bulbuszokat képző mellékszárak, amelyek szétesve szaporítanak, 5. megnyúlt internódiumokkal egymástól távol kerülő bulbuszok, amelyek elfeküdve legyökerezhetnek

### 2.2.2. Agamospermia

Az agamospermia aszexuális magképzést jelent. Mivel a női ivartájhoz, a magkezdeményhez kötődik, ezért az utódok az anyanövénnyel szembe fordított genomját viszik tovább (1. ábra). Az obligát agamospermia ritka. Sokkal gyakoribb a fakultatív (alkalomszerűen bekövetkező). Az aszexuális és a szexuális magképzés nem zárja ki egymást. Sok esetben ún. zigotikus (szexuális) és klonális (aszexuális) magok egymás mellett képződnek a virágban vagy a virágzatokban, vagy más esetekben egyetlen magban zigotikus és klonális embrió is fejlődik.

Az aszexuális magképzés sokkal gyakoribb a növényvilágban mint gondolnánk. Ez ideig kb. 30-40 családból, kb. 300 fajnál vizsgálták a jelenséget. A leggyakrabban olyan nagy családok fajtái rendelkeznek ezzel a képességgel, mint a pászitfűfélék (*Poaceae*), fészkes virágzatúak (*Asteraceae*) és a rózsafélék (*Rosaceae*).

Ha az aszexuális magképzéssel nem jár együtt embriózsák képződés, akkor **sporofiton agamospermiáról** beszélünk. Ez esetben, a magkezdeményben egy vagy több diploid sejtből közvetlenül fejlődik egy vagy több embrió. Gyakori olyan fajoknál, ahol az ivaros életmenethez kötődő embriózsák képzés és megtermékenyítési folyamat, tehát a zigotikus csiraképzés is megtörténik. Így keletkeznek a több (eredetüket tekintve kétféle) embriót tartalmazó (poliembriós) magvak, pl. a narancsféléknél, vagy néhány orchideafajnál is. A jelenséget **adventív embrióniának** is szokták nevezni.

Ha az aszexuális magképzés embriózsák képződéssel jár együtt, **gametofiton agamospermiáról** beszélünk. Ilyenkor ún. vegetatív embriózsákok képződnek (diploid sejtekkel), amelyek fejlettsége a különböző fajok magkezdeményeiben nagyon különböző lehet. A gametofiton agamospermia két típusát különböztetjük meg:

**Diplospória** esetén a magkezdeményben a makrospóra képződésének helyén egy sejt, feltehetően maga a makrospóra anyasejt nagyobbodik meg és mitotikus osztódásokkal egy központi helyzetű diploid embriózsákot hoz létre. Ennek diploid petesejtje megtermékenyítés nélkül, szűznemzéssel embrióvá fejlődik. A macskatalp (*Antennaria dioica*) nevű fészkes virágzatú növény aszexuális magképzése lehet erre példa.

Ha az embriózsák vagy embriózsákok a magkezdemény testének bármely diploid sejtjéből vagy sejtjeiből indulnak fejlődésnek, akkor **apospóriáról** beszélünk. Gyakori a pázsitfűvek (*Poaceae*) családjában. Ezt tartják a leggyakoribb aszexuális magképzési lehetőségnek.

A növények apomiktikus magképzésével kapcsolatos ismereteink bővülése a mezőgazdasági termelésben nagy lehetőségeket teremthet. Az ember csodálja és óvja a természetnek az ivaros folyamatok eredményeként megvalósuló változatosságát, sokféleségét, azonban a korszerű mezőgazdaság sokkal inkább a zöldtömeg vagy a magok, termések uniformitása (a fajták követelményei) esetén sikeres. Klonális magokkal történő szaporítás egy kiváló tulajdonsággal rendelkező fajta genomjának megtartását jelenti. A magképzés folyamata ez esetben mivel nem igényel megporzást, független az időjárási tényezőktől. Apomixissel meg lehetne takarítani a fajták magjainak újbóli előállítás költségeit. Az apomixisért felelős gének azonosítása, és beépítése a természetükénél fogva agamospermiát nem mutató növények genomjába, egyszerűsítene sok növény termesztését. A felvetés olyannyira élő, hogy Japánban a rizs apomiktikus magokkal történő szaporításának lehetőségeiről nemzetközi konferenciát szerveztek. A hibrid rizs vetőmag évről évre való előállításának költsége megtakarítható lenne, különösen a fejlődő ázsiai országok hasznára, ahol a hibrid magok (szemtermések) beszerzésének költségei még mindig többszörösen felülmúlják a termesztés költségeit.

Ha a magkezdeményben kifejlődött embriózsákban (akár ivaros akár ivartalan –  $n$  ill.  $2n$ ) az embriózsák petesejtje megtermékenyítés nélkül fejlődik embrióvá, szűznemzésről, **partenogenezisről** beszélünk. **Apogámia** esetén az embriózsák petesejten kívüli valamely más sejtjéből, segítő v. ellenlábás sejtől fejlődik az embrió szűznemzéssel (pl. a cickafark - *Achillea* fajoknál). Ivaros embriózsákok esetében a szűznemzéssel fejlődésnek induló embrió teste haploid sejtekből épül fel. Az ebből fejlődő növény általában virágot nem képes fejleszteni. Előfordul az is, hogy a szűz petesejt első osztódásakor keletkező két sejtmag összeolvad, ez továbbosztódva végső soron diploid embriót hoz létre.

Ha a meiózis megindul a magkezdemény spóraanyasejtjében, a rekombináció végbemegy, de valamennyi kromoszóma az első fázis végén az egyik sejtben marad, akkor két diploid makrospóra (és egy mag nélküli sejt) az eredmény. A makrospórák egyikéből embriózsák lesz, annak diploid petesejtjéből pedig szűznemzéssel az embrió. A folyamatot **aneusporiának** nevezik. Ugyanezt a jelenséget fedi a diploid partenogenezis kifejezés is. A fészkes virágzatúak (*Asteraceae*) körében pl. a gyermekláncfű (*Taraxacum officinale*) hozhatja

így létre a kaszat terméseit. A jelenség jelzi az ivaros és ivartalan életmenetek közötti átmenetek és a kapcsolódási lehetőségek sokféleségét.

**Pszudogámia** alatt azt a jelenséget értjük, amikor a bibére kerülő pollen csak elindítja a magkezdeményekben lejátszódó aszexuális folyamatokat, magát a szűznemzést. Legtöbbször feltétele a klonális magképzésnek. A megtermékenyítés azonban mindig elmarad.

**Partenokarpia** esetén általában pszeudogámiával kísérve megindul a termő falának termésfallá alakulása, a termésben azonban nem lesznek csiraképes magok (banán, füge, magnélküli dinnye, mazsolaszőlő).

### 3. A vegetatív hajtás

A leveleket és rügyeket viselő szár a **vegetatív hajtás**. Tudományos neve **kormusz**. A különböző korú, helyzetű és funkciójú hajtások a növények földfeletti részét, a hajtásrendszert alkotják. Zöld szöveteikben folyik a fotoszintézis. A virágok és a virágzatok is hajtások, de generatív hajtások, mivel többnyire az ivaros szaporodást szolgálják.

A hajtásokon a levelek eredési helyei a **csomók (nóduszok)**. A nóduszok **szártagokra (internódiumokra)** tagolják a szárat.

A hajtás disztális vége felé haladva a szártagok a legtöbb növényen egyre rövidebbek, a levelek egyre kisebbek, a szár csúcán pedig a hajtáscsúcs helyezkedik el. Más szóval a száron az oldalképletek az akropetális fejlődési rendet követik (11. ábra).



11. ábra. A káposztafej hosszmetzetben. Hajtása egy hatalmas rügynek is tekinthető. (Bell nyomán)

A hajtástengely leveleinek térbeli helyzetét diagramban szokták szemléltetni. A diagramon a szerv vetülete látható. A nóduszok alulról fölfelé haladva kisebbedő koncentrikus körökként jeleníthetők meg. A körökön az oldalszervek a megfelelő helyzetbe rajzolhatók és a levelek mérete is érzékeltethető. A fiatalabbak (disztális helyzetűek) közepén erősebb kiemelést kaphatnak.

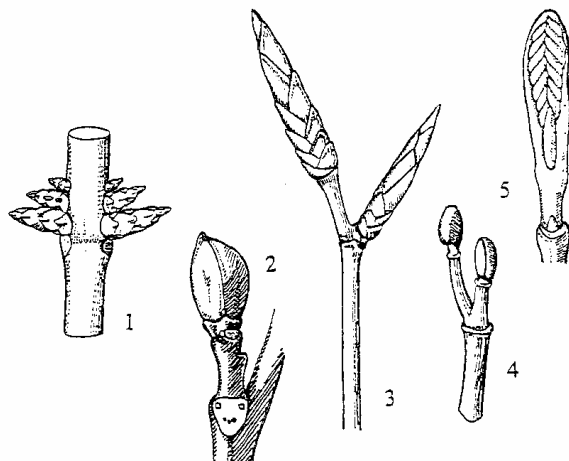
A növények első hajtása a **csíra rügyéből**, a **plumulából** fejlődik. Ezen a hajtáson levélhóonalji hajtáskezdeményekből (rügyekből) első, másod, stb. rendű oldalhajtások fejlődhetnek, kialakítva a növény hajtásrendszerét. Több rövid életű kétszikű és sok egyszikű növény egyetlen el nem ágazó vegetatív hajtást fejleszt.

A hajtás leírásakor elemeznünk kell az oldalképleteit (a rügyeket és a leveleket), valamint a hajtás tengelyét, a szárát.

### 3.1. A rügy

A **rügy (gemma)** embrionális hajtás, nyugalomban lévő (dormáns) csúcsmerisztémával. Rövidszártagú, tengelyén levelek, esetleg rügykezdemények figyelhetők meg. A magban fejlődő növény első rügyét rügyecskének (plumulának) nevezik. Csírázaskor a növény első hajtásává válik.

A fásodott szárazakon megfigyelhető rügyek mérete, alakja, helyzete, belső felépítése lombtalan állapotban is jól felismerhetővé teszi a fajt (12. és 13. ábrák). E rügyek felületén pikkelylevelek biztosítják a védelmet. A rügyben lévő embrionális levelek összehajtogatottsága és elhelyezkedése a tengelyen a **türemelés** vagy **vernáció**. Rügyfakadáskor a rügypikkelyek lehullnak, helyükön, vagyis a kibomlott hajtás proximális végén ripacsok maradnak, amelyek a **rügygyűrűt** alkotják. Ez a fásszárú növényeknél jelzi az egyévi növekedést. Ha a rügypikkelyek hiányoznak, csupasz rügyről beszélünk. Melegebb klímán gyakoribb, de a hazai flórában is van rá példa: Csupasz rügyei vannak az ostorménfának (*Viburnum lantana*) és a kutyabengének (*Frangula alnus*). Nem minden rügy bontakozik ki. Kifejlődésük nagymértékben függ a növény növekedését befolyásoló környezeti tényezőktől is.

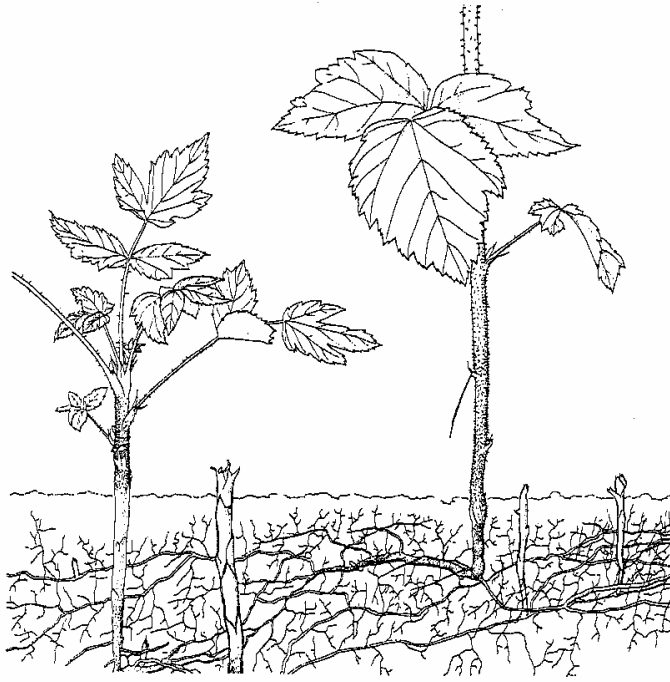


12. ábra. Néhány rügytípus hazai fánk köréből: 1. lonc szeriális rügyei, (*Lonicera xylosteum*) 2. *Magnolia* rügye, mellette a levélripacsa, 3. bükkfa (*Fagus sylvatica*) rügye, 4. égerfa (*Alnus glutinosa*) nyeles rügye, 5. ostorménfa (*Viburnum lantana*) csupasz rügye. (Guttenberg és Troll nyomán)

#### Rügytípusok:

A rügyeket több szempont alapján lehet csoportosítani. Helyzetüket tekintve megkülönböztetünk száron, gyökéren és leveleken megjelenő rügyeket. Az utóbbi kettő ritka. **Gyökéren** az erősen sarjadzó fafajok esetében figyelhetők meg, pl. több nyárfafaj (*Populus* fajok), az akácfa (*Robinia pseudo-acacia*), a málna és a szeder (*Rubus* fajok - 13. ábra) esetében. Lágyszárú fajoknál is előfordul, többek között a mezei aszat (*Cirsium arvense*) agresszív terjedése és nehéz kiirtása is a nagyszámú gyökérrügy képződésével magyarázható. A levél lemezén keletkező **levélrügyek** általában lehullnak a növényről, meggyökerezve a klonális szaporodást szolgálják (*Bryophyllum* sp.).

A **száron megjelenő rügy** (11. és 12. ábrák) ha terminális, akkor **csúcsrügy**-ről beszélünk. Az oldalrügyek közvetlenül a csúcsrügy alatt helyezkednek el. Ha a csúcsrügy lehullik vagy virágot fejleszt, és egy **oldalrügy** vesz fel tengelyirányt, szimpodiálisan elágazó hajtásrendszer fejlődik ki (lásd később). A lomblevelek hónaljában fejlődő rügyek a **hónaljrügyek**. Ha többesével fejlődnek, az egymás mellett elhelyezkedők a **kollaterális rügyek**, az egymás felett elhelyezkedők a **szeriális rügyek**.



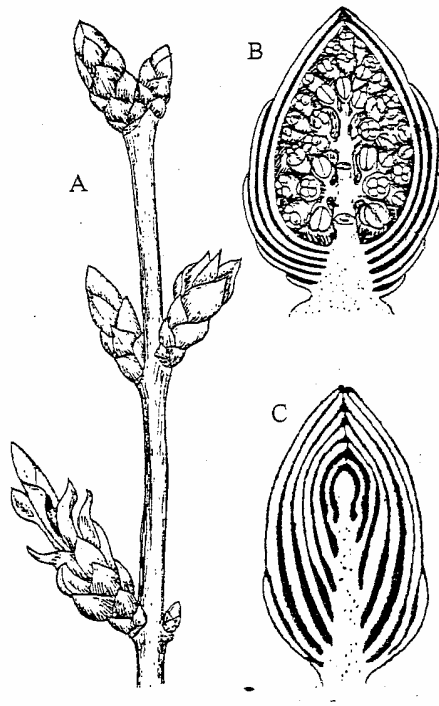
13. ábra. *Rubus idaeus* - málna. Gyökérrügyekből kiinduló hajtásfejlődés különböző stádiumai. (Bell nyomán)

A száron megjelenő rügyek belső determináltságukat tekintve lehetnek vegetatív hajtássá bomló **hajtásrügyek**, virág- vagy virágzatkezdeményeket rejtő **virágrügyek** és mind lomblevél mind viráglevélkezdeményeket rejtő **vegyesrügyek** (14. ábra). A vegyesrügyek általában nagyobbak a hajtás- és virágrügyeknél. Azokra a virágrügyekre, amelyekből egyivarú virágok fejlődnek, a termős ill. a porzós rügy elnevezést használjunk.

Az **alvó rügyek** többéves növényeknél évekig nyugalomban maradnak. Csak a növény károsodásakor hajtanak ki. A növények csonkításával, metszésével ezek a rügyek aktivizálódnak.

A rügek tövisekké módosulva a védelmet (*Gleditsia triacanthos* - lepényfa), húsos sarjgumóvá módosulva a szaporodást szolgálhatják (*Ficaria verna* - salátaboglárka).

A rügyeket a kertészeti gyakorlatban szemeknek is nevezik. Dísznövényeink és gyümölcsfáink vegetatív szaporítására (szemzésre) is felhasználhatók.



14. ábra. A) Duzzadt és fakadó rügek az orgona (*Syringa vulgaris*) hajtásán, B) vegyesrügyének sémája hosszmetsetben, virágzat és levélkezdemények, C) hajtásrügyének hosszmetsete Sárkány - Szalai)

### 3.2. A szár

A hajtás tengelye. Tudományos neve **kaulisz**. A rövid életű növények hajtásrendszerének tengelyeit lágyszárú, áttelelésre nem képes szárok alkotják, amelyek proximális részei a vegetációs periódus végére megvastagodhatnak és elfásodhatnak. A több évig élő növények egy csoportja minden évben újra fejleszti a hajtás- ill. szárrendszerét (lásd később a hemikriptofiton életformát). Mások (pl. a fanerofitonok), a többéves áttelelt száraik rügyeiből fejlesztenek új hajtásokat, miközben az előző évek hajtástengelyei másodlagos szövetekkel folytonosan gyarapodnak, vastagodnak. Ez utóbbi hajtásrendszer így a korábbi évek kemény, fásodott tengelyeiből és a rajtuk képződő adott évi hajtásokból épülnek fel. Az egyéves elfásodott és áttelelésre képes tengelyt **vesszőnek**, a két évest **gallynak**, a három évest és ennél idősebbet **ágnak** nevezzük.

A **fiatal szárokat** (lágyszárok), amelyek rugalmasak, az elsődleges bőrszövet szintelen sejtrétege fedi. Ez látszani engedi az alatta lévő kéregszövet zöld színét. Sok növénynél legfeljebb a vegetációs periódus végéig élnek, áttelelésre nem képesek. Jellemezhetőek az internódiumok hosszával, vastagságával és átmetszetével. Lehetnek kör metszetűek, vagyis hengeresek, laposak, szögletesek, árkoltak (egyik oldalról bemélyedés figyelhető meg rajtuk). Szárnyasak, ha párhuzamos asszimiláló lemezek futnak le rajtuk. Ezek a lemezek gyakran tagoltak vagy tüskések, pl. egyes bogáncs (*Carduus spp.*) fajoknál.

A **többéves szárokon** másodlagos bőrszövet alakul ki. Ez már egy többrétegű szövet, amely elfedi a vékonyabb tengelyekben még meglévő asszimiláló szövetet. Ezért a gallyak és ágak színe a szürkétől a barna különböző árnyalatáig változik. Felületük is igen változatos, fajtól és kortól függően.

### 3.3. Elágazási típusok

A hajtásrendszereket alkotó különböző korú hajtástengelyek (modulok) összekapcsolódásában szabályszerűségek ismerhetők fel, amelyek jellemzik a fajtát. Ez lehetővé teszi, hogy elágazási típusokat különítsünk el (15. és 16. áb-

rák). A növényen rendszerint egy elágazástípus ismétlődik. Az alaptípusok a következők:

**Villás (dichotómikus)** hajtásrendszer keletkezik, ha az adott szár csúcsmerisztémája két egyenlő értékű hajtást hoz létre. Ősnövény maradványokat tanulmányozva azt találták, hogy ez az elágazástípus jellemezte az első szárazföldi növények (ősharasztok) szárrendszerét. A recens növényvilágban a harasztoknál gyakoribb, de ritkán a magvas növényeknél is megfigyelhető.

**Álvillás (pszeudodichotómikus)** elágazásról beszélünk, ha a tengely csúcsrügye lehullik vagy korlátolt növekedésű szervvé pl. virággá vagy tövissé alakul, és az alatta lévő két oldalrügyből képződik két egyenrangú hajtás (*Viscum album* - fehér fagyöngy).

**Közalapos (monopodiális)** hajtásrendszere van a legtöbb magvas növénynek. A csúcsrügy mindvégig megmarad és gyarapítja a növény tengelyét, miközben a tengely hónaljrügyeiből a főtengeletől gyengébb fejlettségű oldalágak fejlődnek.

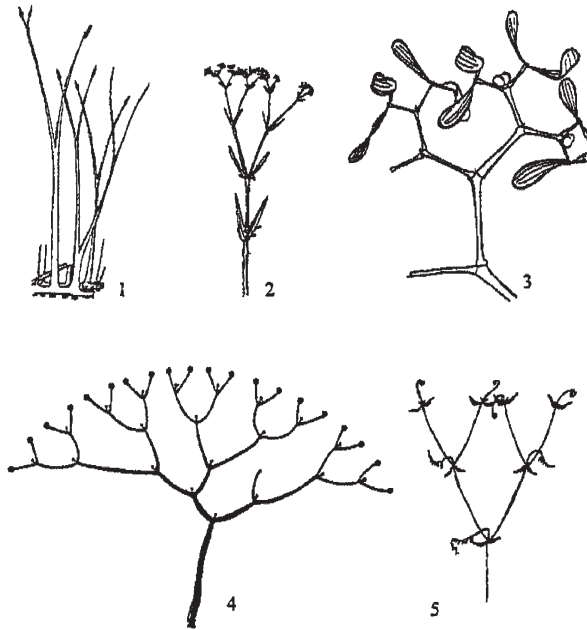
**Áltengelyes (szimpodialis)** elágazás jön létre, ha a csúcsrügy elpusztul és egy oldalrügy hoz létre újabb hajtást, amely tengelyirányba tolódik. Nagyon gyakori elágazástípus a lombosfáink ágrendszerében. Az áltengelyes elágazódás létrejöhet dichotómikus rendszerből is, ha az egyik villaág kerül tengelyhelyzetbe, miközben a másik oldalra tolódik. Ez esetben az áltengely villaágakból szerveződik. Valószínűsíthető, hogy az evolúció során a dichotómikus elágazásrendszerből ily módon, a szimpodialisra keresztül jött létre a monopodiális hajtásrendszer.

A fenti elágazástípusok rendkívül változatos formákban akár egymással kombinálódva fordulnak elő a természetben. Gyakori az is, hogy mind a szimpodialis, mind a monopodiális elágazásrendszerben a nóduszoknál a szártagok elhajlanak és cikcakkos tengelyt hoznak létre. Több mediterrán faj félgömböt formáló sűrű hajtásrendszerét sok cikcakkos tengely alkotja. Az elágazási típusokat fel lehet ismerni a virágzatok elágazás rendszerében, sőt a levelek erezetében is.

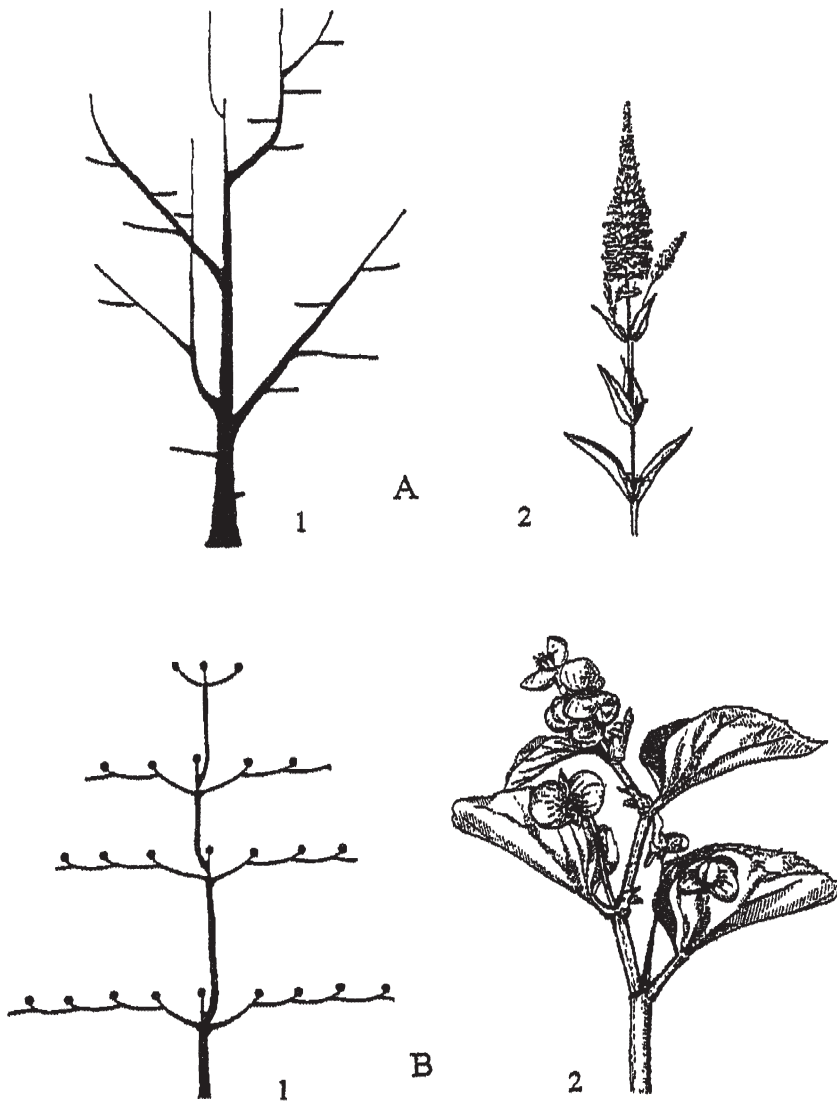
A hajtásrendszerek elágazási rendjének behatóbb tanulmányozását az alaktannak egy külön területe, a dinamikus morfológia végzi. Dinamikusnak nevezik azért, mert a hajtásrendszer felépülését csak kialakulásának folyamatában lehet megérteni: A növények hajtásrendszerüket rügyeikkel életük végéig gyarapítják. A rügycsoportok pozíciója az új hajtás helyzetét, potenciáját a kibontakozó hajtás jellegét, a kihajtás időzítése pedig a hajtásrendszer fejlődési ritmusát ha-

tározza meg. Egy hajtásrendszer annál jobban elemezhető, minél tisztábban építkezik az adott fajra jellemző modulokból. A modul kifejezés alatt ismétlődő, jól elkülöníthető, számolható egységet értünk, amelyekből a hajtásrendszer építkezik. (A modul jelenthet egy levelet, egy internódiomot a hozzá tartozó levéllel (metamert), egy szimpodialis egységet, vagy egy önálló életre is képes hajtást a rizómás és hagymás növényeknél vagy a füveknél (rametet)).

A hajtásrendszer struktúrája genetikailag rugalmasan meghatározott, vagyis az adott program a környezeti tényezőknek megfelelően valósul meg. Ez azt jelenti, hogy pl. egy fajt lehet azonosítani a koronája szerkezetéből, ugyanakkor nincs a fajnak két olyan egyede, amely teljesen azonos formát venne fel.



15. ábra. Villás és álvillás elágazások: 1. *Rhynia* típusú ősharaszt villásan elágazó szára. 2. Fogas galambbegy (*Valeriana dentata*) villásan elágazó virágos hajtása. 3. Fehér fagyöngy (*Viscum album*) hajtásrendszere, álvillás elágazásokkal. 4-5. Álvillás elágazásmodellek fás és lágyszárú növényekre. (Scagel, Csapody, Bartha és Bell nyomán)



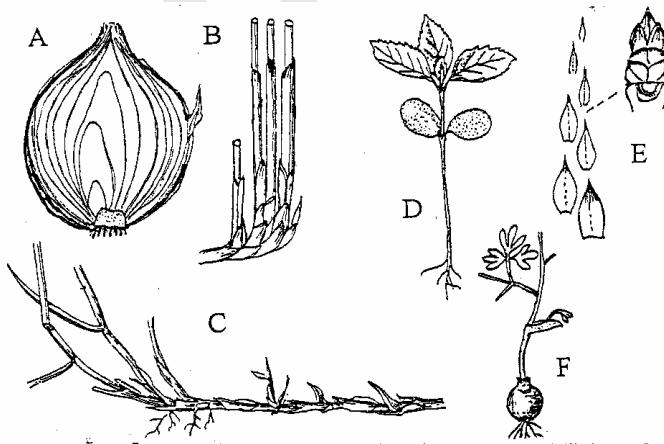
16. ábra. A) Monopodiális elágazás: 1. fásszárú modellje, 2. szürke veronica (*Veronica incana*) hajtása, B) Szimpodiális elágazás: 1. fásszárú modellje, 2. *Begonia semperflorens* hajtása. (Bell és Kárpáti nyomán)

### 3.4. A levél

A levél a növény szárához kapcsolódó oldalszerv, a hajtás része. A növényfajok többségénél egyéves szerv, elsődleges szövetekkel. Ha a levél kifejezést halljuk, általában az asszimiláló lomblevélre gondolunk, de a növényeknek más megjelenésű és funkciójú levelei is vannak. Ezért először a levél típusokat tekintjük át, azután foglalkozunk részletesen az asszimiláló lomblevéllel.

#### 3.4.1. Allevelek

A lomblevelek zónája alatt elhelyezkedő, a lomblevelektől eltérő megjelenésű levelek az allevelek, vagy **katafillumok** (17. ábra). Ritkán fotoszintetizálnak. A csíra levelei, azaz a **sziklevelek** is allevelek. Ezekkel a mag fejezetben foglalkozunk részletesebben.



17. ábra. Allevétípusok: A) vöröshagyma, húsos allevelekből és hártás buroklevelekből áll, B) pikkelyszerű allevelek egy palka gyöktörzsén, levélhüvelyek C) hártás allevelek a csillagpázsit tarackján, D) csíranövény sziklevelekkel, E) rügpikkelyek, F) támasztólevél. (Csapody nyomán)

Alleveleket leggyakrabban a földalatti szárazon találunk. Ezek lehetnek **pikkelyszerűek**, mint a gyöktörzseken, tarackon, ággumókon, és lehetnek raktározó szövetben gazdag szervek, mint a hagymák **húsos** allevelei. Egyes fajok hagymáit **hártyás allevelek** is burkolják. A föld felett is megfigyelhetők allevelek, ilyenek a lomblevelek és a sziklevelek közötti **támasztólevelek**, pl. az ujjas keltike (*Corydalis solida*) hajtásán. Ezek az allevelek rendszerint könnyen lehullók. Allevél több növény **első lomblevele** is, ha az a később fejlődő lomblevelektől méretben és alakban is igen különbözik. Alleveleknek tekintik továbbá az egyes élőködők **nem fotoszintetizáló pikkelyleveleit**, pl. a fenyőspárgán (*Monotropa hypopitys*) és a madárfészken (*Neottia nidus-avis*).

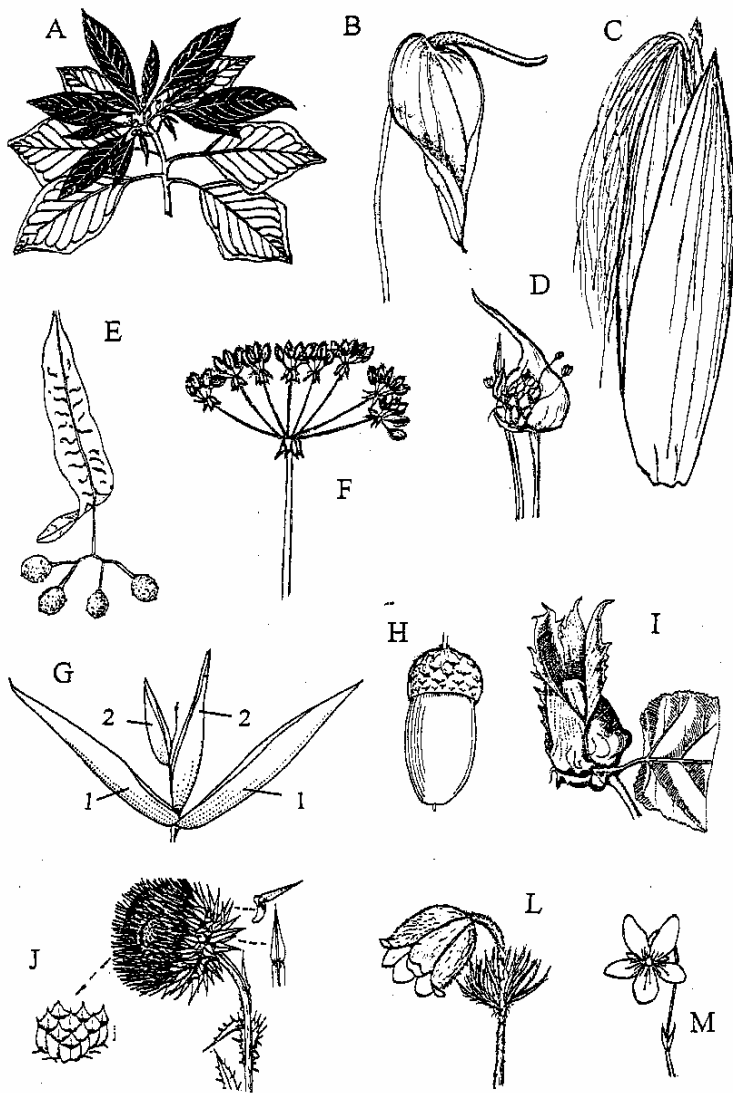
Ha a hajtást tekintjük egységnek és nem a hajtásrendszert, akkor a **rügyek pikkelylevelei** is allevelek, mivel a hajtás embrionális levelei alatt helyezkednek el (17. ábra E).

### 3.4.2. Fellevelek

A lomblevelek zónája felett figyelhetők meg a **hipszo-fillumok** (18. ábra). A virághoz vagy a virágzathoz kapcsolódnak. A lomblevelektől eltérő alakúak, más állományúak, gyakran színesek. Tágabb értelmezésben a viráglevelek is fellevelek.

A **murvalevél (braktea)** olyan fellevél, amely hónaljában virág vagy virágzat fejlődik. Gyakran feltűnő színűek és alakúak. A rovarcsalogatásban átvehetik az egyszerűbb kifejlődésű virágtakaró levelek szerepét. Feltűnő murvalevelei vannak a mikulásvirágnak (*Euphorbia pulcherrima*), a hortenziának (*Hydrangea hortensis*), a mediterránon elterjedt mutatós murvafürtnek (*Bougainvillea spectabilis*). A kontyvirágfélék (*Araceae*) torzsa virágzatát burkoló **spáta** is murvalevél. Azt a murvalevelet, amely nagysága, alakja és színe tekintetében inkább a növény lombleveleihez hasonlít, **murváskodó levélnek** nevezzük.

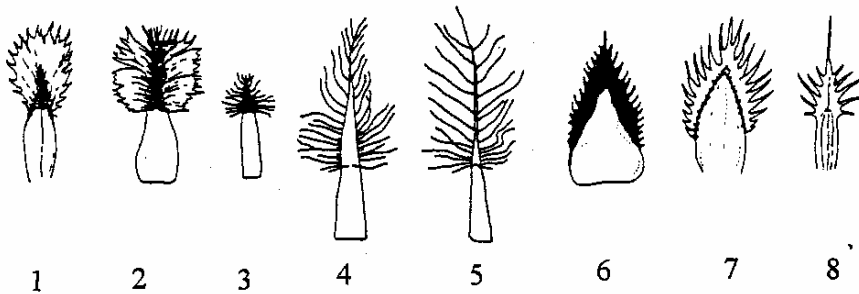
A **pelyvalevél (gluma)** a pázsitfűfélék (*Poaceae*) kalászka virágzatát támasztja, általában párosával, de számuk lehet egy és három is. A **toklász (palea)** a pázsitfűvek ivarleveleit borítja. A füzérke tengelyéhez viszonyítva beszélünk külső és belső toklászról (palea superior és palea inferior). A belső toklász lepellevél eredetű.



18. ábra. Fellelévtípusok: A) piros murvalevelek a mikulásvirág hajtásán, B), C), D) virágzatokat kísérő buroklevelek, E) virágzati tengelyhez nőtt murvalevél a hársfa példáján, F) összetett ernyő virágzat gallér- és gallérka levelekkel, G) pázsítfű kalászka; 1. pelyvlevelek, 2. toklászok, H) virágtengely eredetű kemény kupacs a tölgy makktermésén, I) sallangos kupacslevél a mogoró makktermésén, J) vacok- és fészkepikkelyek a bogáncs virágzatából, L) gallérozó fellevelek a kökörcsin virága alatt, M) előlevél az ibolya virágkocsányán. (Guttenberg és Csapody nyomán)

A **fészekpikkelyek (szkvamák)** a fészekvirágzatúak (*Asteraceae*) kiszélesedő virágzati tengelyén, a fészekhányéron találhatóak. A fészek proximális (alsó) felületét borítják. Lehetnek zöldek, pl. az őszirózsáknál (*Aster* fajoknál), barnák és hártvásak pl. az imoláknál (*Centaurea* fajoknál, 19. ábra). Színes hártvásak, szziromszerűek pl. a vasvirágoknál (*Xeranthemum* fajoknál) és a szalmarózsáknál (*Helichrysum* fajoknál). Elhelyezkedésük és megjelenésük fontos határozó bélyeg a családban.

A **vacokpikkelyek** a fészekvirágzatban a virágokat támasztó fellevelek, a fészekhányér felületén (18. J ábra).



19. ábra. Imola (*Centaurea spp.*) fajok fészekpikkelyei: 1. *Centaurea sadleriana*, 2. *C. banatica*, 3. *C. nigrescens*, 4. *C. macroptilon*, 5. *C. indurata*, 6. *C. mollis*, 7. *C. triumfettii*, 8. *C. diffusa*. (Simon nyomán)

A **kupacslevél (kupula)** a bükkfafélék (*Fagaceae*) és a nyírfafélék (*Betulaceae*) családjában a makkterméseket veszi körül. A mogyoró (*Corylus avellana*) kupacslevele zöld, sallangos, beborítja a termést. A tölgyeké (*Quercus* fajok) csészeformájú. A bükk (*Fagus sylvatica*) és a szelídgesztenye (*Castanea sativa*) kupacsai szúrósak, és termésérésig zártak. A gyertyán (*Carpinus betulus*) makktermései hármasan tagolt kupacslevelek hónaljában fejlődnek.

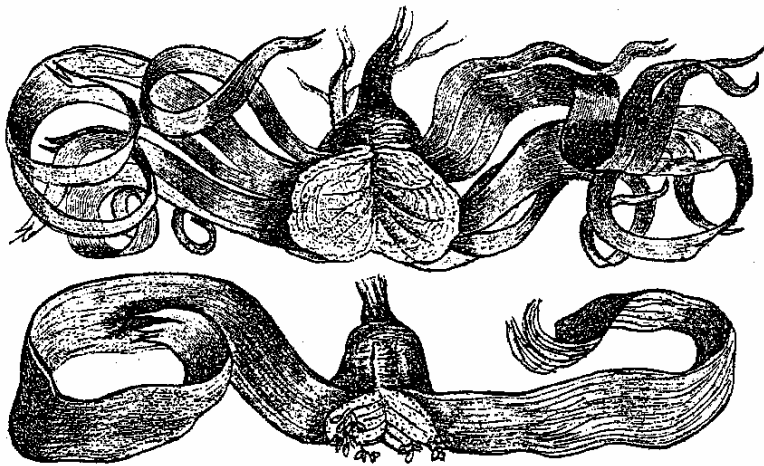
A **gallérlevelek** az ernyősvirágzatúak (*Apiaceae* család) egyszerű ernyőjében a kocsányok alatt, összetett ernyőjében pedig az elsőrendű elágazásnál megfigyelhető levelek. A **gallérkalevelek** az összetett ernyők másod- vagy harmadrendű elágazásainak támasztólevelei.

Az **előlevél (profillum)** a virágkocsányon megjelenő, általában zöld, apró differenciálatlan levél, pl. az ibolyák (*Viola* fajok) kocsányán. Profillumnak

nevezik a hajtáscsúcsot vagy az oldalrügyeket időlegesen védő, hártyás, később lehulló leveleket is (pl. a *Ficus elastica* - szobafikusz fejlődő levelein).

### 3.4.3. Lomblevelek (folium, fillum)

A lomblevelek asszimiláló szövetében megy végbe a  $\text{CO}_2$  asszimiláció zöme. Méretük néhány mm-től több méterig változhat. Apró pikkelylevelei vannak pl. a borókáknak (*Juniperus* fajok), az erikacserjéknek (*Erica* fajok) vagy a tamariskának (*Tamarix tetrandra*). Hatalmas, nagyfelületű leveleket fejleszt pl. a banán (*Musa sp.*), vagy a tündérrózsafélék családjába (*Nymphaeaceae*) tartozó fajok. Többségük élettartama a tenyészidő hosszával egyezik meg, vagyis néhány hónap. A fenyőfélék és az örökzöld zárvatermők levelei akár 10 évig is élhetnek, de másodlagos szöveteket csak ritkán fejlesztenek. A Kalahári sivatag növénycsodájának, a *Welwitschia mirabilis*nek két hosszú, szalagszerű, alapján folytonosan növekvő, csúcsán pedig szétfoszló levele van, aminek élettartama megegyezik a növény életidejével, a 100 évet is meghaladhatja (20. ábra).



20. ábra. A *Welwitschia mirabilis* két egyede hatalmas levélpárokcal. A felső egyeden tobozok fejlődnek. (Hooker nyomán)



21. ábra. A lomblevél alakok változatossága egy növényen. A) **heterofillia**: 1. borostyán hajtásai, 2. felemáslevelű zsásza hajtása, 3-5. dimorfizmus vizenővényeken, rendre békaorsó, kányafű, békaszőlő, B) **heteroblasztia** a fehér akác csíranövényén, C) **anizofillia**. (Csapody, Bartha valamint Rost és társai nyomán)

A legtöbb növény a leveléről jól azonosítható (1. számú melléklet, fa és cserjefajok levelei), mindamelllett, hogy a levelek mérete és alakja egy növényen is változhat. Az ezzel kapcsolatos szakkifejezések a következő gyakoribb jelenségeket takarják (21. ábra):

**Heterofillia.** Általában környezeti tényezők hatására kifejlődő különböző leve-lűség. Leggyakoribb formája a dimorfizmus: a növényen kétféle asszimiláló levél fejlődik. A vízi növények vízben lebegő levelei általában más alakúak (tagoltabbak, sallangosak) mint a víz színén úszók, vagy a levegőbe emelkedő levelek. A borostyán (*Hedera helix*) virágzatot tartó, erősebb fényen fejlődő hajtásán a levelek tagolatlanok, tojásdad alakúak. Az ismert borostyánlevél pe-dig hármasan vagy ötösen tenyeresen karéjos.

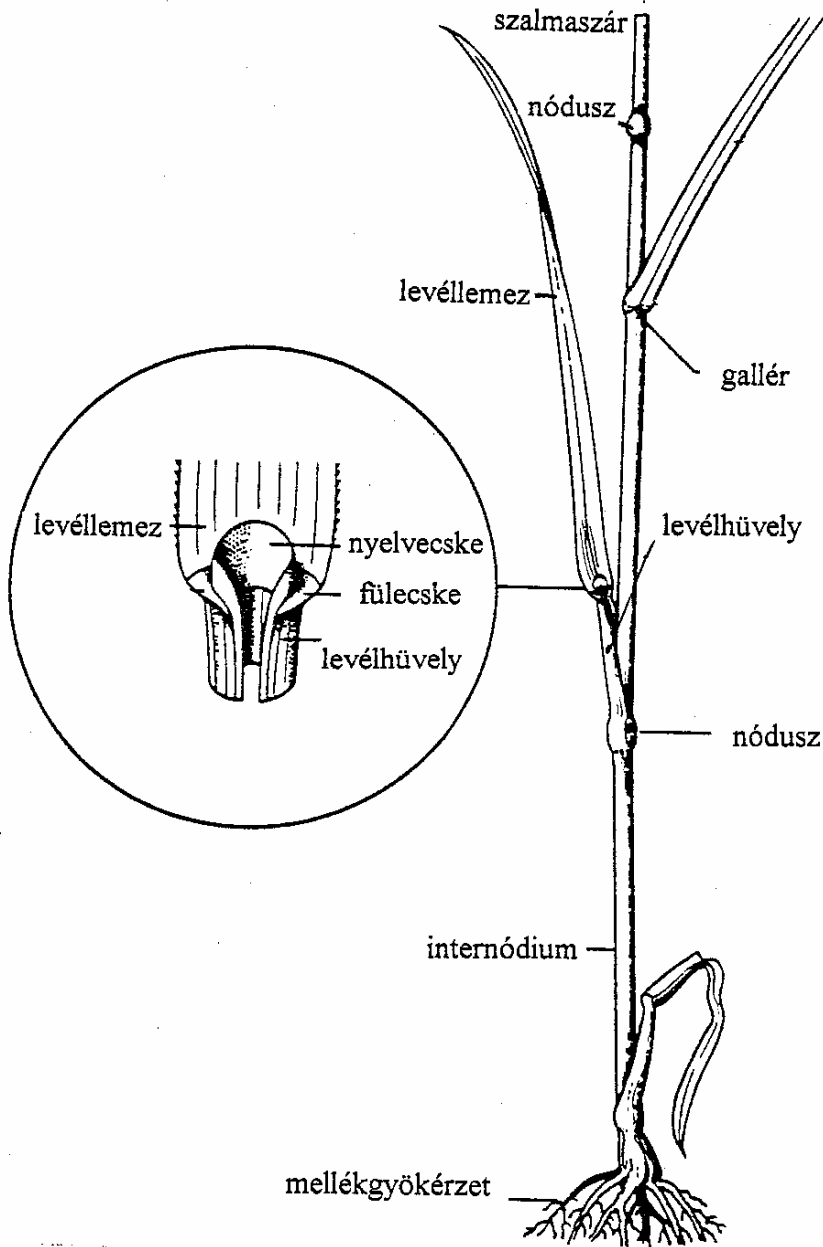
**Heteroblasztia.** A száron számos növényfajnál a fejlődés sorrendjében külön-böző alakú levelek figyelhetők meg. Más alakúak a sziklevelek, a primer lomb-levelek és az ezt követően kifejlődő levelek. Az akácnál (*Robinia pseudo-acacia*) a tagolatlan sziklevelek után hármasan összetett, majd ezt követően páratlanul szárnyasan összetett levelek fejlődnek a száron. A jelenség a heteroblasztia.

**Anizofillia.** A heterofilliának az az esete, amikor a nóduszokon különböző ala-kú vagy méretű levélpárok fejlődnek (21. ábra).

A legtöbb levél **alapra (bázisra), nyélre (petioluszra)** és a **lemezre (laminára)** tagolható. Legkarakterisztikusabb rész a lamina. Ha a laminák egy olyan tengelyhez kapcsolódnak nyéllel vagy anélkül, amelyen nincsenek rü-gyek, **összetett levélről** beszélünk. Az ilyen levél a hajtáscsúcs egyetlen levélprimordiumából fejlődik. A tengelyét levélgerincnek nevezzük, a kapcsolódó leveleket pedig levélkéknek.

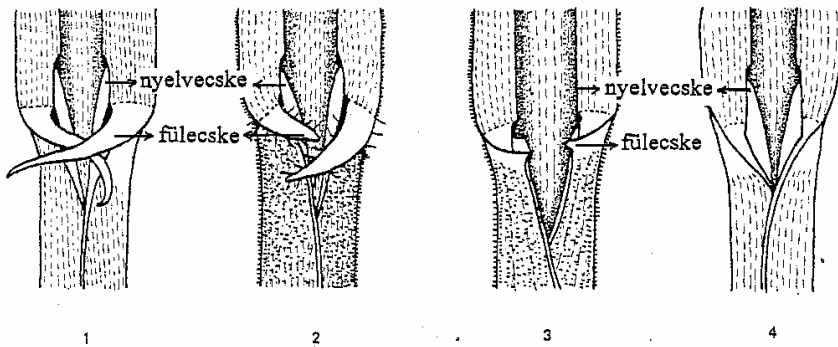
### 3.4.3.1. A levélalap

**Bázis folii.** A levélnek a szárhoz illeszkedő része. Az illeszkedésnél, a nóduszon, a szár rendszerint kicsit kiemelkedik, és **levélpárnát (pulvinuszt)** képez. A levélalap is ennek megfelelően egy vastag, duzzadt, néha kiszélesedő, akár hólyagos levéltalp (25. ábra). Pulvinusznak nevezik néhány *Fabaceae* csa-ládba tartozó faj motorikus sejtekből álló levélalapját (levélke alapját) is, amely a levél (levélke) tigmomasztikus mozgásáért felelős. Más esetekben, mint a leg-több egyszikűnél, a levél alapja a **levélhüvely**. A levélhüvely nyitott (22. ábra), vagy zárt cső alakjában veszi körül a szárat a nódusz fölött.

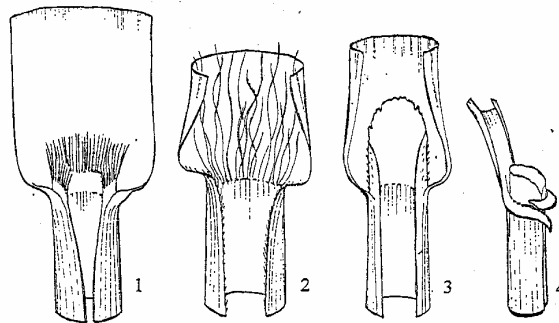


22. ábra. Pázsitfű hajtása. A körben a levélhüvely és a levéllemez kapcsolódása van kiemelve. (Looman nyomán)

A levél alapjához kinövések kapcsolódhatnak. A levélhüvely és a lemez kapcsolódásánál az adaxiális oldalon figyelhető meg a szárhoz simuló hártvány **nyelvecske (ligula)**. Ugyancsak a levélhüvely disztális végén, a lemez két széléhez kapcsolódva páros, hártványos vagy porcos képlet a **fülecske (aurikula)** figyelhető meg. Az aurikula és a ligula együtt is jelen lehet. Méretük, formájuk, állományuk fontos tulajdonság a füvek és sások határozásában, különösen a növények virágtalan állapotában nagy segítség (23. és 24. ábrák).

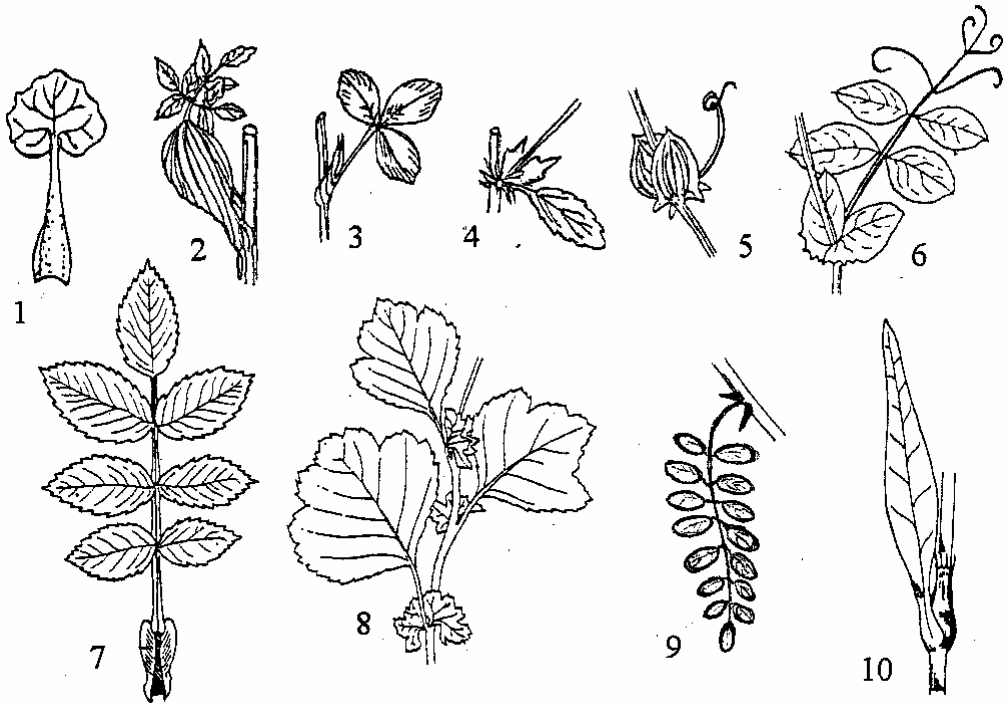


23. ábra. A levélhüvely függelékei. Ligula típusok: 1. pillás, 2. szőrökké módosult, 3. nyelvszerű és hullámos szélű, 4. levágott ligula auriculával. (Looman nyomán)



24. ábra. A levélhüvely függelékei a fő gabonanövényeinknél. 1. árpa (*Hordeum vulgare*), 2. búza (*Triticum aestivum*), 3. rozs (*Secale cereale*) 4. zab (*Avena sativa*). (Hortobágyi nyomán)

A levélgyeles levelek alapjához is kapcsolódhatnak függelékek. Kétoldalról páros **pálhalevelek (sztipulák)** fejlődhetnek. Lehetnek serteszzerűek, áralakúak, hártyásak, levélszerűek. Aprók vagy nagyobbak, hamar lehullók, mások maradóak és fotoszintetizálók (25. ábra). A borsó (*Pisum sativum*) levélalajján kerekded fotoszintetizáló pálhalevelek vannak. A keserűfűfélék (*Polygonaceae*) családjában a pálhalevelek összenőve **pálhakürtöt (ochreát)** alkotnak ami körülöleli a levél feletti internódium proximális részét. Az akác levélgerincének tövében két **pálhatövis** fejlődik.

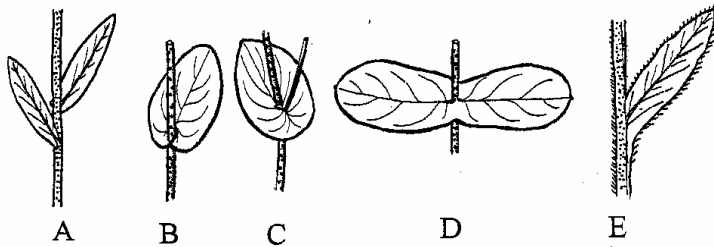


25. ábra. A levélalaj és függelékei: 1. kiszélesedő levélalaj - salátaboglárka, 2. hólyagosan felfújó levélalaj - angyalgöker, 3. levélgyélhez nőtt pálhák - lóhere, 4. szabad pálhalevelek - árvácska, 5-6. levélszerű, asszimiláló pálhák - lednek és borsó, 7. hártyás, levélgerinchez nőtt pálhák - rózsa, 8. fodros asszimiláló pálhákcseregálagonya, 9. pálhatuske - akác, 10. pálhakürtő - keserűfű. (Priszter - Csapody nyomán)

### 3.4.3.2. A levélnyél

**Petiólusz.** A levél alapja és a lemez közötti szárszerű levélrész. Legtöbb esetben maga is fotoszintetizál. Meghatározza a levéllemez helyzetét. A levélnyél jellemezhető hosszúságával, vastagságával, állományával és átmetszetével. Átmetszete akár a fiatal száraké, lehet kör, négyzet, téglalap, ovális, árkolt (u alakú átmetszet) stb. A hazai levélhüvelyes növényeknek nem fejlődik levélnyelük. Egyes bambuszok levélhüvelye azonban rövid nyéllal kapcsolódik a szálas lemezhez (pszeudopetiólusszal).

A levélnyelével nem rendelkező levelek az ülő levelek (26. ábra). Ha az ülő levél lemezének válla átfogja a szarát, szárölelő a levél, pl. a galléros tarsóka (*Thlaspi perfoliatum*) levele. Ha a levélvállak össze is nőnek, átnőtt ülő levélről beszélünk, pl. a kereklevelű buvákfü (*Bupleurum rotundifolium*) hajtásán. A szemben növő (átellenes) ülő levelek válla is összenőhet, pl. egyes lonc (*Lonicera spp.*) fajoknál. Az ülő levél válla a szárra is lefuthat.



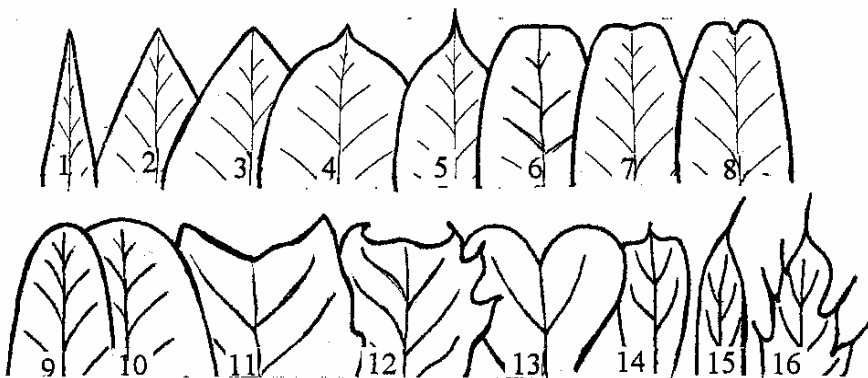
26. ábra. Nyélnélküli levelek: A) ülő levél, B) szárölelő, C) átnőtt, D) összenőtt, E) szárra futó levél. (Priszter és Csapody nyomán)

### 3.4.3.3. A levéllemez

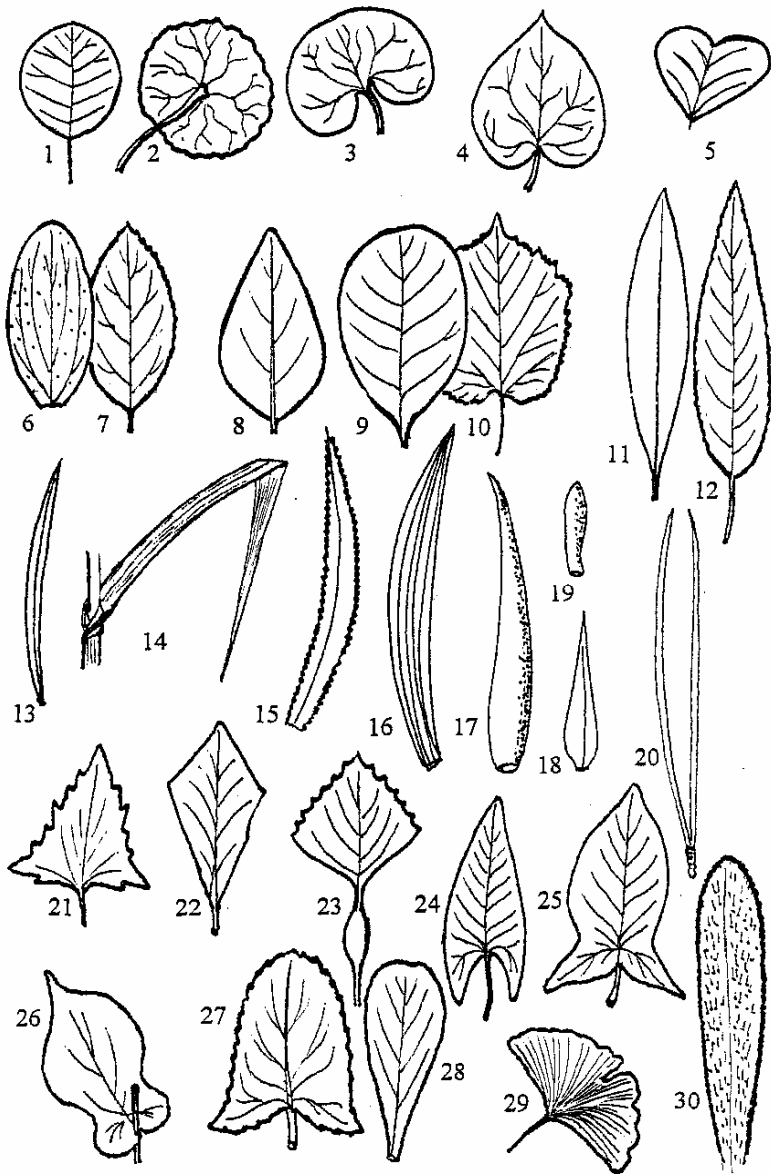
A lomblevél lemeze, a **lamina** általában lapos, nagy felületű. Néha hengeres (cilindrikus), pl. a vöröshagyma estében, vagy bilaterális szimmetriát mutat, mint több egyszikű növény felálló levele. Más leveleknél erősen különbözik a levéllemez színe (adaxiális felszíne) és fonáka (abaxiális felszíne). A lemezeken megkülönböztethetjük a proximális vállali részt, és a disztális csúcsi részt. Jellemezhetjük továbbá alakjával, tagoltságával, szélével, állományával és erezetével. A **levéllemez alakját** tekintve a levelek két csoportba oszthatók. Az egyik

csoportba azok a levelek sorolhatók, amelyek nem tagoltak nagyobb bevágásokkal, ezért általában hasonlíthatók valamilyen geometriai vagy hétköznapi formához. Ezek a tagolatlan levelek.

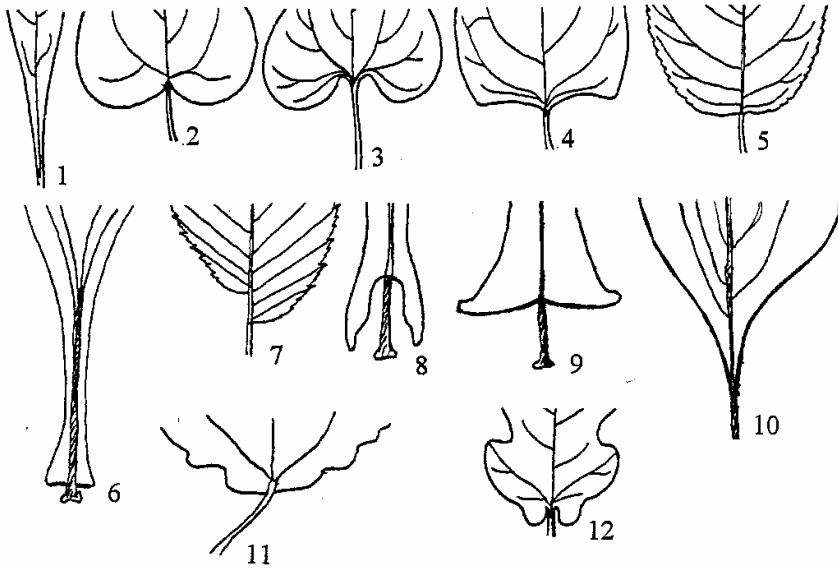
A **tagolatlan levelek** alakváltozatosságát a 28. ábra és a következő felsorolás érzékelteti: kerek, tojásdad, fordított tojásdad, kerületes, hosszúkás, lándzsa alakú, szalag alakú, szálas, vese alakú, szíves, háromszögletű, deltoid, lapát alakú, nyilas, dárdás, ék alakú, kard alakú, sarló alakú pajzs alakú, tű alakú, stb. Néhány forma magyarázatot igényel: A **tojásdad** levél alján a legszélesebb. A fordított tojásdad a csúcán. **Kerületes** az a lemez, amelynek hosszúsága kb. kétszerese a szélességének, és felénél a legszélesebb. Ha több mint kétszer hosszabb a szélességénél, akkor **hosszúkás** a lemez. A **szálas** lemez esetében a keskeny lemez két éle hosszan párhuzamosan fut. A **szalag** alakú lemez ugyanilyen, csak szélesebb. A tagolatlan levelek alakját gyakran a lemez válla, vagy a csúcsa határozza meg. A **lemez válla** lehet szíves, vesés, levágott, nyélbefutó, dárdás, füles, aszimmetrikus stb. (29. ábra). A **levéllemez csúcsa** is kiemelt érdemelhet egy-egy levéllemez leírásánál (27. ábra). Különbséget szoktak tenni a hegyes csúcú és a kihegyezett csúcú levél között. Az előbbi csúcát két egymással hegyesszögben találkozó vonal alkotja, az utóbbinál két homorú ívben találkozó vonal. A csúcs lehet továbbá tompa, benyomott, kicsípött, szálkás, tövises, lekerekített, stb. A levágott csúcú levél csúcsa vízszintes vonallal határolt.



27. ábra. Levélcsúcok: 1-2. hegyes, 3. tompa hegyű, 4-5. kihegyezett, 6. levágott, 7-8. benyomott hegyű, 9-10. lekerekített, 11. csorba, 12. leharapott, 13. visszás szív, 14. szálkás hegyű, 15-16. szúrós, hegyes csúcok



28. ábra. Tagolatlan levelek: 1. kerek, 2. pajzs, 3. vese, 4. szív, 5. visszás szív, 6. elliptikus, 7. hegyes elliptikus v. kerülékes, 8. tojásdad, 9-10. visszás tojásdad, 11. hosszúkás, 12. lándzsás, 13-14. szálas, 15. sarló, 16. kard, 17. csöves, 18. ár, 19. hengeres, 20. tű, 21. háromszög, 22. deltoid, 23. rombos, 24. nyíl, 25. dárda, 26. hegedű, 27. ásó, 28. lapát, 29. legyező, 30. nyelv alakú



29. ábra. A levélváll: 1. ékváll, 2. szíves váll, 3. vesés váll, 4. levágott váll, 5. lekerekített váll, 6. nyélrefutó levél, 7. aszimmetrikus váll, 8. nyilas váll, 9. dárdás váll, 10. nyélbekerülő levél, 11. tompa váll, 12. füles váll

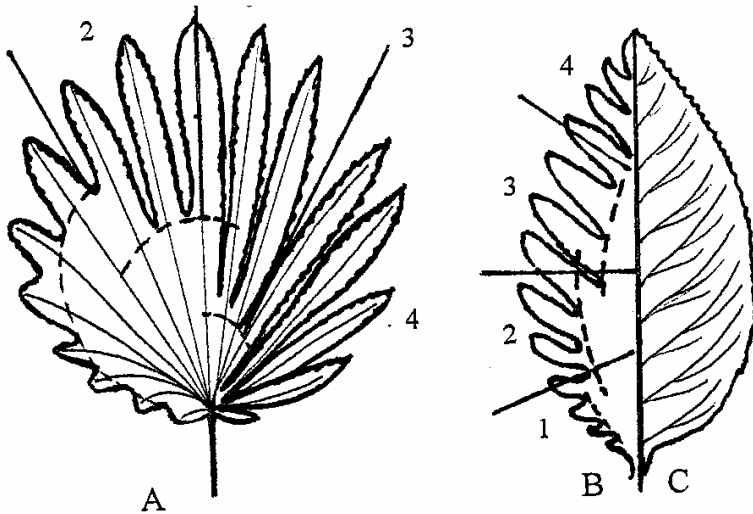
A **tagolt leveleket** nehezen lehet hasonlítani valamilyen jól ismert formához. Másféle rendszert kell kialakítani leírásukhoz. A leírás a levelek erezetének megfelelően történik. Egy tenyeresen erezett levéllemez **tenyeresen** tagolt (30. ábra A). A levéltagok a levélnyel csatlakozási pontja felé irányulnak a másodrendű ereknek megfelelően. A hosszabb mint szélesebb levél, amely általában szárnyasan erezett, a rendszerint jól látható főér mentén kétoldról, **szárnyasan** tagolt (30. ábra B).

Mind a tenyeresen, mind a szárnyasan tagolt levelek lehetnek a tagoltság mértéke szerint **karéjosak, hasadtak, osztottak** és **szeldeltek** (30. ábra). Karéjos a levél, ha a tagoltság nem éri el a fél levéllemez középvonalát. Hasadt, ha eléri, osztott, ha túléri. Szeldelt, ha a tagoltság a főérig hatol. A levéltagok a karéjok, hasítékok, osztatok és szeletek. A levéltagok széle és csúcsa, valamint

a tagolt levél válla is ugyanolyan formákat vehet fel, mint a tagolatlan levelek. A tagoltság lehet többszörös is.

**Kacúros** az a szárnyasan egyenlőtlenül tagolt levél, amelynek levéltagjai hegyesek, gyakran fogas szélűek. Pl. a gyermekláncfű (*Taraxacum officinale*) levelei (31. ábra).

**Lantos** az a szárnyasan egyenlőtlenül tagolt levél, ahol a levéltagok lekerekítettek. Gyakran a levél disztális végén egy nagyobb tagolatlan lekerekített levéltag van, pl. a borbálfű (*Barbarea vulgaris*) levelei (31. ábra).

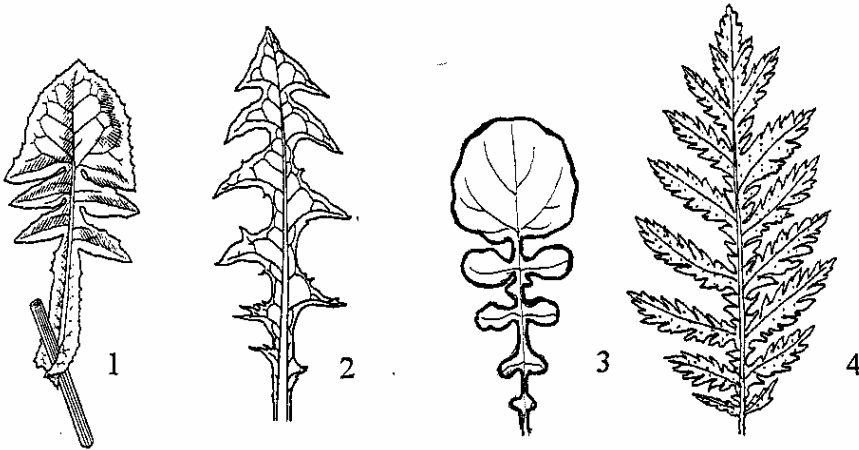


30. ábra. Tenyeresen (A) és szárnyasan (B) tagolt levelek: 1. karéjos, 2. hasadt, 3. osztott, 4. szeldelt. C) kerülékes levél tagolatlan levélfele

**Félbeszeldelt** az a szárnyasan szeldelt levél, amelynek főere mentén kisebb és nagyobb levéltagpárok váltakozva fordulnak elő (31. ábra). (A **félbeszárnyalt** levél az összetett levelek egyik formája, ahol kisebb és nagyobb levélkepek váltakoznak.)

A kocsányos tölgy (*Quercus robur*) levele a fentieknek megfelelően szárnyasan egyenlőtlenül hasadt. A hasítékok épszélűek és lekerekítettek. A levél válla füles. A hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) levéllemeze tenyeresen, ötösen osz-

tott. Az osztatok hegyesek és durván fűrészkes szélűek. A levél válla egyenes (1. sz. melléklet). A levéllemez fenti módon történő megfigyelése a határozókulcsok készítéséhez és használatához elengedhetetlenül szükséges.

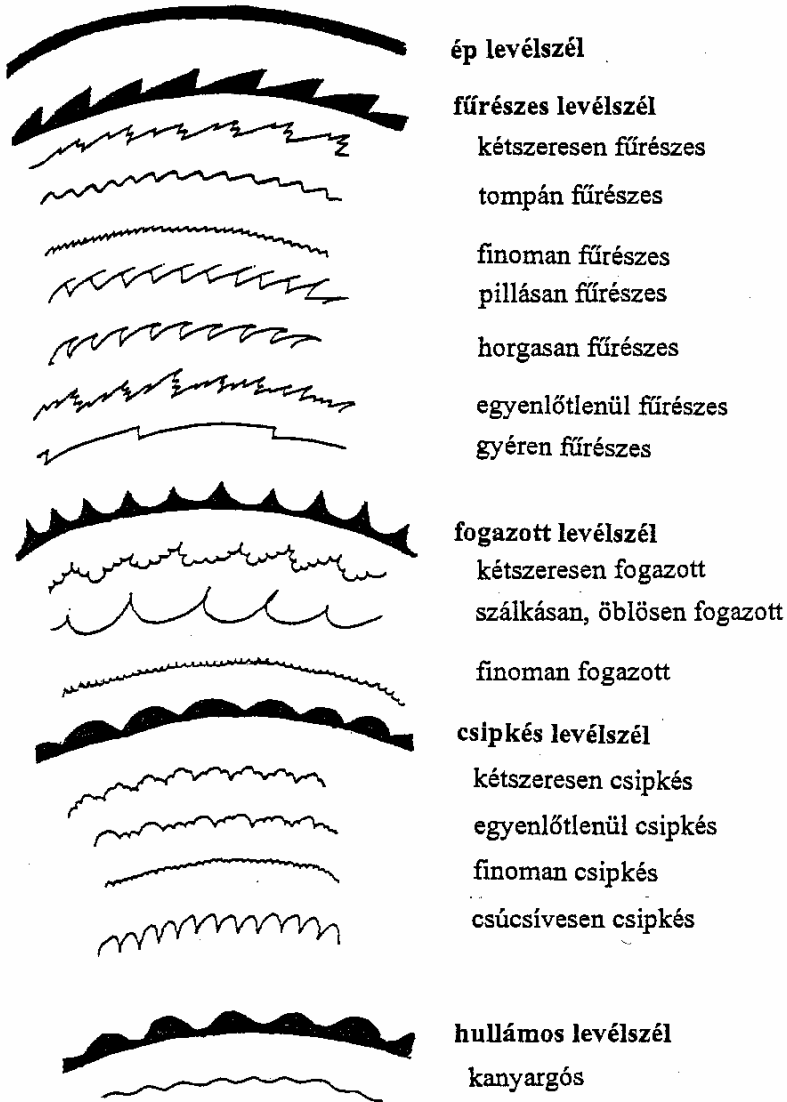


31. ábra. Kacuros (1, 2), lantos (3) és félbeszárnnyalt (4) levél

A **lemezek szélének alakulását** tekintve a legegyszerűbb eset az **ép** levélszél. Nagyon hasonló a **hullámos** szél is. Mindkettőn kifejlődhetnek apró szőrök, mint pl. a bükkfa (*Fagus sylvatica*) pillás szélű levelein. A **begöngyölt** szélű levél általában az abaxiális felület felé göngyölgdik. A további típusoknál a levél szélén bemélyedések és kiemelkedések figyelhetők meg. Ha a bemélyedések hegyesek, a kiemelkedések lekerekítettek, **csipkés** levélszélről beszélünk. Ha a bemélyedések és a kiemelkedések is hegyesek, a levél széle **fűrészkes**. A **fogas** levélszélre a hegyes kiemelkedések és a kerek (íves) bemélyedések jellemzőek. Mindhárom utóbbi típus egy adott levél esetében lehet egyenletes és egyenlőtlen. Lehet egyszeres és többszörös. A fűrészkes és fogas levélszélek kiemelkedései lehetnek szálkások, tüskések, lefelé, vagy gyakrabban felfelé görbülők (32. ábra).

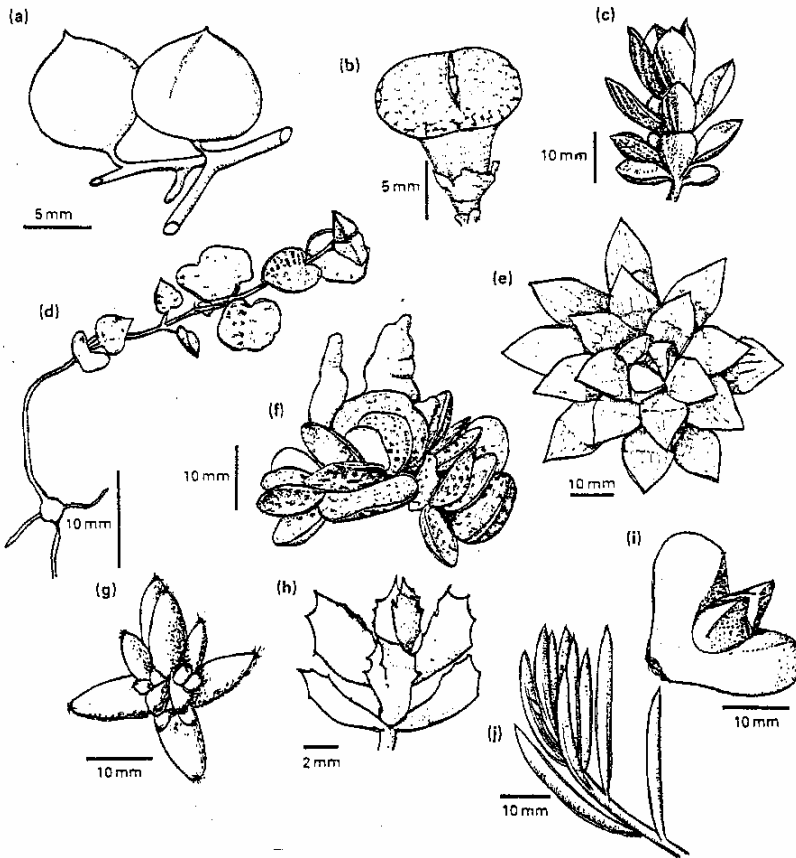
A **levéllemez állománya** és **felszíne**. A legtöbb növény levele **dudvanemű**. Könnyen veszítenek vizet, könnyen összeesnek vízhiány esetén. A sok szilárdító szövetet tartalmazó levelek általában merevebbek, pl. a száraz termőhelyen élő pázsitfűvek levelei.

A **lemez felszíne** is nagyon sokféle a bőrszöveti függelékeknek megfelelően. A serteszőröktől érdes és szúrós lehet. A fedőszőröktől puha, papilláktól pedig bársonyos tapintású. Mirigyszőrök ragacssá és illatossá tehetik a felületet.



32. ábra. A levél szélének lehetséges típusai

Megkülönböztetünk nagy tömegű víztartó szövetet tartalmazó ún. **pozsgás** vagy **szukkulens** (33. ábra) leveleket. A bablevelű varjúháj (*Sedum maximum*) levele a **vastag** levél kategóriájába esik. A **bőrnemű** levél szintén tartalmaz vízraktározó szövetet, és a bőrszövet kutikula rétege igen vastag, gyakran viasszal borított. Gyakoriak száraz klímában, és nagy sótartalmú talajokon. **Emergenciák**, vagyis bőrszövet alatti szöveteket is tartalmazó kinövések (tüskék, csalánszőrök, mirigyemergenciák, nektáriumok, szemölcsök stb.) is lehetnek rajta kiválasztó vagy védő funkcióval.

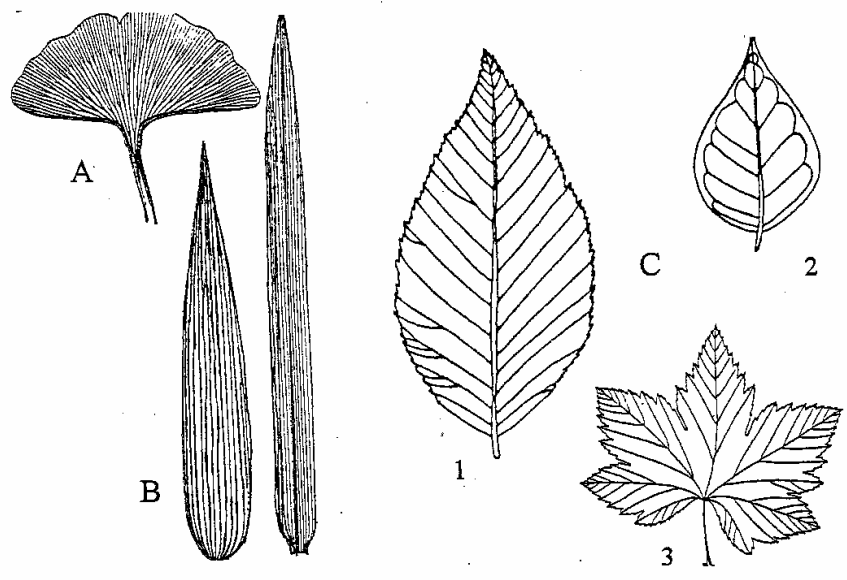


33. ábra. Szukkulens levelek. a) *Senecio rowleyanus*, b) *Conophytum mundum* levélpár, c) *Coleus caerulescens* hajtásvég, d) *Ceropegia woodii*, e) *Haworthia turgida* f) *Adromischus trigynus* levélrozetta, g) *Trichodiadema densum* levélrozetta, h) *Oscularia deltoides*, i) *Cheridopsis pillansii*, j) *Othonna carnosa* hajtásvég. (Bell nyomán)

**A levéllemez erezete (nerváció)** (34. ábra). A leveleket behálózó erek edénnyalábok, vagyis az erezet a levél szállítószövet rendszere. Az erek többségéhez, különösen a vastagabbakhoz szilárdítószövet is kapcsolódik, tehát az anyagszállítás mellett az ereknek fontos szerepe van a levéllemez tartásában és kifeszülésében

**Villás vagy dichotomikus erezet** a páfrányok és a nyitvatermők körében gyakori. A zárvatermőknél ősi rokonsági kapcsolatot jelez. Nincs főér, a levélnyélből belépő erek többszörös elágazásokkal egyenlő értékű villaágakra oszlanak. Ilyen pl. a páfrányfenyő (*Ginkgo sp.*) levelének erezete.

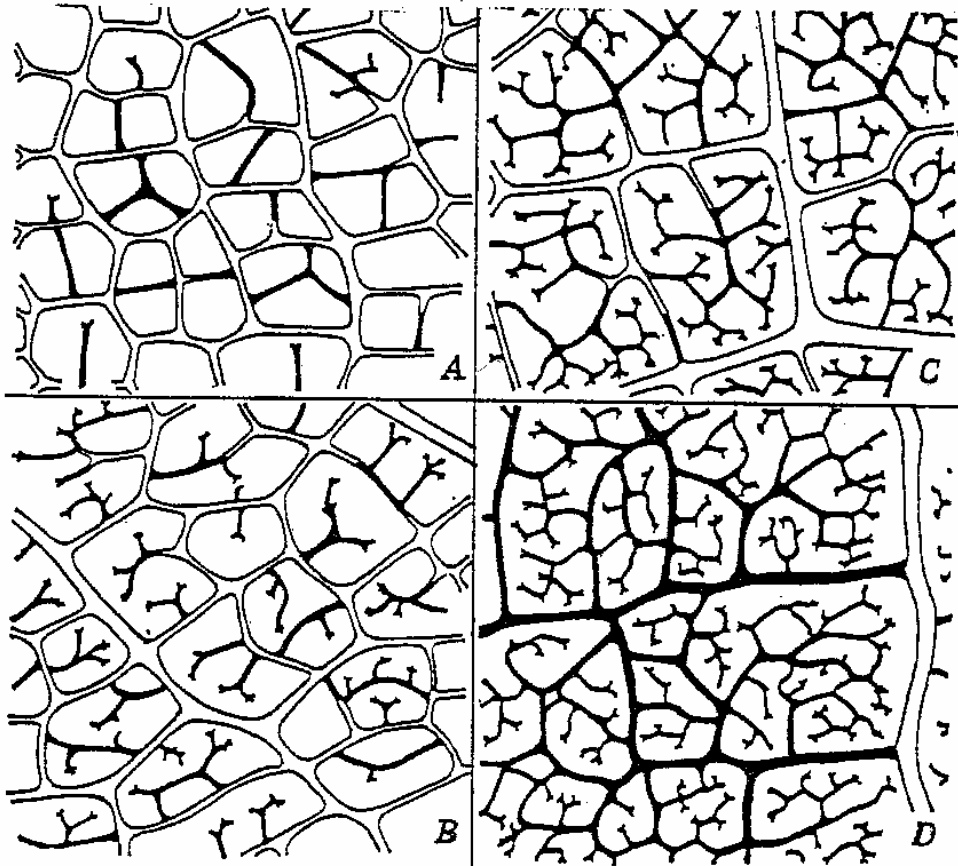
**Közalapos vagy monopodiális erezete** (főeres érrendszere) van a zárvatermő kétszikűek többségének. A levéllemez **főeréből** másod, harmad stb. rendű oldalerek ágaznak ki. A **szárnyasan erezett** levél főere a válltól a csúcsig húzódik, oldalelágazásokkal. A **tenyeresen erezett** levél főérének alapi részéből sugárirányba vagy ívesen futnak a másodrendű erek.



34. ábra. A levelek erezete: A) dichotomikus erezet, B) párhuzamos erezet, C) monopodiális erezet: 1. szárnyasan erezett kraszpedodrom levél, 2. szárnyasan erezett brochidodrom levél, 3. tenyeresen erezett kraszpedodrom levél. (Kerner, Bell és Hickey nyomán)

**Párhuzamos erezete** van a zárwatermő egyszikűeknek. A széles levélalaplól több egyenrangú ér lép a lemezbe. A középső vastagabb erezet itt **középernek** nevezzük.

Az erezet jellegét meghatározó vastagabb erek között számos igen vékony ér teremt összefüggő érhálózatot. A jól fejlett hálózatban a kisebb erek egyesülnek egymással, **érszigeteket** zárnak közre (35. ábra).



35. ábra. Areólák kinagyított levélfelületeken. A) *Tilia americana*, B) *Quercus macrocarpa*, C) *Morus alba*, D) *Ricinus communis*. (Wylie nyomán)

Az **érszigetek (areolák)** típusa, vagyis hogy bennük hogyan végződik a legvékonyabb szállítóyaláb, jellemző a levelekre. A közalapos erezetet szokás hálózatosnak is nevezni, mivel a dichotómikus és a párhuzamos erezetű levelekhez képest a vékony érhálózat itt fejlettebb. Ha a másodrendű levelekre va-  
kon végződnek a levél fűrész- vagy fogas szélének hegyeiben, **kraspedodrom** levélerezetről beszélünk (a gyertyán - *Carpinus betulus* levele). Ha a levelek egymásba kapcsolódnak a levél periferiáján, **brochidodrom** levelekről beszélünk. Megfigyelések szerint az utóbbi levéltípus nedvesebb, párasabb klímában élő növényeknél gyakoribb (34. ábra).

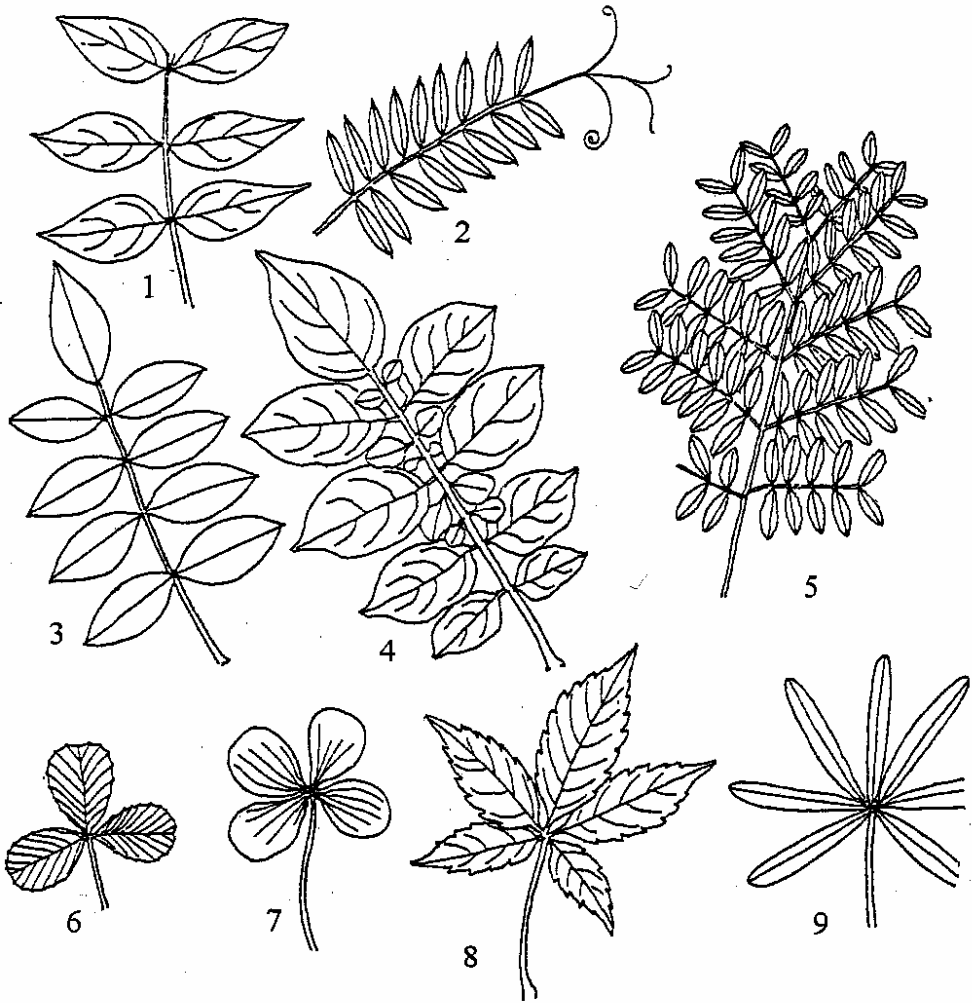
#### 3.4.4. Összetett levelek

Az összetett levelek ugyanúgy levélprimordriumokból fejlődnek, mint az egyszerű levelek. Ezért elhatárolásuk a rügyekből kibomló hajtásoktól sokkal egyszerűbb, mint a szeldelt levelektől. Általában azokat a leveleket tekintjük összetetteknek, amelyek gerincéről a levélkék könnyen leválaszthatóak, a levélkéknek rövid nyelei is vannak, szemben a levélszeletekkel.

Az összetett levelek lehetnek szárnyasan és tenyeresen összetettek (36. ábra).

A **szárnyas összetétel** esetében a hosszú levélgerinc két oldalához nyéllel vagy alig észlelhető nyéllel kapcsolódnak a levélkék. A levélgerinc tovább is ágazhat, ilyenkor kétszeresen vagy többszörösen összetett levelek jönnek létre. A fő vagy oldalgerinceken elhelyezkedő levélkék számától függően az összetétel lehet páros és páratlan. Páratlanul szárnyalt (másképpen páratlanul szárnyasan összetett) levele van a fehér akácnak (*Robinia pseudo-acacia*), kétszeresen párosan szárnyalt a lepényfa (*Gleditsia triacanthos*) levele.

A **tenyeresen összetett** levelek levélkéi a levélgerincen egymás közvetlen közelében erednek, ujjszerűen. Az egyes leveleket a levélkék számával jellemezzük. Hetesen tenyeresen összetett levele van pl. a vadgesztenyének (*Aesculus hippocastanum*).



36. ábra. Összetett levelek: 1-2. párosan szárnyasan összetett, 3. páratlanul szárnyasan összetett, 4. félbeszárnyalt, 5. párosan kétszeresen összetett, 6-9. tenyeresen összetett levelek - hármasan, négyesen ötösen, hetesen. (Priszter nyomán)

### 3.4.5. Levélmódosulások

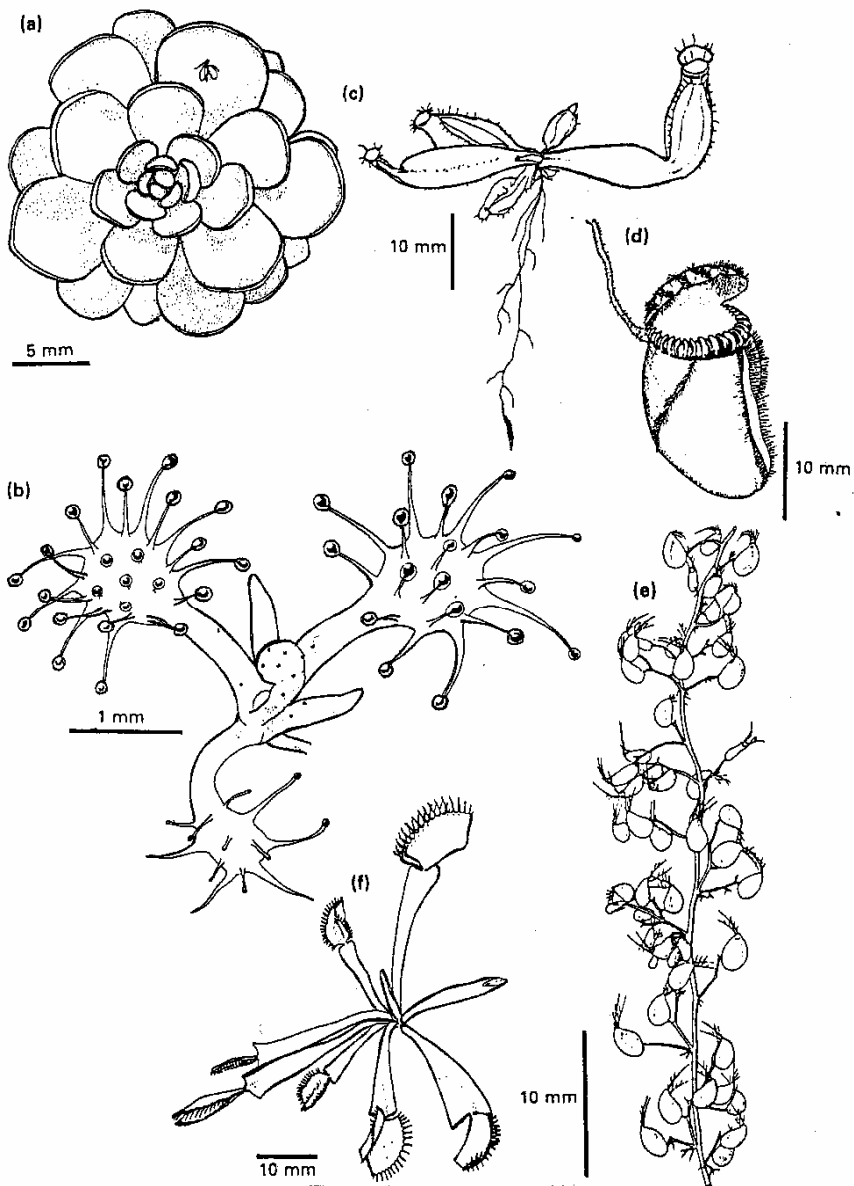
**Levélkacs.** A kapaszkodó növényeknél gyakran az egész levél, vagy valamely része kapaszkodásra alkalmas kaccsá módosul. Így kúsznak más növényekre, vagy más szilárd támasztékra. Kacs fejlődhet a levelek végén, összetett levél esetében a levélgerinc folytatásaként, vagy az egyes levélkéék helyett is. Az iszagalag fajok (*Clematis spp.*) tekeredő levélgerincükkel kapaszkodnak. Egy lednek faj (*Lathyrus aphaca*) pálhalevelei asszimilálnak, a levéllemez pedig egészében kaccsá fejlődik (38. ábra).

**Levéltövis.** Az egész levél vagy egy része különböző mértékben fásodó tövissé módosulhat. A levél eredet megállapítható a hónaljban fejlődő oldalág vagy rügy jelenlétéből (pl. a sóskaborbolya - *Berberis vulgaris* hajtásán, 38. ábra). A pálhahelyzetű tövisek a pálhatövisek (*Robinia pseudo-acacia*), amelyek mint már említettük levélalap függelékek (25. ábra).

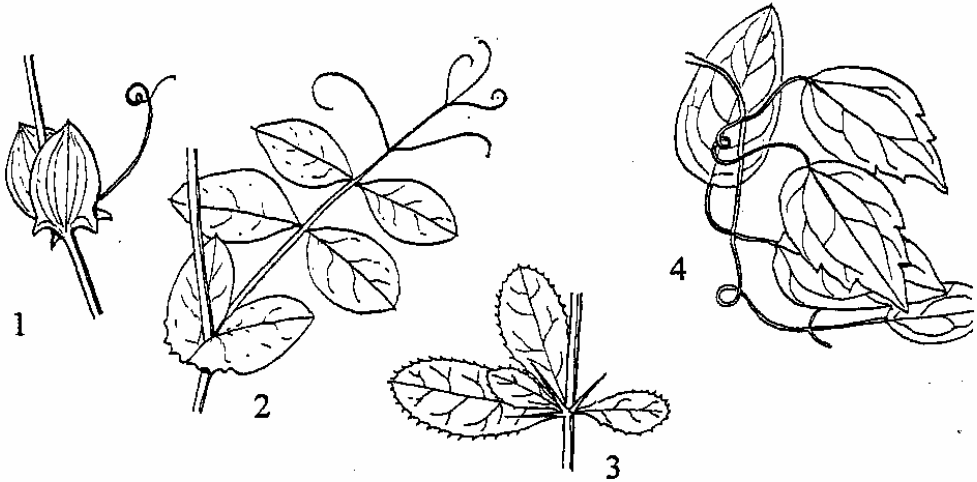
**Rovarsapdák.** Néhány növény családban a levelek rovarfogásra módosultak. A levél csapdába ejti a rovar, megemészt, majd táplálékként felhasználja. Két típust lehet elkülöníteni: a ragadós levelek tentákulumokkal vagy anélkül összehajolva ejtik csapdába a rovart pl. a Vénusz légycsapója (*Dionaea sp.*) és a harmatfüvek (*Drosera spp.*). A másik típusnál a levél egy konténert (aszcidiumot) képez, amelybe a rovar beleesik pl. a kancsókák (*Nepenthes spp.*) és a rence (*Utricularia spp.*) fajok esetében. Az ide sorolható növények különböző módon akadályozzák meg a rovar elmenekülését. Csúszós viaszos torokkal, fedéllel, vagy ragacsos váladékkal. Általában nitrogénben szegény, lápi talajokon élnek (37. ábra).

**Redukált levelek.** Bizonyos körülmények között a levelek fölöslegessé válhatnak. Szárazságtűrő növényeknél, a törzsszukkulenseknél teljes mértékben redukálódhatnak. A heterotróf módon táplálkozóak között pl. a parazita aranka fajokon (*Cuscuta spp.*) egyáltalán nem fejlődnek levelek, a szaprofitonokon pedig pikkelyszerű levelek találhatók. Egyes trópusi *Rafflesia* fajok egész teste gombamicélium szerű testté redukálódik, a növény jelenlétéről csak a gazdanövényen megjelenő virág árulkodik. A békalencsék (*Lemna* fajok) hajtása is lapos, levél nélküli telepszerű testté redukálódott.

**Raktározó levelek.** A lomblevelek ritkán raktároznak. A raktározó szövet a sziklevelekben és az allevelekben gyak



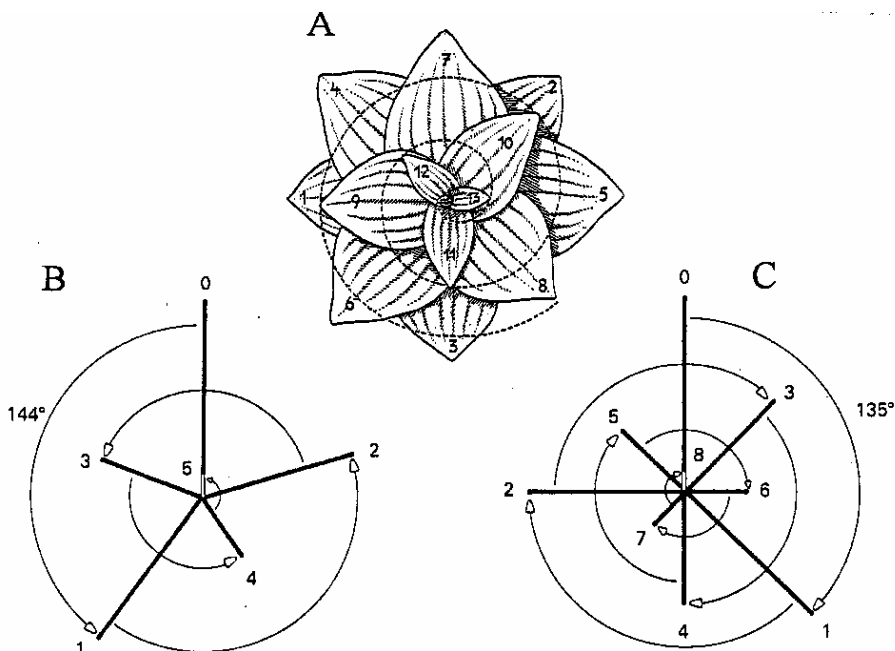
37. ábra. Rovarfogásra módosult levelek: a) *Pinguicula lanii* levélrozettája, b) *Drosera capensis* csíranövény, c) *Nepenthes khasiana* csíranövény, d) *Cephalotus follicularis* egy levele, e) *Utricularia minor* hajtásrészlete rovarfogó tömlőkkel, f) *Dionea muscipula* fiatal növényke. (Bell nyomán)



38. ábra. Levélmódosulások: 1. kacsá módosult levél, 2. kacsban végződő levélgerinc, 3. levéltövis, 4. a levélgerinc csavarodva kapaszkodik. (Priszter nyomán)

### 3.5. A levelek elrendeződése a száron

A **fillotaxis** a levelek elhelyezkedésének módját jelenti a száron. A fillotaxissal a növény a legkedvezőbb fényhez jutást teremti meg, továbbá a levelek hónaljában megjelenő rügyek révén meghatározza a további hajtások helyzetét a hajtásrendszerben. Az egyszikűeknél egy levél ered egy nódusból, bár gyakran a hosszú és a rövid internódiumok váltakozása elfedi ezt a rendet. A kétszikűeknél egy vagy több levél is megjelenhet egy nóduson. A csomókhöz kötődő levélszám mellett az egymást követő levelek helyzete (39. ábra) és a hajtásdiagramban az általuk bezárt szög (a divergenciaszög) nagysága is jellemző.



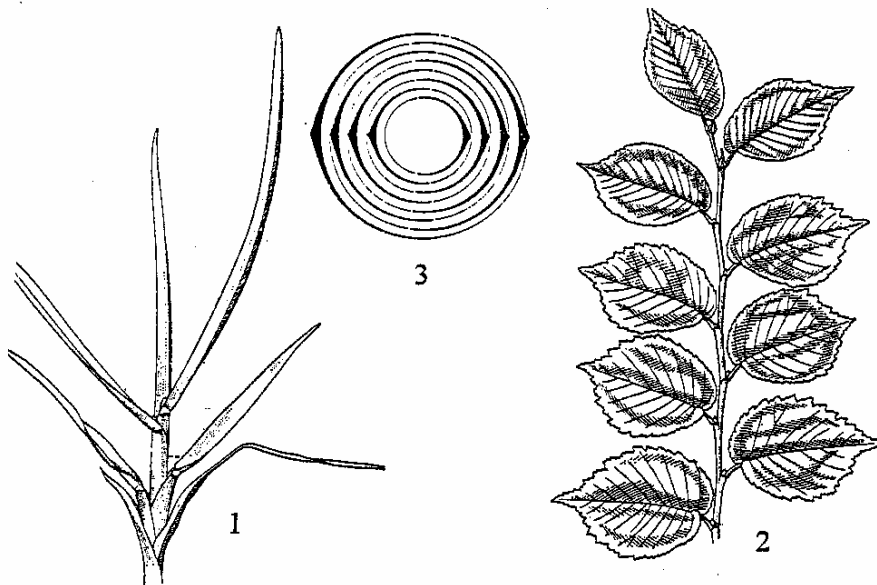
39. ábra. A) *Plantago media* fillotaxisa, spirális levélállás, rozetta felülnézetben, B),C) divergenciaszögek szemléltetése spirális levélállásoknál. (Bell és Troll nyomán)

### A fillotaxis terminológiája

#### Egy nóduszon egy levél fejlődik:

**Egy levélsoros (monosztichonos)** hajtás: Minden levél a szár egy oldalán fejlődik, tehát egy sorban. Nagyon ritka. Gyakran a szár csavart növekedésével párosul a jelenség, így a levelek elrendeződése spirálisnak tűnik. Az utóbbi a spiro-monosztichonos fillotaxis.

**Két levélsoros (disztichonos)** hajtás: Felülről tekintve a hajtást, két sorba rendezettek a levelek,  $180^\circ$ -os divergencia szöggel (40. ábra). Jellemző pl. a pázsitfűfélék családjára.



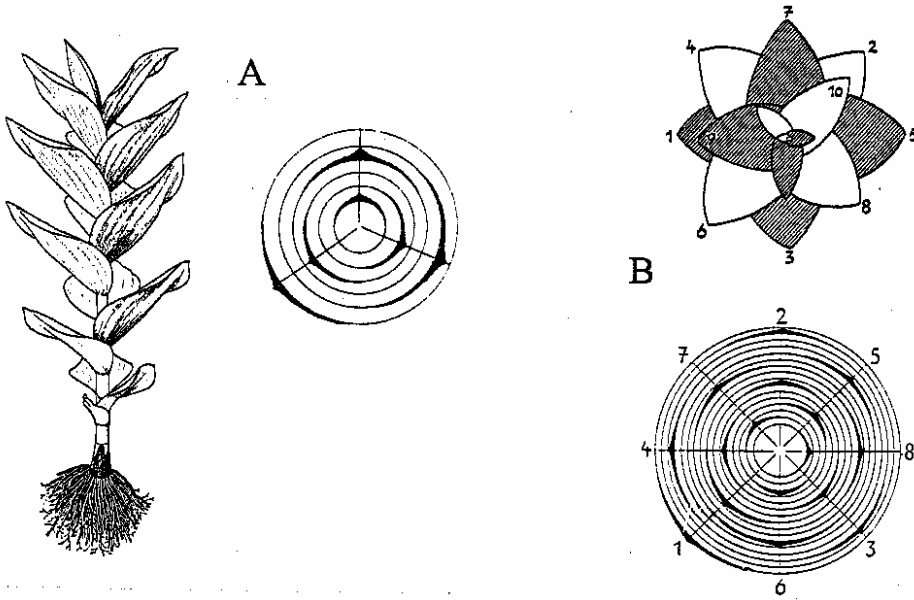
40. ábra. Disztichonos hajtások. 1. *Dactylis glomerata*, 2. *Ulmus effusa*, 3. hajtásdiagramjuk. (Troll nyomán)

**Három levélsoros (trisztichonos)** hajtás: A levelek három sorban találhatók a hajtáson (41. ábra A).  $120^\circ$ -os divergenciaszög jellemző. A sásfélék családjában tipikus.

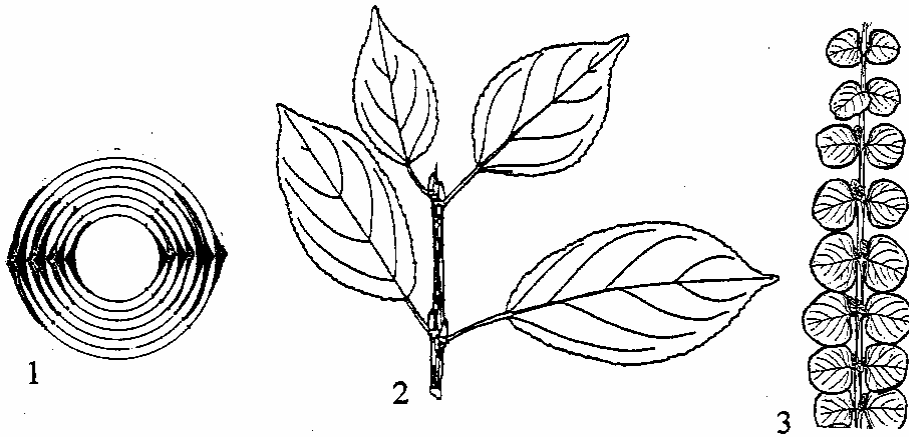
**Spirális a levélállás**, ha háromnál több sort alkotnak a levelek a hajtáson (41. ábra B). A divergenciaszög a sorok számának megfelelően alakul.

**Egy náduszon két levél fejlődik:**

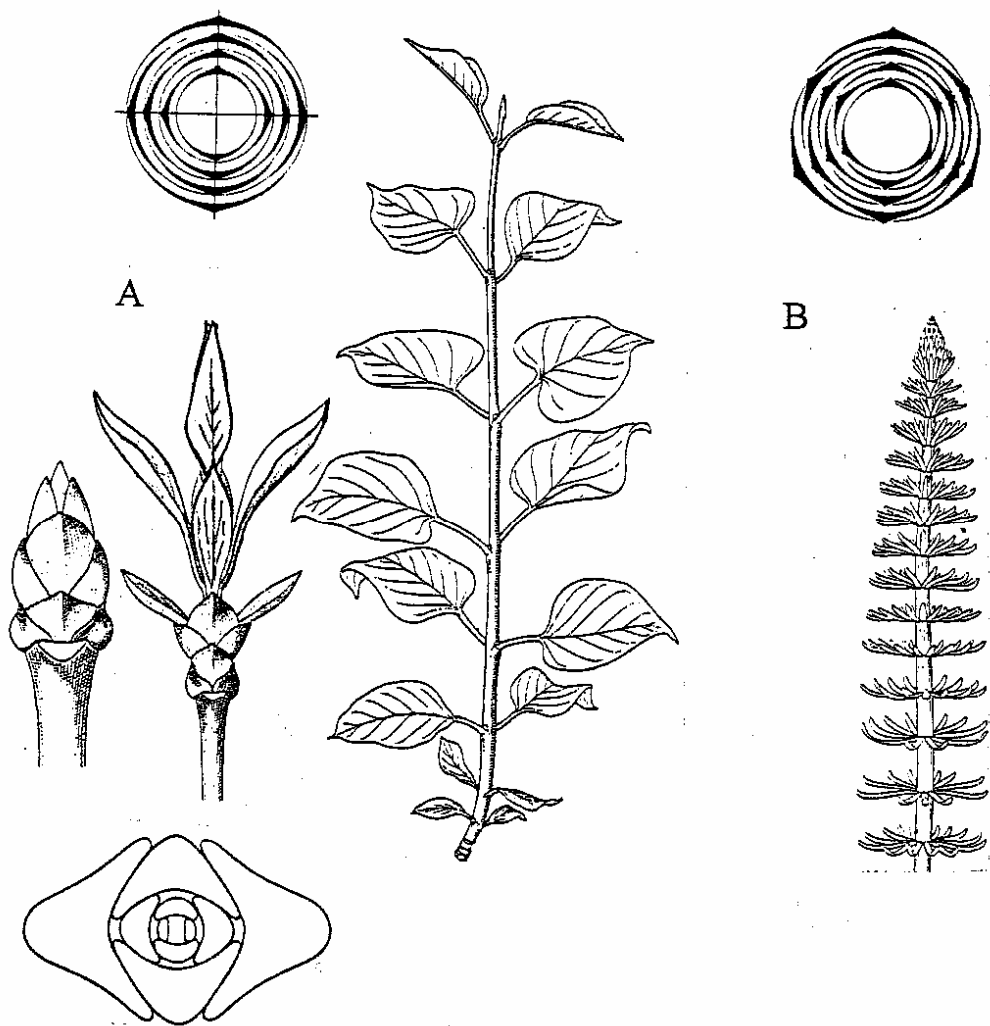
**Átellenes levélállás** (42. ábra). A hajtást felülnézetben vizsgálva a levelek két sort alkotnak ( $180^\circ$  fokos divergenciaszöggel). Ha az egymást követő levélpárok  $90^\circ$  fokban hajlanak el egymástól, az átellenes levelek négy sort képeznek felülről nézve, a levélállás **keresztben átellenes** (dekuszált levélállás, 43. ábra A).



41. ábra. A) Trisztichonos hajtás - *Veratrum album*, B) spirális levélállású hajtás - *Plantago media*. (Troll nyomán)



42. ábra. Átellenes fillotaxis: 1. hajtásdiagram, 2. kutyabenge (*Rhamnus catharticus*) hajtása, 3. pénzlevelű lizinka (*Lysimachia nummularia*) hajtása. (Troll és Bartha nyomán)



43. ábra. A) Az orgona (*Syringa vulgaris*) keresztben átellenes fillotaxisa, B) vizilófark (*Hippuris vulgaris*) örvös levélállása. (Troll nyomán)

**Egy náduszon három vagy több levél nő:**

**Örvös levélállás** (43. ábra B). Jellemző számú, vagy változó számú levelet fejleszt a növény egy csomóban. Levélsorok nem mindig ismerhetők fel. Álör-

vös a levélállás, ha a levélcsoportosulás összetolódott rövidszártagokon fejlődő levelek következtében jön létre.

Szokás a náduszonként egy levelet fejlesztő növények fillotaxisát tört számokkal jellemezni. A törtszám számlálója azt jelzi, hogy hányszor kell körbefordulnunk a száron, hogy a kiindulási levéllel fedőhelyzetben lévő levélhez jussunk. A nevezőben lévő szám pedig azt, hogy közben hány levelet érintettünk. Ha a  $360^\circ$ -ot megszorozzuk a számlálóval és osztjuk a nevező számértékével, akkor a divergenciaszöget kapjuk meg. A leggyakoribb levélállások az  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $3/8$ ,  $5/13$ . Ebben az ún. Fibonacci-féle számsorban minden törtszám az előző két törtszám számlálójának és nevezőjének az összege. A valóságban a levelek helyzete nem igazítható mereven a törtszámokhoz. A legkülönféle elhajlások, előfordulások jelentkezhetnek egy adott hajtáson.

### 3.6. A növények csoportosítása hajtásrendszerük alapján

A rügyecskéből kialakuló hajtást főhajtásnak nevezzük. Ha a főhajtás megtartja vezető szerepét, a legerőteljesebb hajtás marad, és különböző magasságokban oldalhajtásokat képez, akkor **főszáras hajtásrendszer**ről beszélünk. Más esetekben a rügyecskéből fejlődő hajtás csak a gyökfő körül fejleszt oldalhajtásokat (hipokotilból, mezokotilból, epikotilból vagy az alsó szárcsomókból). A főhajtás ez esetben vagy megmarad, vagy elpusztul. Az oldalhajtások megközelítően azonos fejlettségűek lesznek. Ez a hajtásrendszer a **mellékszáras hajtásrendszer**. A mellékszárakat fejlesztő növények bokros növekedésűek. Pl. a pázsitfűvek jelentős része mellékszárakat fejleszt. Mind a fő- mind a mellékszáras hajtásrendszer lehet lágyszárú (át nem telelő) és fás szárú (áttelelő).

Lágyszárúak:

**Dudvaszárúak.** Hosszú szártagú, zöld, legfeljebb aljukon fásodó szárból épülnek fel. A száron a csomók általában nem duzzadtak feltűnően. Az internódiumok lehetnek tömöttek, vagy üregesek. Jellemző elágazású, változatos hajtásrendszerek figyelhetők meg az egyes fajoknál, egyedeknél. A legtöbb lágyszárú növény dudvaszárú (44. ábra).



44. ábra. Dudvaszár: salátaboglárka - *Ficaria verna*. (Hron nyomán)

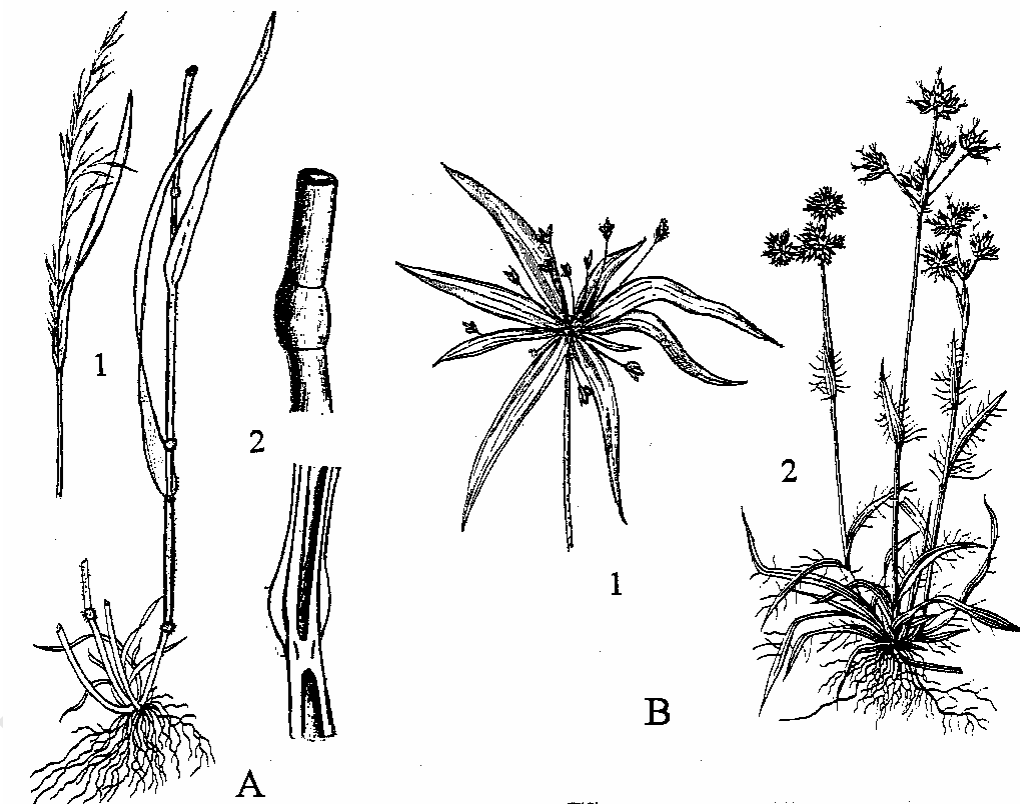
**Tőlevélrózsás növények.** Ritkán elágazó, rövidszártagú szárak van. A levelek sűrűn egymás fölött levélrózsát alkotnak. A legtöbb tőlevélrózsás növény csúcsrügye virágzáskor újra aktivizálódik, és a levélrózsa fölött egy hosszú, leveles tőszár vagy levéltelen tőkocsány fejlődik, amely a generatív hajtást hordozza. Tőszára fejlődik a kövirózsáknak (*Sempervivum* fajok), tőkocsánya fejlődik a kankalinoknak (*Primula* fajok), a ciklámennek (*Cyclamen europeus*). A tőkocsányon egyes fajoknál fellevelek figyelhetők meg, pl. a kökörcsinek (*Pulsatilla* fajok) gallérlevelei. Sok kétéves faj tőlevélrózsás, és a második évben fejleszti ki tőszáron vagy tőkocsányon a virágát vagy a virágzatát. A módosult földalatti szárakkal rendelkező fajok gyakran tőlevélrózsásak (45. ábra).



45. ábra. Tőlevélrózsás növények: 1. kövér daravirág (*Draba lasiocarpa*) tőlevélrózsája tőkocsánnyal, 2. hóvirág (*Galanthus nivalis*) tőlevelei tőkocsánnyal, 3. szártalan bábakalács (*Carduus acaulis*) tőlevélrózsája fészekvirágzattal, 4. árnika (*Arnica montana*) tőlevélrózsája és leveles tőszára, 5. közönséges oroszlánfog (*Leontodon hispidus*) levélrózsája virágzatot tartó tőkocsánnyal. (Csapody, Kárpáti és Hron nyomán)

**Szalmaszárúak.** El nem ágazó szárú, a szár csúcsán virágzatot viselő növények. A szár hosszúszártagú, erős csomókkal tagolt, általában egy évig élő. Az internódiumok üregek, a csomók tömöttek. Általában hengerek, vagy árkoltak. A növekedésében elsőrangú szerepe van az interkaláris merisztémáknak (46. ábra). A csomókból eredő levelek levélhüvelyei nagyobb részben befedik a szártagokat. A pázsitfűvek jellegzetes szártípusa. A fásodott, igen kemény, vastagabb, akár több évig élő szalmaszárúakat nádszárúak nevezik (nád és a bambuszok).

**Palkaszárúak.** Olyan el nem ágazó lágyszárú növények, amelyeknél a szár proximális részén rövidszártagú, de a virágzat fejlődésekor mindig kialakul egy hosszú szártag is (pl. kákák - *Schoenoplectus* fajok). Ritkábban a szár a disztális végén rövidszártagú, pl. a vízipálma (*Cyperus alternifolius*) esetében. A megnyúlt szártag hengeres vagy háromszögletű. Laza, puha, nagy levegőjáratokkal jellemezhető belső parenchimatikus szövete van (46. ábra).



46. ábra. A) Szalmaszár: 1. aranyzab (*Trisetum flavescens*), 2. csomó a szalmaszáron, és hosszmetzete. B) Palkaszárak: 1. vízipálma (*Cyperus alternifolius*) "megemelt" levélrózsája virágzatokkal, 2. mezei perjeszittyó (*Luzula campestris*) palkaszára. (Hron nyomán)

Fásszárúak:

**Félcserjék.** A talajfelszínhez közeli fás, rövidszártagú szárrészek (a cserjetalp) áttelelnek. Ezen fejlődnek a télre leszáradó, hosszúsártagú hajtások. Gyakran félgömb formát vesznek fel közvetlenül a talaj fölött. A mediterrán éghajlatra jellemző szártípus (kakukkfüvek, levendulák, rekettyék).

**Cserjék.** Elfásodott, másodlagosan vastagodott szárrendszerük van. Közvetlenül a talaj fölött általában többszörösen elágaznak, több tengelyű, mellékszáras hajtásrendszert fejlesztenek. A rügyekből fejlődő adott évi hajtások szára is áttelel, és a következő évtől évgyűrűkkel vastagszik. A környezeti tényezőktől függően több fafaj fiatalon cserjeformájú, ha a növekedése gátolt, cserje is marad. Más fajok fává fejlődését genetikai tényezők gátolják.

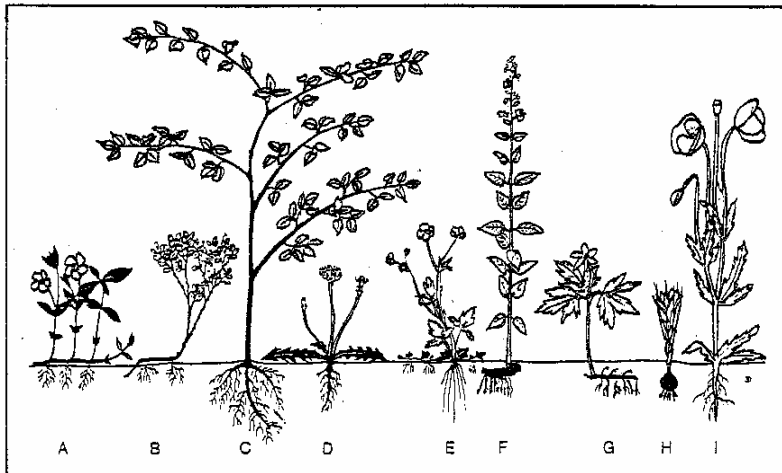
**Fák.** Kifejlett vázrendszerüket egy földfeletti erőteljes tengely, a törzs jellemzi. A törzs tartja a koronát. A korona alapján két típus figyelhető meg: A levélkoszorús vagy **üstökös fák** tengelye a pálmatorzs, ami disztális végén is ágatlan. A törzset a leszáradt levelek alapjai fedik. Csúcsán egyetlen vastag rügy található, amely a levélkoszorút fejleszti. A trópusi klímában elterjedt szártípus. A **lombkoronás fákra** az évgyűrűs szerkezetű fatörzs jellemző. Rajta a különböző korú másodlagosan vastagodott tengelyekből felépülő korona, amelyen a lombozatot adó hajtások fejlődnek az előző évi száruk oldal és hónaljryügeiből. A fatörzs hossza és vastagsága fafajra jellemzően igen különböző lehet, ahogy a lombozat szerkezete, alakja is. További csoportosításukról az erdészeti és kertészeti szakirodalmakban lehet olvasni.

### 3.7. Életformák

A fenti csoportok megfeleltethetők egy-egy életforma típussal is. Az életformák azonban még tovább kategorizálják a növényeket, aszerint, hogy az életciklusuk hogyan alkalmazkodott a környezethez, ahol az adott faj kialakult és elterjedt. Jellemzik a faj habitusát, pontosabban alkalmazkodási stratégiáját. Életformacsoportok létrehozásával több szerző próbálkozott, közülük Raunkiaer rendszere a legismertebb, amely elsődlegesen a növények élettartamára és a megújító

rügyek helyzetére alapozott. Zárójelben a típusra általánosan használt rövidítés szerepel (47. ábra).

**Terofitonok (Th).** Egyévesek. A növény életciklusában a magképzésig tartó szakasz egy éven belül lezajlik, a magszórás után a magot termelő test elpusztul. A szaporodáshoz nem szükséges erősebb szövetrendszer. Több terofiton egy vegetációs perióduson belül több generációval is rendelkezik. A téli egyéveseknél ősszel áttelelésre alkalmas hajtás fejlődik. A legtöbb gyomnövény és a szukcesszió kezdeti fázisainak növényei ebbe a csoportba tartoznak. Dudvaszárúak.



47. ábra. Életformák: A), B) kamefitonok (*Vinca* és *Vaccinium spp.*), C) fanerofiton, D), E) hemikriptofiton (*Taraxacum* és *Ranunculus spp.*), F, G, H) geofitonok (*Lysimachia*, *Anemone*, *Crocus spp.*), I) terofiton (*Papaver rhoeas*). (Walter nyomán)

**Hidrofitonok (H).** Több évig élő vízi növények. A kedvezőtlen időszakot vagy a rizómákon áttelelő rügyekkel, vagy a hajtásrendszerből képződő, attól rendszerint elszakadó vegetatív téli rügyekkel élik túl. Dudvaszárúak.

**Geofitonok (G).** Hagymás, gumós, rizomás növények, több évig élők. Módosult földalatti hajtásokkal telelnek át. Vannak gyökér-geofitonok is, ahol a gyökéren található rügyek biztosítják a több éven át történő fejlődést. Legtöbbjük tölevélrózsás.

**Hemikriptofitonok (H).** Több évig élők. Rügyeik közvetlenül a talaj felszínén az elszáradt levelektől védve telelnek át. Dudvaszárúak pl. a nagy csalán (*Urtica dioica*), ezen belül tölevélrózsásak pl. a gyermekláncfű (*Taraxacum officinale*). A palka és szalmaszárúak (évelő sások és pázsitfűvek) többsége is hemikriptofiton.

**Kamefitonok (Ch)** - Félcserjék. A kritikus periódust a talaj felszíne feletti (20-25 cm-ig) fásodott száruk rügyeivel vészelik át. Sok faj átteleléséhez jó védelmet nyújt a hótakaró.

**Fanerofitonok (Ph).** Az áttelelő rügyek a többéves ágakon vagy a törzs ágrendszerén, magasan a talajfelszín felett találhatók. Az alcsoportok az áttelelő rügyek magassága alapján képződnek. Fák és cserjék tartoznak ebbe a csoportba.

Az életformák ökológiai szerepével, és a csoportokon belüli további felosztásokkal az ökológia keretében fognak részletesebben foglalkozni.

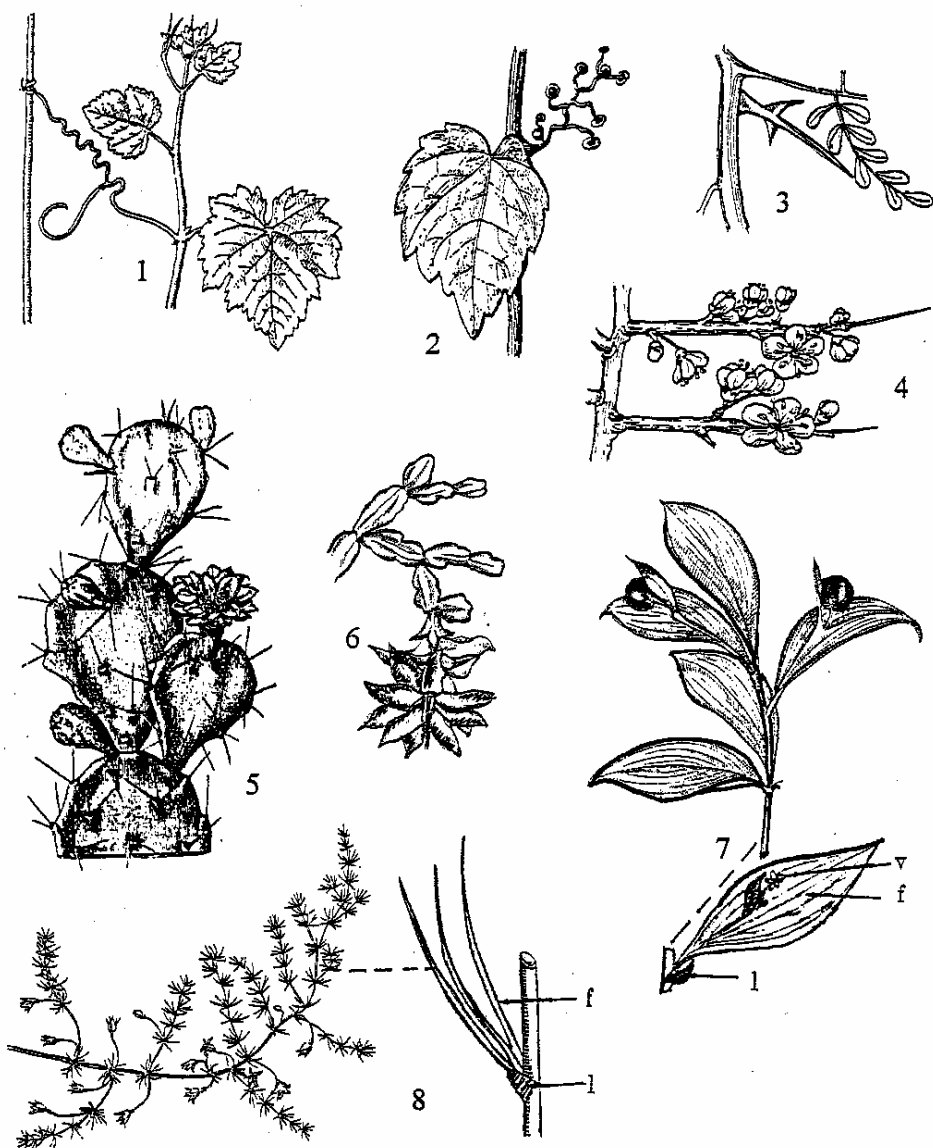
### 3.8. Hajtásmódosulások

A megszokottól eltérő megjelenésű hajtásokra számtalan példát lehet hozni. Az alábbiakban a hazai flórában gyakoribb típusokkal foglalkozunk.

#### 3.8.1. Módosult föld feletti hajtások (48. és 49. ábrák):

**Kacs (cirrus).** Kapaszkodásra szolgáló, vékony, csavarodó hajtásmódosulás. Lehet egyszerű vagy elágazó. Proximálisan levél, vagy levélripacs kíséri. Pl. a szőlő (*Vitis vinifera*), a tök (*Cucurbita pepo*) stb. hajtáskacca.

**Tövis (szpina).** Védőszervvé módosult, kemény, hegyes hajtás. Lehet szártövis (varjútövis - *Rhamnus catharticus*), és oldalhelyezetű ágtövis (kökény - *Prunus spinosa*). Lehet egyszerű és elágazó is (48. ábra 3-4).



48. ábra. Módosult földfeletti hajtások: 1-2. ligeti szőlő (*Vitis sylvestris*) és a japán vadszőlő (*Parthenocissus tricuspidata*) ágkacsai, 3-4. ágtövisek: lepényfa (*Gleditsia triacanthos*) és kökény (*Prunus spinosa*), 5-6. kladódiumok: *Opuntia* sp és *Zygocactus truncatus*, 7-8. fillokládiumok: lónyelvű csodabogyó (*Ruscus hypoglossum*) és a spárga (*Asparagus officinalis*); f fillokládium, l támasztólevél, v, virág. (Kárpáti, Filarszky valamint Scagel és társai nyomán)

**Kladódium.** Levélszerűen ellaposodó, bilaterális szimmetriájú modulokkal korlátlanul növekvő szárrendszer. Asszimiláló lombleveleket nem visel. A fotoszintézis az asszimiláló szövetben gazdag, húsos modulokban megy végbe. A virágok a szárvégeken jelennek meg. Egyes pozsgás fajok hajtásrendszere ilyen (*Opuntia sp.* - medvetalp kaktusz, *Zygocactus sp.* - karácsonyi kaktusz, 48. ábra 5-6).

**Levélszerű szár (fillokládium).** A szár dorziventrális levélformát vesz fel. A levélszerű szár felületén csökevényes, apró levelek fejlődnek. A virágok az apró levelek hónaljában nőnek. Fillokládiuma van a mediterrán elterjedésű, de Dél-Magyarországon is előforduló szúrós csodabogyónak (*Ruscus aculeatus*, 48. ábra 7-8).

**Sarjhagyma (bulbillusz).** Föld feletti hajtásokon a levelek hónaljában vagy virágzatban rügyekből fejlődő apró hagymácskák (hagymás fogasír - *Dentaria bulbifera* hajtásán, valamint a *Saxifraga nivalis* és a gumós perje, *Poa bulbosa* virágzatában). Klonális szaporítószerv (49. ábra A-B és a 10. ábra).

**Sarjgumó (tuberulum).** Föld feletti szárazon a levelek hónaljában lévő rügyekből alakulnak a rügytengely elhúsosodásával (salátaboglárka - *Ficaria verna*). A klonális szaporodást szolgálják (49. ábra C-D).

**Inda (szarmentum).** A földfeletti hajtás erősen megnyúlt internódiumai végén tölevélrózsák képződnek. A levélcsozor legyökerezhet, és elszakadva az anyanövénytől klonálisan szaporít. Pl. az erdei szamóca (*Fragaria vesca*) indái (49. ábra E).

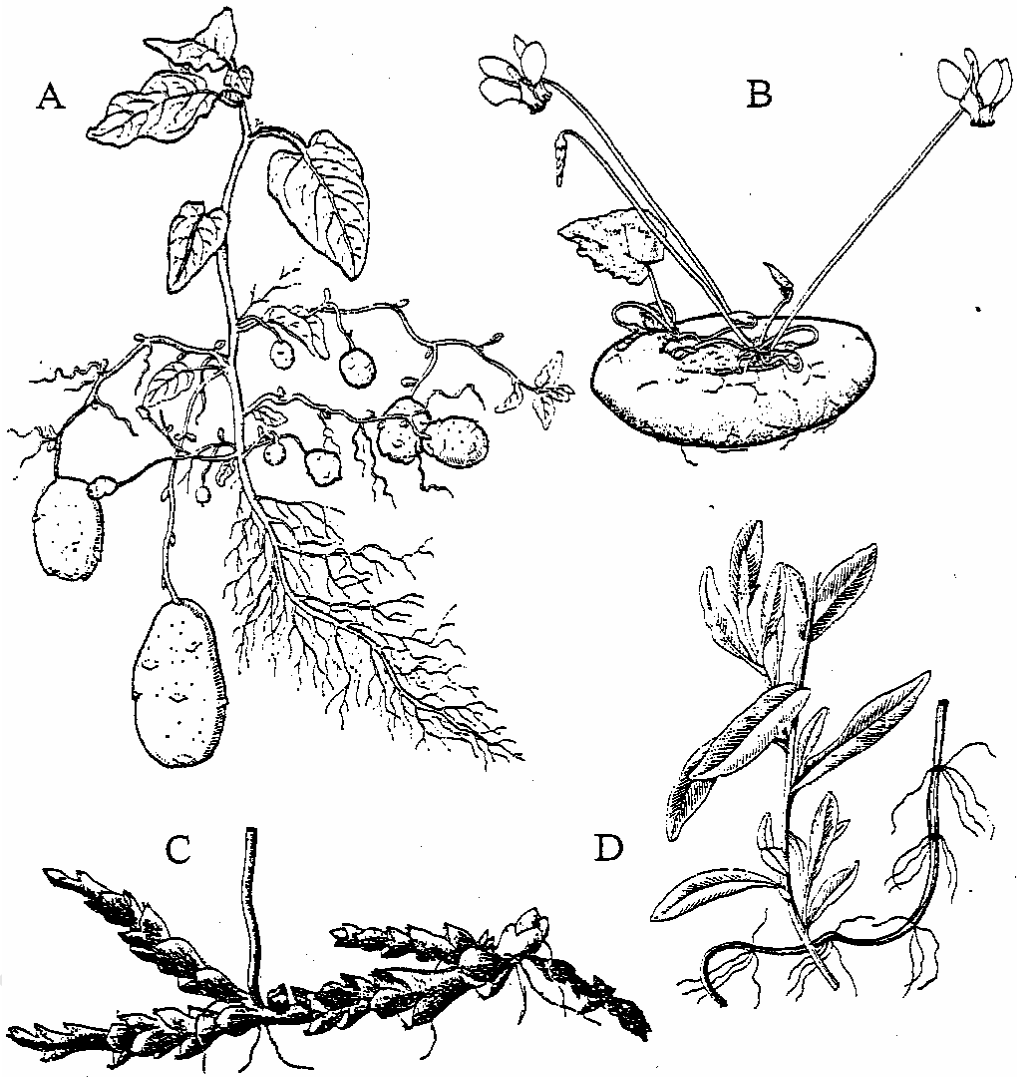
### 3.8.2. Módosult földbeni hajtások (50. 51. és 52. ábrák):

A földbeni módosult hajtások általában a szaporodás és raktározás mellett a kitartást, a növény áttelelését is szolgálják a hazai klímában.

**Gumó (tuber).** Föld alatt megvastagodott, rövidszártagú szárrészlet pikkelylevelekkel és rügyekkel. A földalatti oldalágak (tarackok) helyi megvastagodásai az ággumók (burgonya - *Solanum tuberosum*). A ciklámen (*Cyclamen europeum*) szárgumója részben a föld felett helyezkedik el, proximális része egy szártag vastagodása, disztális részén hozza létre a tölevélrózsát, majd tőkoscsányt fejleszt (50. ábra A-B). (A karalábé szárgumója földfeletti rövidszártagú szármódosulás, leszáradó levelekkel, disztálisan levélrózsával).



49. ábra. Módosult földfeletti hajtások. A) hagymás fogasír (*Dentaria bulbifera*) sarjgagymákkal, B) *Saxifraga nivalis* és a virágok helyén fejlődő sarjgagymái, valamint egy bulbillusból fejlődő növényke, C) salátaboglárka (*Ficaria verna*) sarjgagymója, D) *Polygonum viviparum* és a virágzatában fejlődő sarjgagymók, E) erdei szamóca (*Fragaria vesca*) indás hajtása. (Filarszky nyomán)



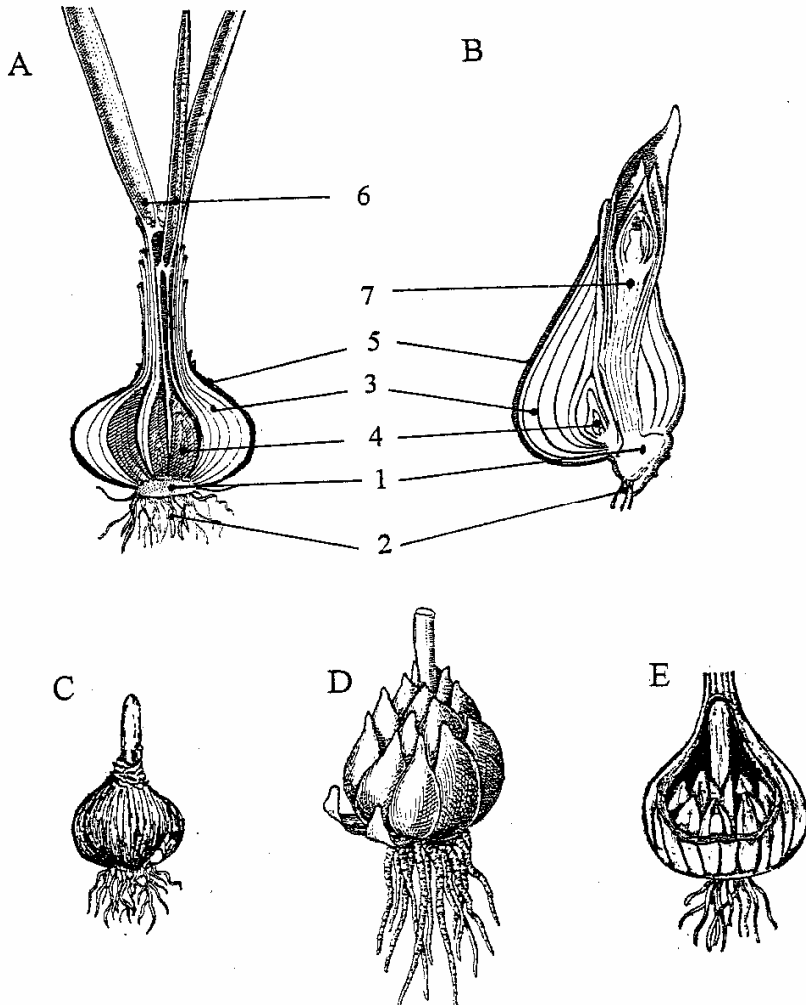
50. ábra. Módosult földbeni hajtások: A) burgonya (*Solanum tuberosum*) és ággumói - magról fejlődött egyed, B) ciklámen (*Cyclamen persicum*) szárgumója, C) hagymás fogasír (*Dentaria bulbifera*) gyöktörzse, D) mocsári nefelejcs (*Myosotis palustris*) tarackja. (Kárpáti, Bell, Filarszky és Hron nyomán)

**Gyöktörzs (rizóma).** Rövidszártagú, általában vastag, a csomóin pikkelyleveleket vagy azok ripacsait viselő kitartó szaporító hajtás. Lehet szimpodiális elágazású, ha a csúcsrügyéből földfeletti hajtás lesz és a csúcsrügy alatt lévő rügyekkel nő a rizóma tovább (nőszirmok - *Iris* fajok). Korlátlan növekedésű, monopodiális elágazású a rizóma, ha a csúcsrügy növekszik tovább, és az oldalrügyekből keletkeznek a földfeletti hajtások (gyöngyvirág - *Convallaria majalis*). Szövetelhalással a rizóma darabolódhat, oldalágai leválhatnak, ezzel a növény szaporodik is (50. ábra C).

**Tarack (sztoló).** A rizómához hasonló, de hosszabb szártagú és vékonyabb (50. ábra). Gazdagon elágazó hajtásmódosulás (mocsári nefelejcs - *Myosotis palustris* - 50. ábra D, vagy a tarackbúza - *Agropyron repens* lehet rá példa).

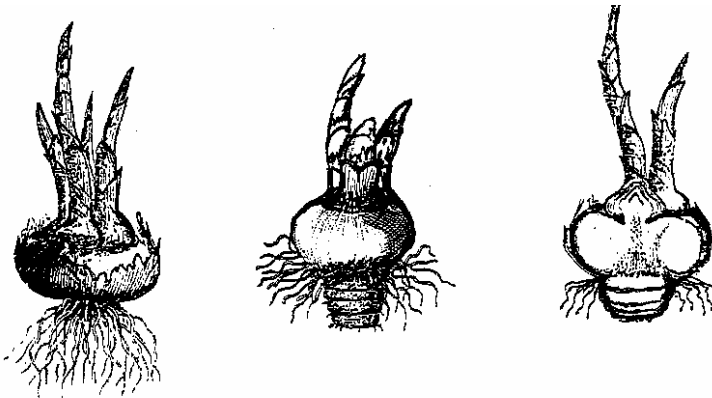
**Hagyma (bulbusz).** Rövidszártagú, húsos allevelekből szerveződő földalatti vagy részben földalatti hajtásmódosulás (51. ábra). Vannak csupasz hagymák (liliomok - *Lilium* fajok), és vannak hártvás buroklevelekkel takart hagymák (vöröshagyma - *Allium cepa*). Egyes hagymaleveleknek a földbeni része módosult, a földfeletti része fotoszintetizál. Más hagymáknál a levelek teljesen a föld alatt maradnak. Ezeknél a hagymáknál a rövidszártagú szár (tönk) disztális részének hajtáscsúcsából fejlődik néhány lomblevél, és általában a második évben a virágzatot vagy a virágot tartó tőkocsány. A tönk leveleinek hónaljában növekvő rügyek fiókhagymákat hozhatnak létre, amelyek az anyahagymától elválva szaporítanak (*Allium sativum* - fokhagyma).

**Hagymagumó (bulbotuber).** Átmenet a hagyma és a gumó között (52. ábra). Hagyma sajátosság a nagyfelületű hártvás buroklevelek jelenléte proximálisan, gumó sajátosság a raktározó, megvastagodott szárrészlet. Gyakran rövid életű, fejlődése csak egy vegetációs perióduson át tart, miközben mellette (őszi kikerics - *Colchicum autumnale*), vagy fölötté (sáfrányok - *Crocus* fajok) újabb hagymagumók fejlődnek.

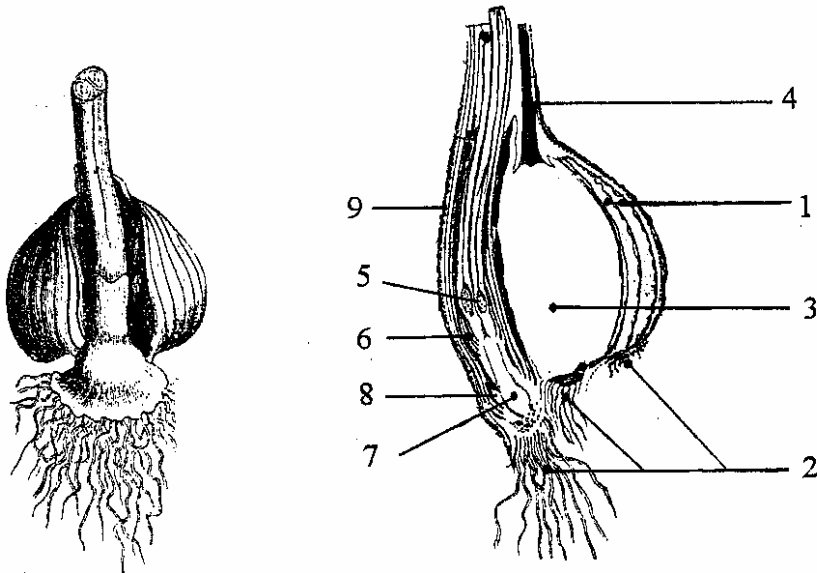


51. ábra. Hagymák: A) vöröshagyma (*Allium cepa*) hagyma hosszmetset, B) tulipán (*Tulipa sp.*) hagymájának hosszmetsete: 1. rövidszártagú hajtástengely (tönk), 2. mellégyökérrendszer, 3. húsos allevelek, 4. hónaljrügyek, 5. hártás buroklevelek, 6. csöves asszimiláló levelek, 7. lomblevelek és a virág kezdeményei a fejlődő hajtáson, C) jácint (*Hyacinthus sp.*) burkolt hagymája, D) liliom (*Lilium sp.*) csupasz pikkelyes hagymája, E) fokhagyma (*Allium sativum*) felmetszett burkán belül a fiókhagymák. (Rauh, Sach és Hager nyomán)

A



B



52. ábra. Hagymagumók. A) sáfrány (*Crocus sp.*) hagymagumója és hosszmetsete, B) őszi kikerics (*Colchicum autumnale*) virágzó egyedének módosult földbeni hajtása és annak hosszmetsete: 1. összeaszott korábbi hagymagumók, 2. mellégyökérzet, 3. az ez évi hajtást tápláló gumó (öreggumó), 4. a leszáradt levelek és terméskocsány ripacsai, 5. a növény két virágának proximális, a hagymagumóban rejtőzködő kezdeményei, 6. tavaszra a talaj fölé kerülő lomblevelek kezdeményei, 7. gumóvá vastagodó tengelyrész, 8. a következő évi növényé fejlődő hónaljtrüggy, amely majd a 7. raktározó szövetéből táplálkozik, 9. hártvás buroklevelek. (Filarszky nyomán)

## 4. A generatív hajtás

A hajtásos növények legkorábban megjelent képviselőinek ma élő utódainál, a harasztoknál, a spóráképzés és az ivarsejtképzés térben és időben elkülönülve valósul meg. A generatív (szaporító) hajtás ezeknél a növényeknél a sporangiumokat viselő hajtás. Az ivarszerveket fejlesztő gametofiton test teljes szerveződésű, nem tekinthetők valódi szerveknek az ivarszervek sem.

A magvas növényekre a gametofiton test további redukciója, és annak a női vonalon a sporofitonról való teljes függősége jellemző. Egyazon szervben, a generatív hajtáson, térbeli közelségben zajlanak az ivaros folyamatok. A nyitvatermők többségében a **hím** és a **női tobozokban**, a zárvatermőknél a **virágokban**. A toboz és a virág kialakulásához az evolúcióban további új szervekként kapcsolódnak a **pollen** és a **mag**. A zárvatermőknél a magok **termésben**, egy evolúciós szempontból ugyancsak új szervben fejlődnek.

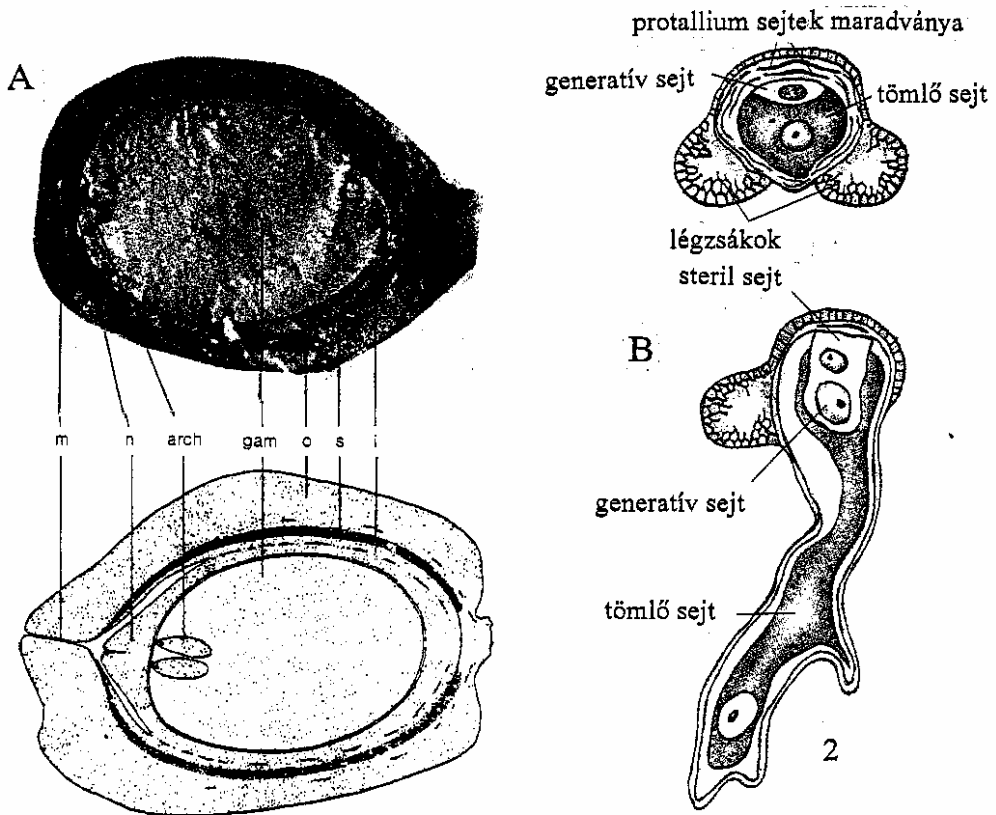
### 4.1. A nyitvatermők generatív hajtása

A nyitvatermők (Gymnospermatofitonok) különböző csoportjaiban a generatív hajtás más-más megjelenésű. Közös vonás, hogy a makro- és a mikrosporangiumokat fejlesztő levelek (sporofillumok) önálló füzérekben, esetleg külön egyedeken jelennek meg (kétlaki fajok). Legtöbbször többesével, egy közös tengelyen, **tobozokat (kónuszokat)** alkotva. Gametofiton nemzedékük még nem mutatja a redukciónak azt a fokát, amit a zárvatermőknél találunk. A nyitvatermők generatív hajtásait három típuson keresztül mutatjuk be:

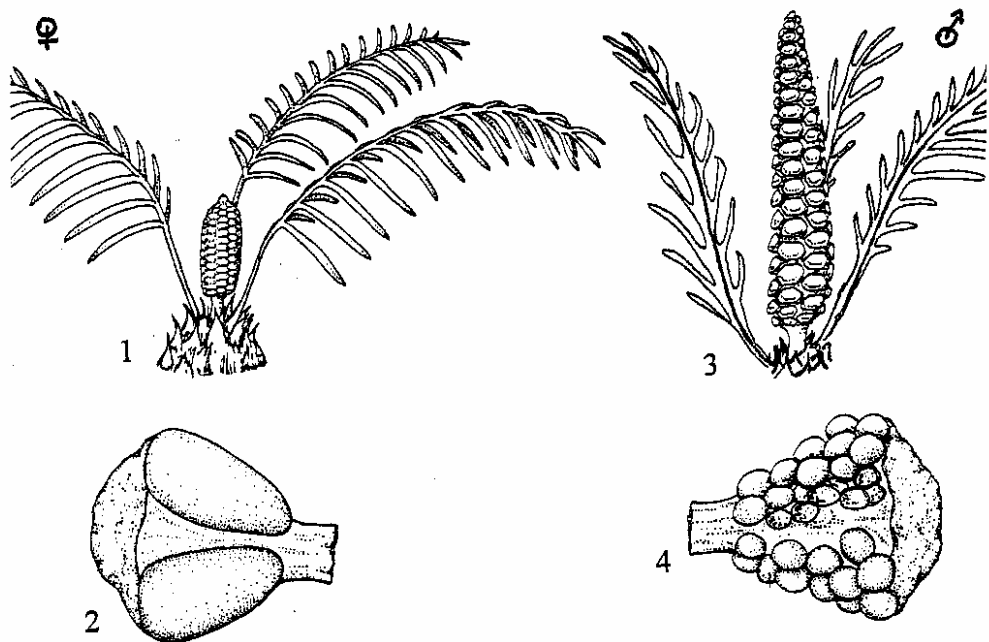
#### **Cikászok:**

A cikászok az ősi magvas növények egy recens csoportja. Levélzetükben a pálmákhoz nagyon hasonló nyitvatermők. Kétlakiak. A még levélszerű vagy már pikkelyszerűvé redukálódott sporofillumok tobozokba tömörülnek. A hím toboz mikrosporofillumain ülnek a védőszövettel borított mikrosporangiumok, a pollent képző zsákok. A makrosporofillumokon a szintén védőszövettel (integumentummal) körülvett makrosporangiumok, a magkezdemények (**ovulumok**). A makrosporofillumok magkezdeményeinek csökkenését feltételezik az evolúcióban. Vannak olyan cikász fajok, melyeknél csak két mag fejlődik.

dik a pajzs alakú levél két oldalán (54. ábra). A cikászoknál figyelhetők meg a növényvilág legnagyobb ivarsejtjei. A hímivarsejtek, amelyek csavarvonalban csillókoszorút viselnek, az egyharmad milliméter átmérőt is elérhetik. A petesejt átmérője a *Dioon* fajok esetében eléri a 6 millimétert. A megporzástól a megtermékenyítésig tartó idő néhány naptól több hónapig tarthat, gyakran a sporofitonról már lehullott magkezdeményben megy végbe.



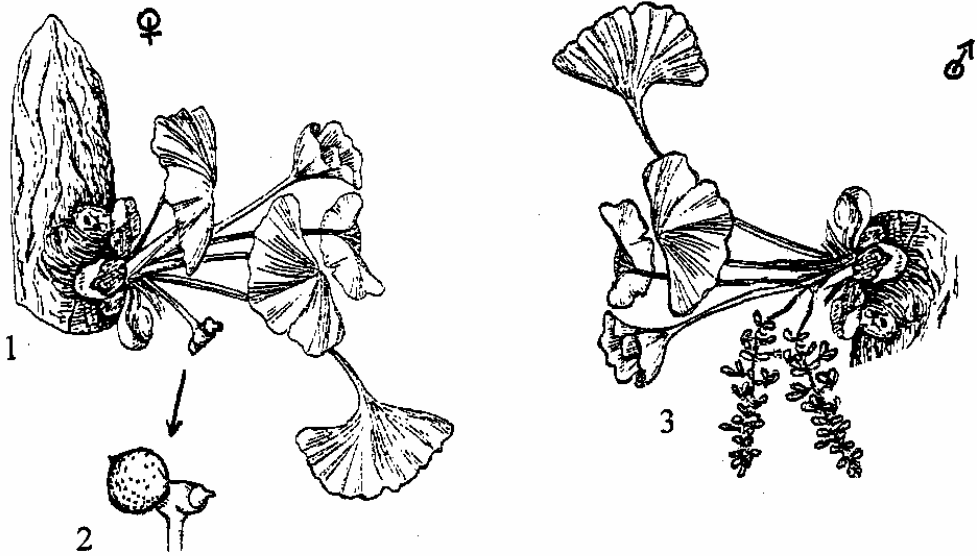
53. ábra. Gametofiton életszakasz a nyitvatermőknél. **A)** *Cycas* faj ovulumának hosszszelvénye. A belső szövettést a **női gametofiton**, két archegóniummal. m - mikropile, n - nucellusz, arch - archegónium, gam - női gametofiton test, o - külső húsos integumentum réteg, s - az integumentum középső kemény rétege, i - az integumentum belső, húsos, nucelluszhoz tapadó rétege. **B)** *Pinus sp.* **hím gametofiton**. 1. érett légzsákos pollen, 2. pollentömlőt hajtva. (Haupt valamint Mauseth nyomán)



54. ábra. Egy cikászféle (*Encephalartos sp.*) hajtásai tobozokkal 1. női egyed női tobozzal, 2. pikkelyszerű makrosporofilluma két ovulummal, 3. hím egyed porzós tobozzal, 4. mikrosporofillum mikrosporangiumokkal. (Scagel és társai nyomán)

### A ginkgófélék:

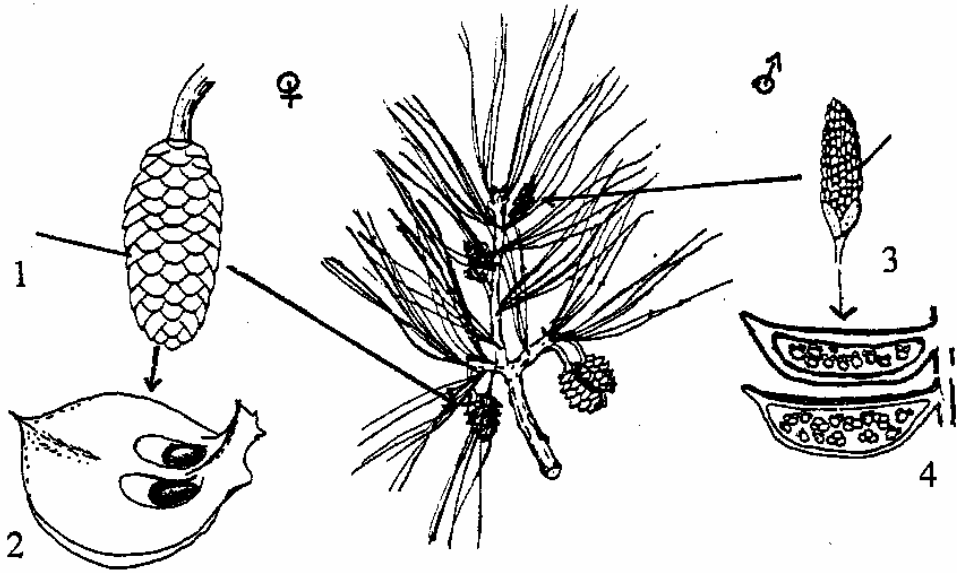
A ginkgófélék csoportjából csak egy faj, a páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*, 55. ábra) van jelen korunk flórájában. Mint túlélő, egyedül képvisel egy ősi fejlődési vonalat. Kétlaki. A női egyeden, levéltelen dichotómikus hajtásokon fejlődnek kettesével a makrosporangiumok, vagyis ovulumok. A porzós fán csokrokban laza füzérvirágzat szerű generatív hajtások nőnek a levelek között. A két magkezdeményből általában csak az egyik érik maggá. A megtermékenyítés öt hónapot vesz igénybe, és további kilenc hónap alatt válik a mag csíráképpé.



55. ábra. *Ginkgo biloba* generatív hajtásai. 1. női egyed hajtása, 2. a villásan elágazó generatív hajtáson csak az egyik magkezdemény fejlődik maggá, 3. hím egyed hajtása, barkaszerű hím generatív hajtásokkal. (Scagel és társai nyomán)

### A fenyők:

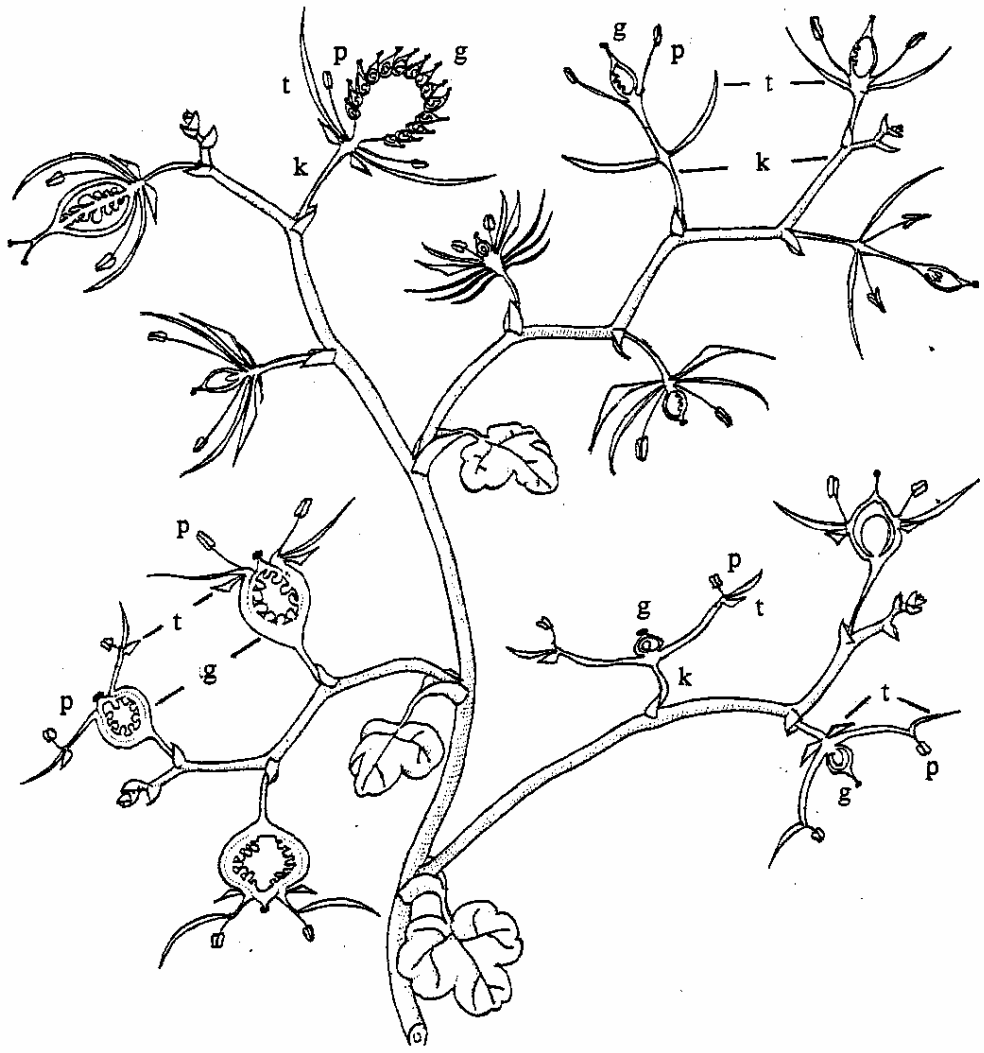
A fenyők általában egylakiak (56. ábra), néhány kivétel persze van, pl. az *Araucaria* nemzetség. A spirál mentén tobozokba csoportosuló sporofillumok képezik a generatív hajtást. A **porzós tobozok** általában a fák lombzatának alsóbb zónáiban gyakran csoportosan fejlődnek. Méretük 2 mm-től 12 cm között változik az egyes fenyőfajoknál. A **termős toboz** fásodó termőpikkelyekből épül fel. A termőpikkelyek alapi részén, adaxálisan, általában párosával ülnek az ovulumok. Az egyes fajok termős tobozai erősen különböznek méretben, formában, színben, a termőpikkelyek alakjában, számában és elrendeződésében. Kifejlődve jelentősen meghaladják a porzós tobozok méreteit.



56. ábra. *Pinus sylvestris* hajtásrészlete tobozokkal. 1. termős toboz, 2. termőpikkely két fejlődő maggal, 3. porzós toboz, 4. pollenszakok pollenszemekkel

#### 4.2. A zárvatermők generatív hajtása

A zárvatermők generatív hajtása a virág. Megjelenésének rendkívüli sokfélesége és kiemelkedő taxonómiai szerepe miatt, az alábbiakban külön fejezetben tárgyaljuk. Ugyancsak külön fejezetet szentelünk a zárvatermők ivaros életmenetében kulcsszerepet játszó terjesztő és kitarító szerveknek, a magnak és a termésnek.



A zárwatermők generatív hajtása, a **virág**, rendkívüli diverzitást mutat. Ezt érzékelteti Bell fenti szellemes rajza. Egy hajtásra applikál több virágot annak bemutatására, hogy a virágot alkotó levelek milyen változatos számban jelenhetnek meg, valamint a viráglevelek elrendeződése a virágtengelyen milyen sokféle virágtípust hoz létre. Erről is szól a következő fejezet (k - virágkocsány, g - termőtáj, p - porzótáj, t - takarólevelek).

## 5. A virág

A zárvatermők (*Angiospermatophytonok*) generatív hajtása. Tudományos megnevezésére használják a latin **flosz**, és a görög **antosz** megfelelőjét is. A taxonba tartozó növényeket **antofitonoknak**, virágos növényeknek is nevezik.

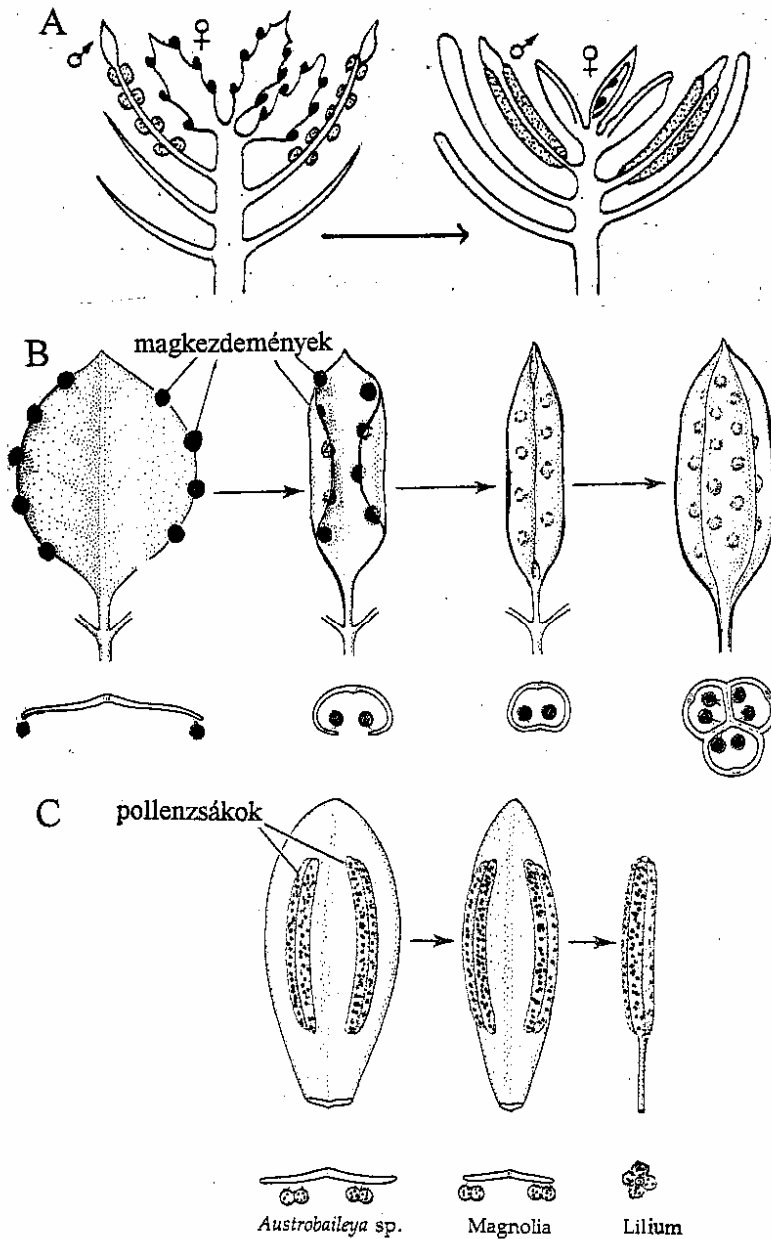
A virág megjelenését nem a nyitvatermők tobozainak evolúciós átalakulása eredményezte. Sokkal inkább egy kevésbé specializált taxonnak, a Mezozoikumtól ismert magvaspáfrányoknak (*Pteridospermato-phytonoknak*) a sporofillumfüzereit tekintik a szerv őseinek. Kialakulására a legtöbbek által elfogadott magyarázat az euanthium elmélet. Az elmélet szerint a virág ivarlevelei a magvaspáfrányok sporofillumainak átalakulásával jöttek létre. A mikrosporofillumok karcúsodtak, a makosporofillumok összehajolva zárt üreget képeztek (57. ábra).

Korunk környezeti feltételei között a virág olyan fokú biztonságot, hatékonyságot, sikerességet jelent a szaporodásban, hogy a Föld flórájában a virágos növényfajok kb. 80 %-kal uralkodnak.

Szelekciós előnyhöz a következő szaporodással kapcsolatos evolúciós változások során juthattak:

- A megtermékenyítés folyamata a víztől teljesen függetlenné vált. A hímivarsejt pollenszemből szállítódik.
- Koevolúcióban a rovarvilággal, speciális virágformák jöttek létre a biztosabb megporzáshoz. A színes, feltűnő virágtakarólevelek, nektáriumok (cukortartalmú nedvet termelő mirigyek) és az ozmofórák (illóolajat kiválasztó mirigyek) ugyanezt segítik elő. Az egyszerűbb virág-felépítésű, széllel porzódó fajoknál a több virág (virágzatok) még több pollent termel a biztosabb megporzáshoz.
- A megtermékenyülés és a magérés ideje jelentősen lerövidül. Egyes fajok évente több ciklusban képeznek magvakat. A magkezdemények zárt üregben, a termőben nagyobb biztonságban fejlődnek maggá.
- A magban kialakuló endospermium biztosítja a csíra, majd később a csíranövény fejlődését. A termő fala a védelem mellett termésfallá alakulva hozzájárul a magvak sikeresebb terjedéséhez is.

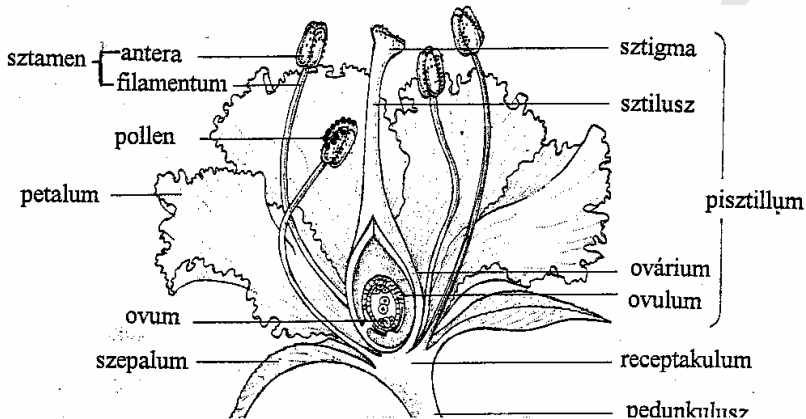
A virág a zárvatermők legnagyobb formagazdagságot mutató szerve. A rendszerezésben ezért kulcsfontosságú szerepe van.



57. ábra. A virág evolúciója. A) A virág kialakulása az euanthium elmélet alapján (Arber és Parkin nyomán). B) a termőlevél, C) a porzólevél alakváltozása az evolúcióban. (Scagel és társai nyomán)

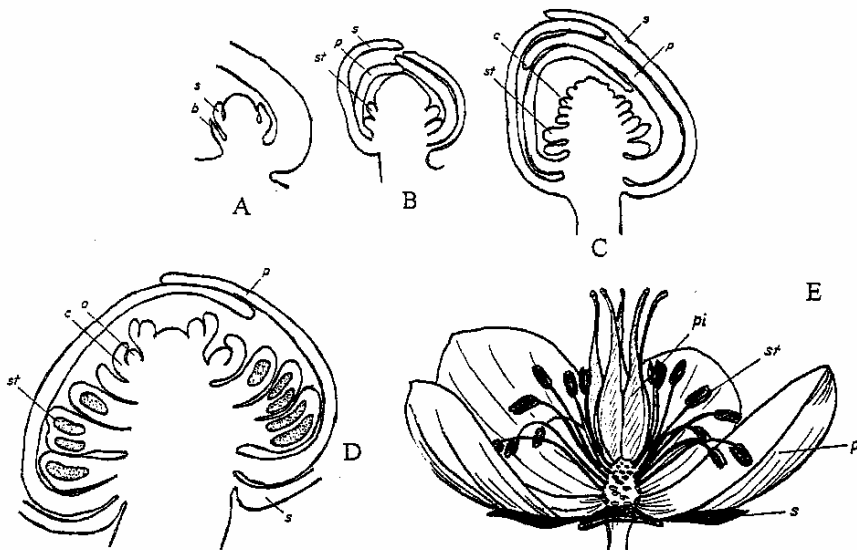
## 5.1. A teljes virág

Rövidszártagú, módosult levelekből felépülő szaporító hajtás. Korlátolt növekedésű, mert a csúcsmerisztémája magokat érlelő termőtájja alakul. Perifériálisan (proximálisan) elhelyezkedő takarólevelek védik az akropetálisan fejlődő hím és női ivarleveleket (58. és 59. ábrák).



58. ábra. Teljes virág részei

A virág tengelyének proximális, általában levéltelen része a **kocsány (pedunkulusz)**. Ha a kocsány hiányzik vagy alig észlelhető, ülő virágról beszélünk. A kocsány általában murvalevek hónaljából ered. A kocsányon lévő apró levelek az előlevelek. A virágkocsány disztális rövidszártagú része a **vacok (receptakulum vagy tórusz)**. A receptakulumon a viráglevelek a lomblevelek lehetséges elrendeződéseit mutathatják. Állhatnak **spirálisan** (szórtan), **átellenesen** (dekusszáltan), **keresztben átellenesen**, és **örvösen** (ciklikusan). Leggyakrabban a **spirális és a ciklikus virágok**, de vannak olyan felépítésűek is, ahol a takarólevelek ciklikusan, az ivarlevelek spirálisan állnak (**spirociklikus virágok**). A ciklikus virágokat jellemezhetjük a receptakulum köreinek (nóduszainak) számával, valamint az alapján, hogy egy körön hány viráglevél fejlődik. Az egyes nóduszokon egy virágon belül sok esetben azonos a viráglevelek száma.



59. ábra. **A-D)** A viráglevelek akropetális fejlődési rendjének bemutatása a bimbóban egy boglárkafélékhez tartozó növény virágán. **E)** A kinyílt virág ősi bélyegeket mutat. **b)** rügypikkely (**braktea**), **s)** csészekezdemény és csészelevél (**szepalum**), **p)** szíromlevél-kezdemény és szíromlevél (**petalum**), **st)** porzólevél-kezdemény és porzólevél (**stamen**), **c)** termőlevél-kezdemény (**carpellum**), **o)** ovulum kezdemény, **pi)** pisztillumot, termőt képző karpellum - fejlődő tüzőtermések csoportja. (Scagel és társai nyomán)

A kétszikűek osztályában gyakori a **pentaciklikus** (két virágkör a csésze- és szíromleveleké, kettő a porzóleveleké, egy a termőleveleké) és **pentamer** (az egyes körökben öt viráglevél, virágtag van) virág. Az egyszikűeknél a pentaciklikus (két lepelkör, két porzókör és a termőlevelek köre) és **trimer** (három - három viráglevél körönként) virág. A **virágtagok** az egymást követő körökben rendszeren **alternálnak**, vagyis a kívül eső kör viráglevelei között fejlődnek a belsőbb kör levelei. Előfordul, hogy fedőhelyzetben (**superponáltan**) vannak a két egymást követő kör levelei, ilyenkor egy virágkör kiesését feltételezzük (lásd még a virágdiagram és a virágképlet tárgyalásakor, 5.4. fejezet).

A viráglevelek mellett sok virágban levél vagy tengelymódosulással létrejött, megporzást segítő kiválasztó mirigyek is találhatóak. A cukortartalmú nedvet kiválasztók a **nektáriumok**, az illóolajakat kiválasztók az **ozmofórák**.

Az azonos szerepű, gyakran küllemre is azonos viráglevelek virágtájakat alkotnak:

### 5.1.1. A takarólevelek tája

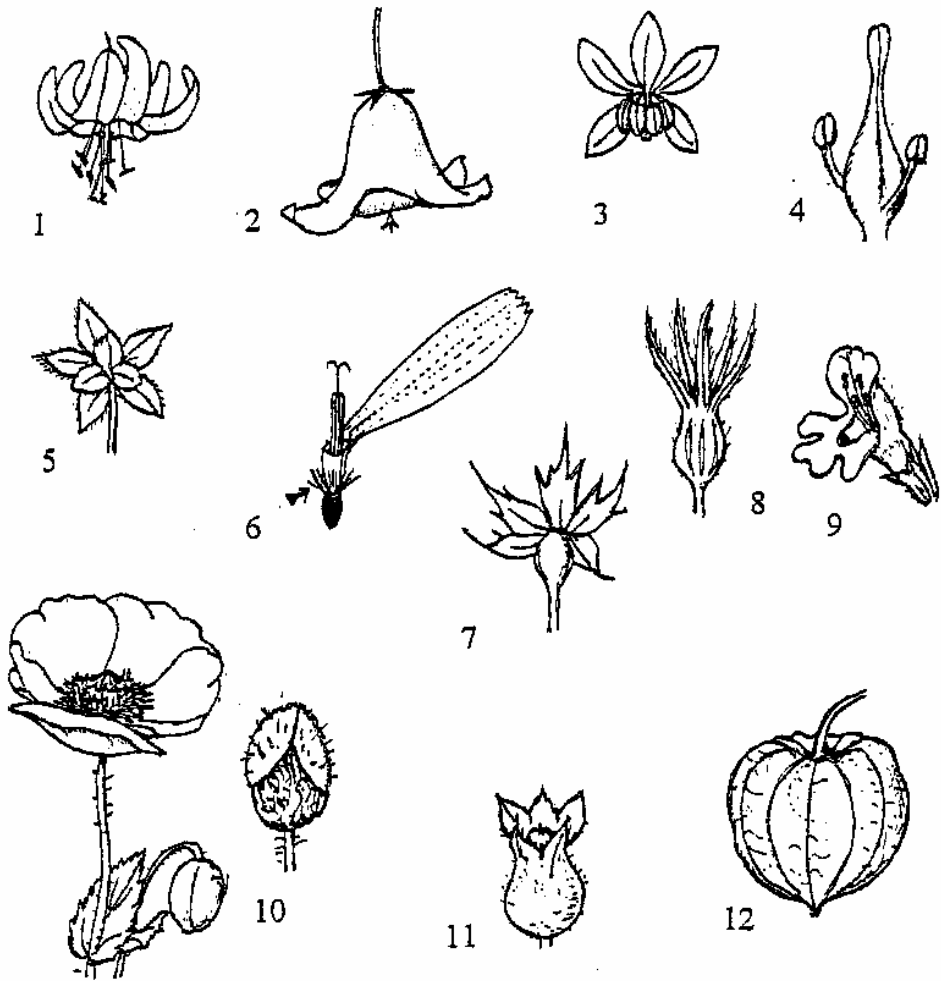
**Periantium.** A virág takaróleveleit jelenti. A takarólevelek a kétszikűek osztályában két külön virágtájat alkotnak, a csészétáját és a szziromtáját. A virágtakaró ez esetben két különböző levéltípusból áll, a virág **heteroklamideusz** (klamisz = takarólevél). Az egyszikűek osztályában a takarólevelek egyfélék, ezek a lepellevelek: virágaik **homoklamideusz** virágok. Ha a takarólevelek csak egy kört alkotnak, **haplo-** vagy **monoklamideusz** virágról, ha takarólevél nélküli a virág, akkor **apoklamideusz** virágról beszélünk (60. ábra 1- 4.).

**Csészétáj - kalix** (60. ábra 5-12.). Egy csészelevél tudományos neve **szepalum**. Általában zöldek, ritkábban színesek. Ciklikus virágokban két kört is alkothatnak. Gyakoribb viszont, hogy feltolódott murvalevek kapcsolódnak a csészétájhoz, mint a pimpóknál (*Potentilla spp.*) és a mályvaféléknél (*Malvaceae* család), álcészét alkotva. A csészelevelek redukálódhatnak szőrökké vagy pikkelyekké is (fészkesek - *Asteraceae*).

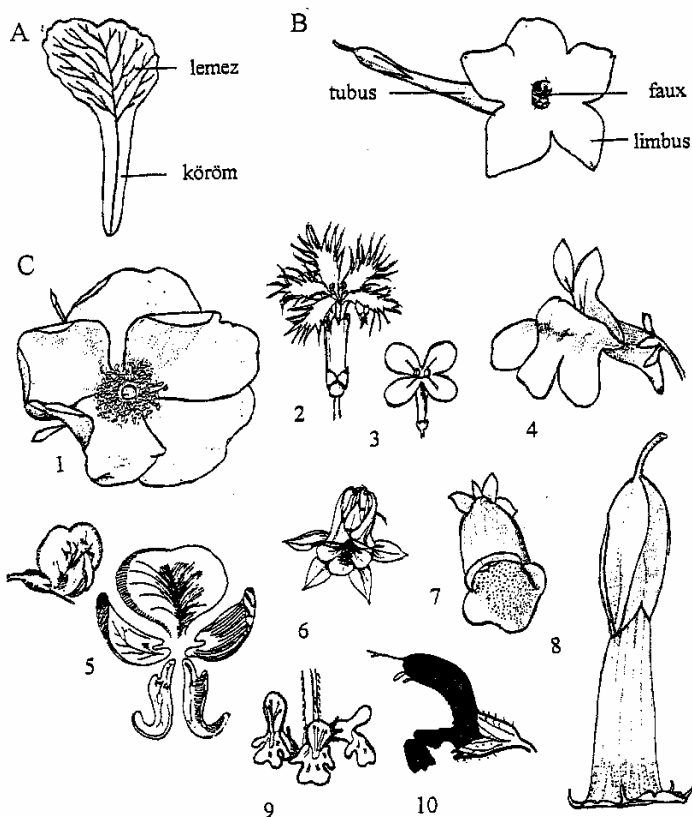
A csészelevelek úgy, mint más virágtájak levelei is, összenőhetnek egymással. Ilyenkor a csészecimpákból következtethetünk az összenőtt tagok számára. Ez esetben a virág **szinszepál** (pl. ajakosak - *Lamiaceae* család) a jelenség neve szinszepália. Ha a csészelevelek szabadok, a virág **koriszepál** (pl. ernyősök – *Apiaceae* család).

A virág érésével legtovább a csészelevelek maradnak meg, sokszor még a termést is védik. Az ajakosak (*Lamiaceae* család) makkocska termései a maradó csészében ülnek, a zsidócserezsnye (*Physalis alkekengi*) csészéi megnövekedve, megszínesedve, összenöve borítják be a bogyótermést. Másoknál, pl. a mákféléknél (*Papaveraceae* család) a bimbó nyílásakor a két csészelevél azonnal lehullik (60. ábra 10).

**Sziromtáj (korolla).** Egy sziromlevél tudományos neve **petalum**. A virág lehet **szinpetál** és **koripetál**. A forrt sziromtáj, vagy másik nevén forrt párta alsó proximális csöve a **tubus**, a torka a **faux** és pereme a **limbus** (61. ábra). Torka adaxiális felszínén a gyűrűben megjelenő kinövések, pikkelyek, ráncok a **parakorollát** alkotják (*Boraginaceae* család). A szabad sziromlevél elkeskenyedő alsó része a **köröm**.



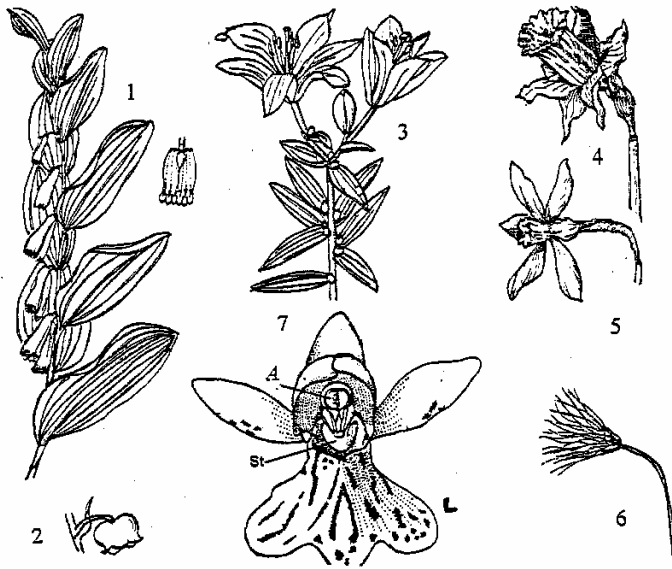
60. ábra. A virág takarótája. 1. homoklamideusz virág (*Lilium martagon*), 2. heteroklamideusz virág (*Campanula persicifolia*), 3. monoklamideusz koritepál virág (*Cannabis sativa*), 4. apoklamideusz virág (*Fraxinus excelsior*). 5. álcésze (*Malva sp.*), 6. szőrökké módosult csésze (*Taraxacum officinale*), 7. koriszepál virág lomblevélszerű csészékkal (*Rosa sp.*), 8.-9. szinszepál virágok (*Agrostemma githago* és *Ballota nigra*), 10. mák (*Papaver somniferum*) heteroklamideusz virága és bimbója a lehulló két csészével, 11. a beléndek (*Hyoscyamus niger*) toktermése a maradó csészében fejlődik, 12. a zsidócseresznye (*Physalis alkekengi*) megszinesedő csészéje magába zárja a bogyótermést. (Kárpáti, Bell, Sárkány-Haraszty és Priszter-Csapody nyomán)



61. ábra. Sziromlevél, sziromtáj. A) szabad szirom részei, B) forrt sziromtáj részei (*Nicotiana tabacum*) C) virágtípusok a sziromtáj alapján: 1. korong alakú (*Rosa sp.*), 2. sallangos (*Dianthus superbus*), 3. nyeles tányér (*Syringa vulgaris*), 4. sarkantyús (*Cymbalaria muralis*) 5. pillangós (*Pisum sativum*), 6. harang (*Aquilegia vulgaris*) 7. gyűszű (*Digitalis purpurea*), 8. tölcsér (*Datura sanguinea*), 9.-10. ajakos (*Stachys sp.*, *Salvia sp.*). (Kárpáti, Bell és Priszter-Csapody nyomán)

A sziromlevelek a legtöbb virágban színesek. Színük részben fénytörési jelenségek eredménye, részben különböző sejtnedvben oldott vagy a színtestekben felhalmozott színyanyagok jelenlétének köszönhető. A párta általában a virágok legfeltűnőbb része (61. ábra C). Színével, formájával, méretével elsősorban a rovarporozta virágok esetében a csalogatást szolgálja vagy leszállóhely a pollinátorok számára.

**Lepeltáj (perigónium).** A homoklamideusz virág takaróleveleinek összessége (62. ábra). Egy lepellevél a **tepalum**. Az egyszikűeknél általában két körben helyezkednek el a tóruszon, nóduszonként gyakran hármásával. Ha a lepeltáj forrt, **szintepal** virágról beszélünk. Szabad lepellevelek esetén a virág **koritepál**. A lepellevelek lehetnek élénk színűek, zöldek, barnák. Vastag vagy hártyás pikkelyekké is redukálódhatnak. A szintepal lepeltáján **mellékfelület** jelenhet meg (**paraperigónium**), ami a lepelcső dekoratív kinövése (nárciszok - *Narcissus spp.*). Szőrökké alakulhatnak, mint a gyapjúsás (*Eriophorum spp.*) fajoknál, vagy elhúsosodhatnak a termésfejlődés során, mint az eperfa (*Morus sp.*) fajok termős virágaiban. Az orchideák virágaiban gyakran megfigyelhetünk sarkantyús lepellevelet. Ugyanebben a családban jellemző a belső lepelkör középső levelének, a **mézajaknak (labellumnak)** a többi lepellevélétől színben, formában és méretben megnyilvánuló erős eltérése. A pollinátorok vonzására és landolására szolgál. A lepellevelek általánosak az egyszikűek osztályában, de a kétszikűek körében sem ritkák (pl. *Chenopodiaceae* - libatopfélék és *Pulsatilla* - kökörccsin fajok).



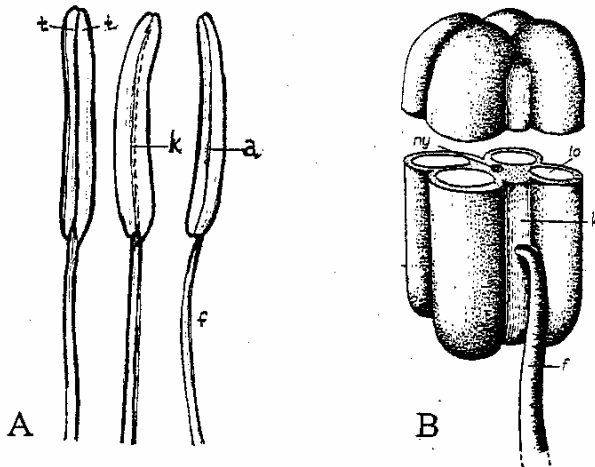
62. ábra. Homoklamideusz virágok. 1-2. szintepál virág (*Polygonatum odoratum*, *Convallaria majalis*), 3. koritepál virág (*Lilium bulbiferum*), 4-5. *Narcissus* fajták paraperigóniumai, 6. lepelcsőrök (*Eriophorum sp.*), 7. orchidea lepelcső virága: L) labellum, A) gynoecium, St) a bibe felülete. (Simon -Csapody, Kárpáti és Bell)

### 5.1.2. Az ivarlevelek tájai

A virágban az ivarlevelek közvetlenül szolgálják a szaporodást. A takarólevelekkel védett és "feldíszített" ivarlevelekhez kapcsolódnak az alapvető ivaros folyamatok: **mikro- ill. makrosporogenezis, a hím és a női gametofiton kifejlődése, az ivarsejtek megjelenése (gametogenezis), a megporzás, megtermékenyítés, embrió- ill. mag- és termésképzés.** Az ivarlevelek kétfélék, a porzó- és a termőlevelek. Kétféle ivartájt is alkotnak:

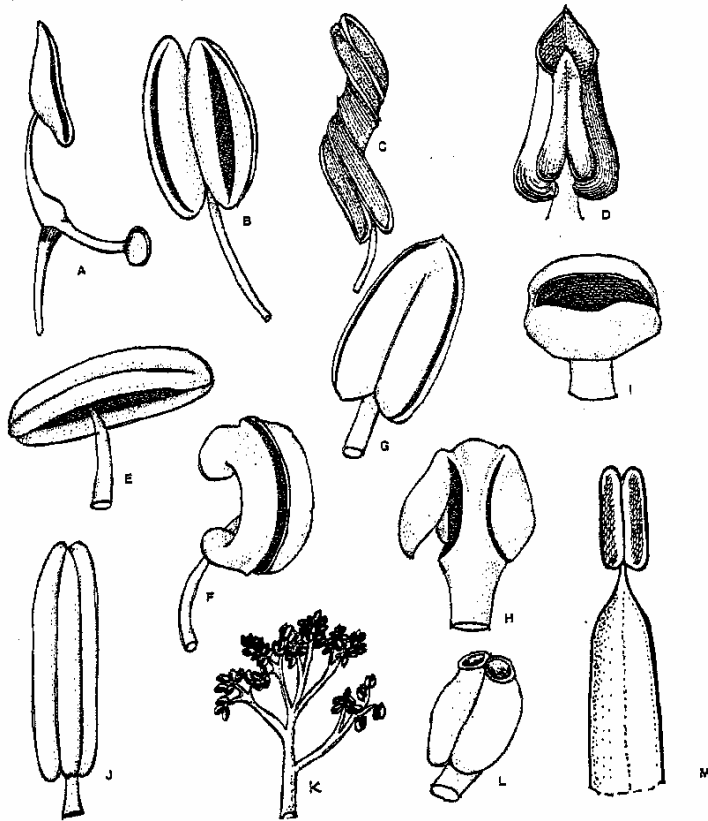
#### 5.1.2.1. A hím ivartáj vagy porzótáj

Az **androceum**. Porzólevelekből épül fel. Egy porzólevél (porzó) tudományos neve **sztamén**. A porzó a porzószáלבól, a **filamentumból** és a portokból, **anterából** áll. A filamentum általában fonalas, de lehet levélszerű is, pl. a mádártej fajoknál (*Ornithogalum spp.*, 64. ábra M). Az anterák lehetnek a filamentum disztális végén annak folytatásaként, de fejlődhetnek arra merőlegesen is, a lapos filamentum oldalain, vagy akár a filamentum tövében is. Az anterák két portokfélből, **tekából** állnak, amelyeket a csatló, a **konnektivum** kapcsol össze (63. ábra).



63. ábra. A) porzólevelek, B) a portok modellje nagyítva: f) filamentum, a) anthera, t) teka, k) konnektivum, ny) szállítónyaláb, lo) lokulamentum

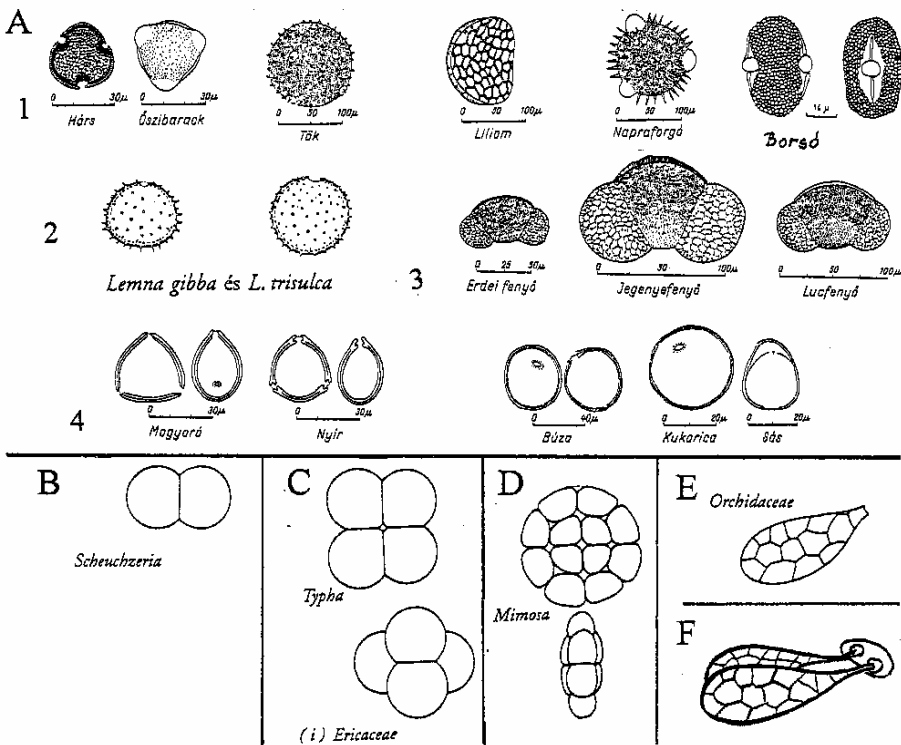
A konnektívum a tekákat különböző módokon tarthatja össze. Egymástól el-távolítva, pl. a zsályáknál (*Salvia spp.*), ahol az egyik portokfél el is csökevé-nyesedik. A rovarok ezen a steril félen landolva elérik, hogy a hosszú csatló megbillenve a termékeny portokfélből a hátukra szórja a pollenszemeket (64. ábra A). A tekák két két pollensákra, **lokulamentum**ra tagoltak (63. ábra). Itt képződnek a mikrospórák, amelyek a portok felnyílása után vastag falú pollen-szemekként hagyják el a lokulamentumokat.



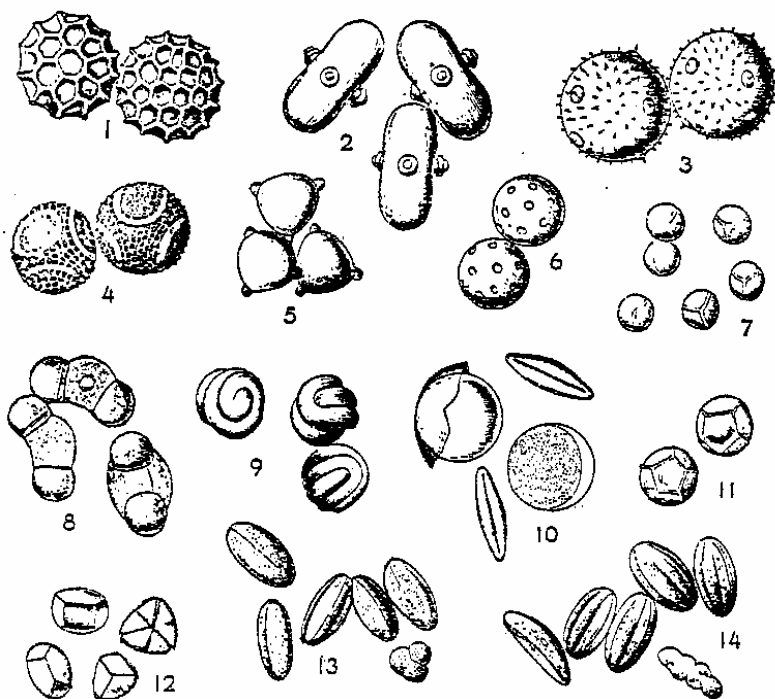
64. ábra. A porzók sokfélesége a virágos növényeknél. A) *Salvia officinalis*, B) *Calandrinia compressa*, C) *Erythraea centaurium*, D) *Cyclamen europeum*, E) *Lilium canadense*, F) *Globularia cordifolia*, G) *Juglans regia*, H) *Hernandia ovigera*, I) *Sibbaldia procumbens*, J) *Beta vulgaris*, K) *Ricinus communis* egyetlen elágazó porzója, L) *Rhododendron sp.*, M) *Ornithogalum sp.* 25-60 x. (Scagel és társai nyomán)

Az antéra felnyílásának helye a **sztómium**. Alakja jellemezheti a fajt (64. ábra). Az általános felhasadás mellett nyílhat lyukkal, kupakkal, az egész portok széteshet stb. Ha a virágtengely felé nyílik **introz** felnyílásról, ha kifelé akkor **extrorz** felnyílásról beszélünk.

A mikrospórák tetrádokban keletkeznek. Néha az érés során is együtt maradnak, **pollentetrádok**at képeznek (gyékény fajok - *Typha spp.*). Máskor több száz vagy több ezer pollen terjed együtt nyálkás anyaggal összetartva (**massza pollinis**). Egy pollenszak teljes pollentartalma a **pollinium**. A **pollinár**ium bibekaréj termelte ragadós anyaggal összetartott, bunkó alakú, bibekaréj eredetű tapadókoronggal ellátott pollinium. Az orchideafélék (*Orchideae* család) fajaira jellemző. A pollenszemek csoportosulása, mérete, alakja, felszínének mintázata jellemzi a fajt (65. és 66. ábrák).



65. ábra. Pollenszemek - méretek, formák, csoportosulások. A) magányosak: 1. rovarmegporzáshoz alakultak, 2. víz-, 3-4. szélbeporzáshoz alkalmazkodottak. B) diád, C) tetrádok, D) massza pollinis (poliád), E) pollinium, F) pollinár. (Haraszty, Gördeyiné valamint Scagel és társai nyomán)



66. ábra. További példák a pollenszemek méret és alaki változatosságára a különböző fajoknál. 1. *Cobaea scandens*, 2. *Morina persica*, 3. *Cucurbita pepo*, 4. *Passiflora kermesina*, 5. *Circea alpina*, 6. *Convolvulus sepium*, 7. *Cannabis sativa*, 8. *Pinus pumilio*, 9. *Mimulus moschatus*, 10. *Albuca minor*, 11. *Dianthus carthusianorum*, 12. *Corydalis lutea*, 13. *Gentiana rhaetica*, 14. *Salvia glutinosa* (Kerner nyomán)

A porzólevelek száma, elrendezésük, egymással és más virágtájakkal való kapcsolatuk karakterisztikus jellemzői a virágnak. Néhány esetet emelünk ki. A **poliandria** nagyszámú spirálisan rendezett porzólevelet jelent a virágban. Ósi sajátosság. Ciklikus porzótáj esetén a virág lehet **haplo-**, **diplo-**... és **polisztemon** (1, 2 ... sok porzókörös). **Episzipál** az a porzókör, amelynek a porzólevelei a csészelevelekkel vannak fedőhelyzetben (pentaciklikus virágnál a külső porzókör). Ha a szíromlevelekkel, akkor **epipetál** (belső porzókör). Ha három porzókör figyelhető meg, akkor a belső újra episzipál. Ha két egymást követő porzókör levelei szuperponálnak, feltételezhetjük egy közbülső kör kiesését, abortálódását. Epipetál külső porzókör úgy is kialakulhat, hogy a növekedés során a később fejlődő, tehát belső porzókör tagjai kijjebb tolnak. Ez az ún.

**obdiplosztemonia** jelensége. Megfigyelhető pl. a vörös áfonya (*Vaccinium vitis-idea*) virágában.

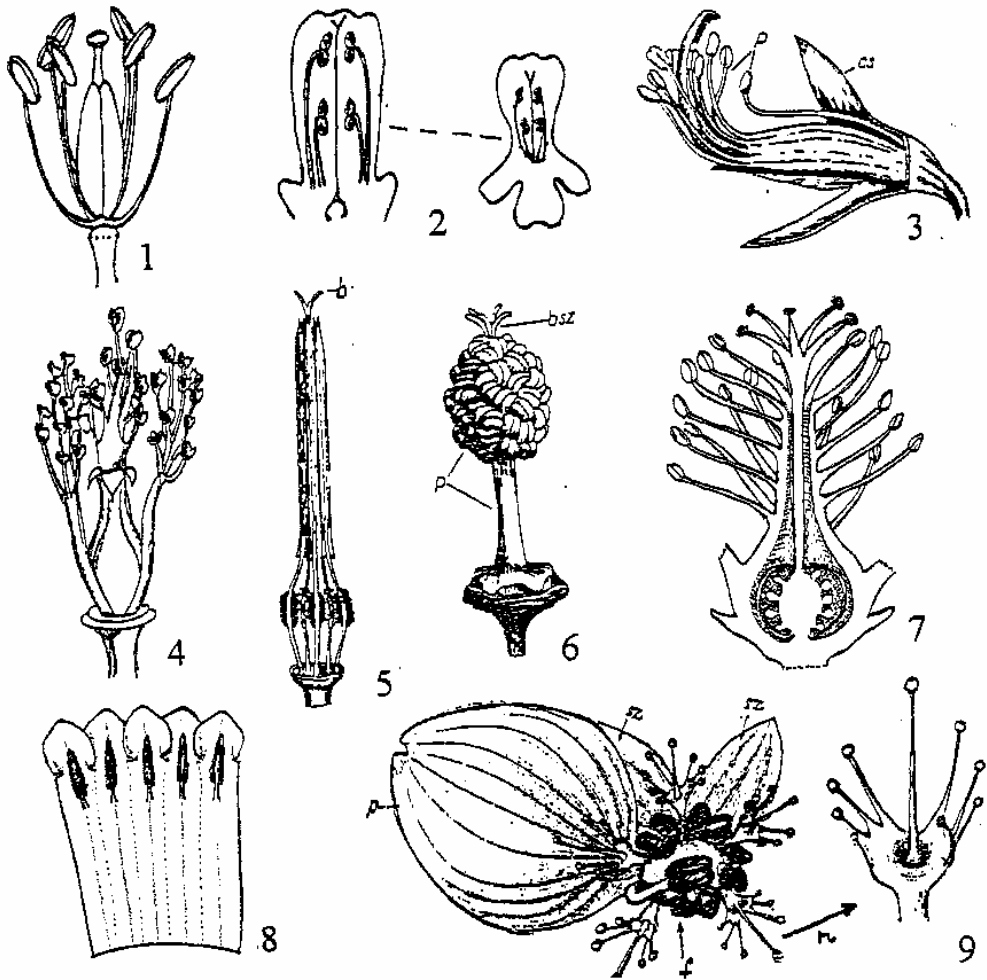
A porzólevelek ha nem egyforma hosszúak, **főporzóságról** beszélünk (67. ábra). A hosszabb porzók száma szerint megkülönböztethető pl. két főporzós (ajakosak - *Lamiaceae* - családja), négy főporzós (keresztesvirágúak - *Brassicaceae* - családja) stb. virág. A főporzóság megnevezés független a porzókörök számától.

A porzótájban a porzólevelek összenőhetnek egymással és a szomszédos virágtájak leveleivel is. Az egymással összenőtt filamentumok falkákat alkotnak. **Egyfalkás (monadelfiás)** porzótája van pl. egy pillangós virágú fafajnak, a japán akácnak (*Sophora japonica*). **Kétfalkás (diadelfiás)** a pillangósvirágúak (*Fabaceae* család) többségének a porzótája (kilenc porzó együtt, egy külön). Több csoportot képeznek a porzók (**poliadelfia**) a citrusfélék (citrom és rokon-sági köre) csoportjában. Ha a portokok nőnek össze, **csoporzó** keletkezik a bibeszál körül (**szinanteria**). Jellemző a fészkesvirágzatúak (*Asteraceae*) családjában.

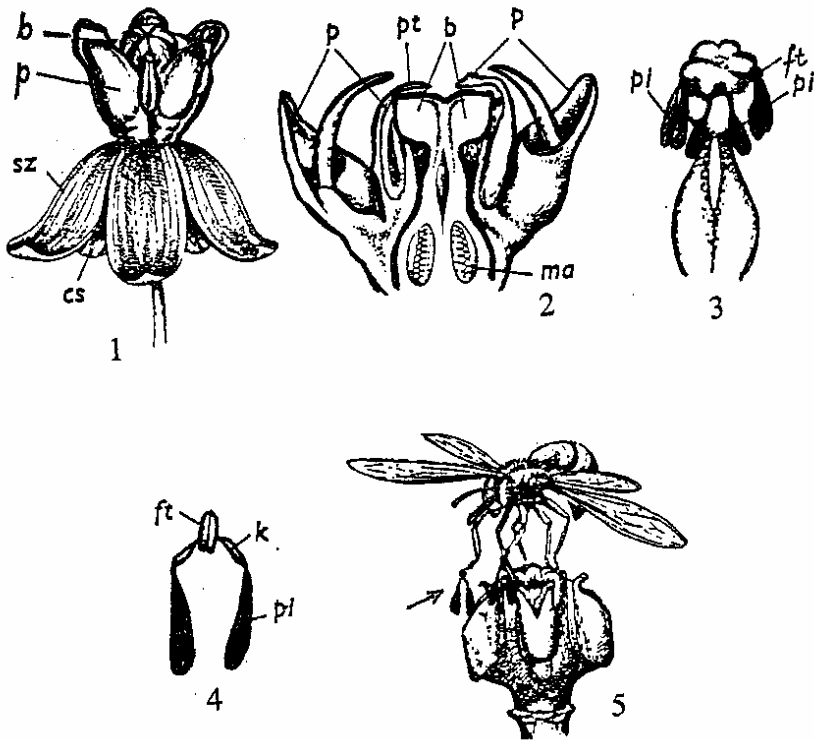
A termővel összenőtt porzólevelek **porzóoszlopot** alkotnak (**kolumna sztaminea**). A mályvafélék virágában a nagyszámú porzó filamentuma más-más magasságig nő a termőhöz, és egy borzas porzóoszlop keletkezik. A porzók és a női ivartáj teljes összekapcsoltsága jellemzi az orchideákat. **Ivaroszlop, gүнosztemium** keletkezik. Ebben a porzók közül csak néhány, vagy gyakran csak egy fertilis, a többi mézfejtővé alakul. A bibéjük középső, ragacsos váladékot termelő, steril karéja a **rosztellum**, amely elválasztja az ivaroszlopban a bibe aktív felszínét az antérától (antheráktól). Változatos megjelenése a megporzó rovarokhoz igazodik. Ivaroszlop figyelhető meg a selyemkórók (*Asclepiadaceae* család) fajainak virágaiban is (68. ábra). Mind a porzóoszlop, mind az ivaroszlop kialakulása a két ivartáj összenövésével kapcsolatos, vagyis a **gүнandria** jelenségkörbe tartoznak.

Különösen forrt virágtakarójú fajoknál gyakori a porzósálak hozzánövése a párta vagy a lepelcsőhöz (pl. kankalinfélék -*Primulaceae* vagy az érdeslevelűek -*Boraginaceae* család fajainál, 67. ábra 8).

A pollenszemeket nem termelő, alakban és szöveti felépítésben is módosult porzók a **sztaminiodiumok** (67. ábra 9). Gyakran mézfejtővé alakulnak, vagy szziromszerüekké válnak. Egyes dísznövényeknél megfigyelhető teltvirágúság is a porzók takarólevelekké alakulásával kapcsolatos. A pollen keletkezéséről, felépítéséről és terjedéséről az 5.7. fejezetben még szólnunk.



67. ábra. A porzótáj: 1. négy főporzós keresztirányú virág ivartájai, 2. két főporzós ajakos virág, 3. kétfalkás porzótáj pillangós virágban, 4. poliadelfia egy orbáncfű virágában, 5. portokcső egy csöves fészkesvirágban, 6-7. kolumna sztaminea egy *Althaea* faj és egy *Hibiscus* virágból, 8. pártacsőre nőtt filamentumok, *Primula* sp., 9. *Parnassia palustris* takaróleveleitől részben megosztott virága felülnézetben. sz) szepalum, p) petalum, f) porzók, n) nektáriumá alakult porzók - sztaminódiumok. (Horánszky-Járainé, Priszter-Csapody, Scagel és Müller nyomán)



68. ábra. Günsztémium az *Asclepias cornuti* virágában. 1. a virág: cs) csésze, sz) szirom, p) “mellékpártás” porzó, b) bibe; 2. az ivartáj hosszsmetszete: ma) magház ürege, pt) portok; 3. günsztémium: bibefej (pi) polliniumokkal, ft) bibe eredetű, polliniumokat összetartó mirigy, a fogótest, 4. a terjedő pollen egység, a transzlátor: (ft) fogótest, (k) kar, (pi) pollinium 5. günsztémium egy rovarral, lábán egy transzlátor. (Danert nyomán)

A hím ivartáj leveleinek részei - az evolúció korábbi stádiumait képviselő növények szerveit tekintve -, a következő képletekkel mutatnak **homológiát**:

porzólevél→	mikrosporofillum
pollensák→	mikrosporangium
éretlen pollen→	mikrospóra
érett pollen→	mikrogametofiton

### 5.1.2.2. A női ivartáj vagy termőtáj

A **günoceum**. **Termőlevelek**, **karpellumok** építik fel. A termőtájban egy vagy több termőlevél összehajolva és összenöve üreget vagy üregeket alkot. Az így fejlődő **termők (piztillumok)** csúcán a bibék szolgálják a pollenszemek fel-fogását. A palack alakú proximális magházi részében a magkezdemények fejlődnek, amelyek a megtermékenyítést követően maggá érnek. A termő terméssé fejlődve szolgálja a magok védelmét és terjedését. A viráglevelek a termőtájban veszítették el leginkább levél jellegüket. Levéleredetükre azonban számtalan bizonyíték van.

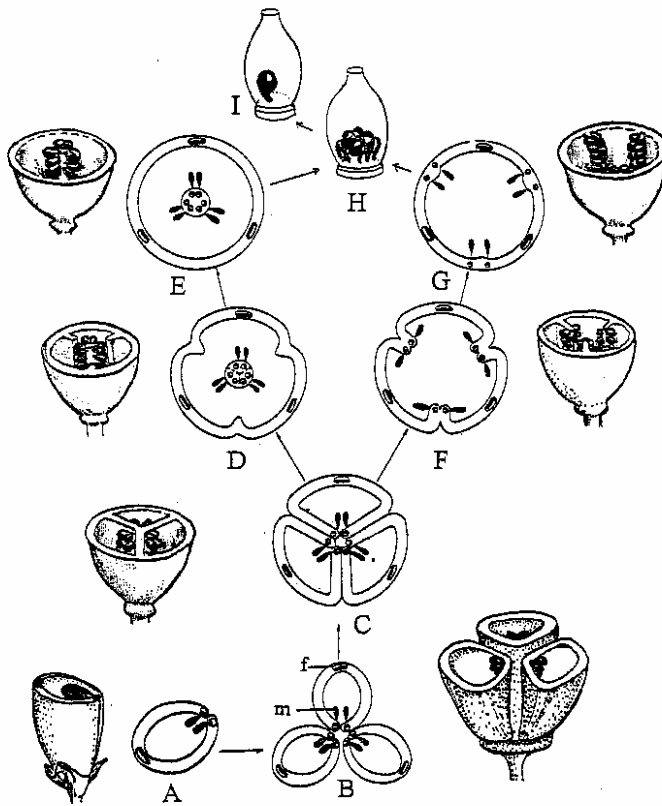
A női ivartáj részei, - az evolúció korábbi stádiumait képviselő növények ivaros szerveit tekintve -, a következő képletekkel mutatnak **homológiát**:

termőlevél→	makrosporofillum
magkezdemény→	makrosporangium
fiatal egyszemű embriózsák→	makrospóra
érett többszemű embriózsák→	makrogametofiton

A termőtájat egy vagy több termő alkothatja. Általánosan elfogadott, hogy a több termőből álló ún. **apokarp günoceum** (69. ábra B). az ősi típus. Ebben a termőtájban **monokarp termők**, vagyis egyetlen termőlevél összezáródásával keletkezett termők vannak. Az apokarp günoceumból vezethető le az egytermőjű, de több termőlevélből felépülő **cönokarp günoceum** (69. ábra C-I). A cönokarp günoceumban **cönokarp termő** található. A termőtájat alkothatja egyetlen, monokarp termő is. Ez a **monokarp günoceum**. (69. ábra A). Minden más günoceum, akár apokarp, akár cönokarp, egyben **polikarp** is.

A **cönokarp termőt** alkotó termőlevelek számának meghatározásában segít a termőt alkotó levelek főereinek azonosítása, és a disztális részen a bibekaréjok számának tanulmányozása. A magházi rész belsejének tanulmányozása szintén utalhat a levelek számára, mert a cönokarp termő belsejét az összenövés mentén befelé növekvő válaszfalak rekeszekre is oszthatják. A rekeszekre osztott cönokarp termő neve **szinkarp termő**. Ha a válaszfalak nem érnek össze, csak részlegesen tagolnak, (pl. a mák termőjében, lásd az ebből fejlődő mákgubó belsejét), **parakarp** termőről beszélünk. A tagolatlan üregű cönokarp termőt **lizikarp**nak mondjuk. Ez utóbbi kifejezés utal a termőtáj típusok fejlődésének

hipotetikus útjára, amely szerint a cönokarp termő erősen tömörült termőkből álló apokarp termőtájból, a termők egymáshoz simuló falrészleteinek az eltűnésével, feloldódásával alakult ki (69. ábra). A **lizikarp** és **parakarp** termőkben gyakran megfigyelhető egy központi oszlop, **kolumella** is. Ez lehet virágtengely eredetű, de a válaszfalak központi maradványa is. A termő belsejének tagoltságát tekintve átmeneti formák is megfigyelhetők. Előfordul pl. olyan termő, amely alul rekeszekre tagolt, de felfelé haladva parakarppá válik.



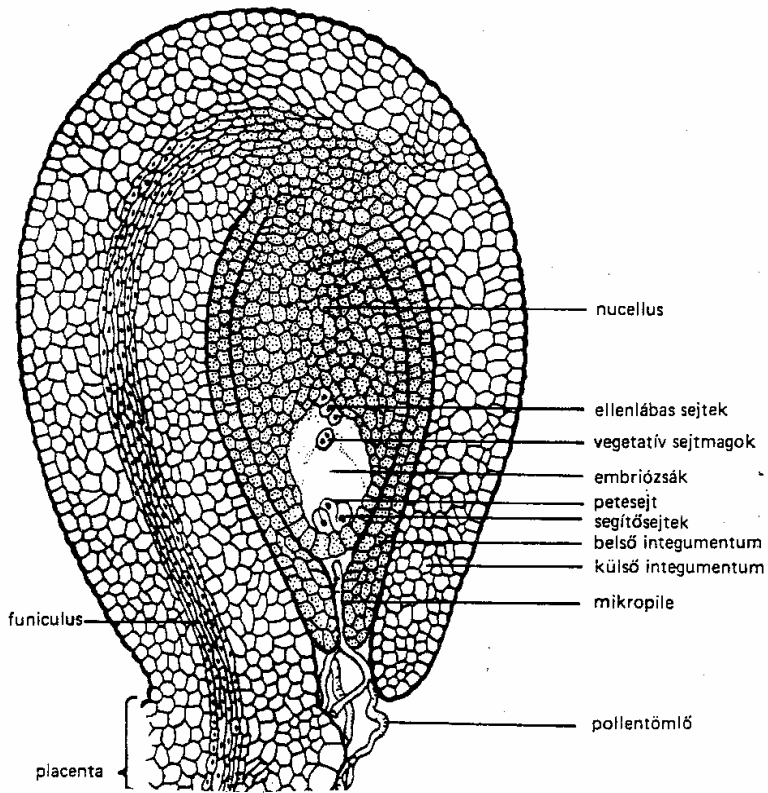
69. ábra. Termőtáj és termőtípusok evolúciója, és placentáció típusok. **A)** monokarp termőtáj (monokarp termő) - marginális placentáció, **B)** monokarp termőkből felépülő apokarp termőtáj, **C)** cönokarp termőtáj, három termőlevélből keletkezett szinkarp típus - anguláris placentáció, **D,F)** parakarp termők axilis ill. marginális placentációval, **E,G)** lizikarp termők, axilis ill. parietális placentációval, **H,I)** együregű lizikarp termők bazális placentációval, **m)** magkezdemény, **f)** a termőlevél főere. (Tachtadzsján ábrája kiegészítve)

A termő alsó kiszélesedő része a **magház, az ovárium**. Belső felszínén fejlődnek a **magkezdemények, (ovulumok)**. A magkezdeményeket létrehozó szövetet maglécnek, **placentának** nevezzük. A placenta helyzete és kiterjedése meghatározza a magkezdemények (majd a magvak) elrendeződését a magházban (majd a termésben). Különböző placentáció típusokat különíthetünk el (69. ábra). Ha a magkezdemény vagy magkezdemények a magház proximális részén ülnek, **bazális** placentációról beszélünk. Ha a magházban kolumella található, és ezen ülnek a magkezdemények, a placentáció tengelyi, vagyis **axilis**. Ha a szinkarp magház rekeszeinek centrális szögleteiben találjuk a magkezdeményeket, a placentáció szögleti, **anguláris**. Ha a termőlevelek összenövési vonalában, a varratokon jelennek meg, akkor széli vagy **marginális** placentációról beszélünk. A magház belső falának bármely más pontján, bármilyen más elrendezésben ülő magkezdemények placentációja fali, vagy **parietális**.

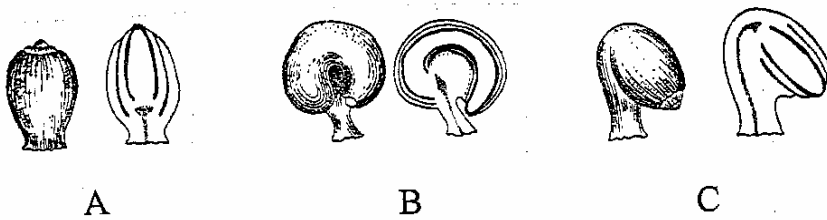
**Az ovulum felépítése:** Teste a **nucellusz**. Benne megy végbe a **makrosporogenezis** és a **makrogametogenezis** (lásd 5.7.2. fejezet). Kettős burokkal, egymástól kutikulás epidermisszel elválasztott külső és belső **integumentumokkal** borított. Éretten a női gametofiton nemzedéket, azaz az **embriózsákot** foglalja magába. Az integumentumok a magkezdemény disztális részén nem nőnek össze, hanem **csírákaput, mikropilét** hagynak szabadon a hímivar-sejteket szállító pollentömlőnek. A magkezdemény embriózsák alatti proximális vége, ahonnan az integumentumok indulnak, a **kalaza**. Ezt a **köldökszínór, funikulusz** köti össze a placentával. A köldökszínór magkezdemény táplálását biztosítja (70. ábra). A magkezdemények különbözőek aszerint, hogy növekedésük milyen mértékben aszimmetrikus (71. ábra). Egyenes növekedés esetén **egyenes állású, atróp** vagy ortotróp magkezdemény fejlődik. A funikulusz ilyen esetben rövid, a mikropile a magkezdemény disztális csúcsán van. **Hajlott** vagy tudományos néven **kampilotróp** magkezdemény mikropiléje a kalazával van egyvonalban. A **visszahajlott (anatróp)** magkezdemény teste egyenes, a magkezdemény husszúságú funikuluszhoz simulva hajlik vissza. A mikropile így szintén a funikulusz eredési helyéhez kerül közel (70.-71. ábrák).

A termő magházának disztális folytatása a bibeszál (**sztilusz**) és a bibe (**sztigma**) (72. ábra). A termőlevelek összehajló csúcsának megfelelő szövetekből származtathatók.

A **sztilusz** laza, sejtközötti járatokban gazdag szövetében növekszik a pollentömlő az ovárium magkezdeményeinek irányába. Hosszúsága, vastagsága különböző lehet. Ha igen rövid, ülő bibe-ről beszélünk. Hosszú, akár 50 cm is lehet, pl. a sáfrányok vagy a kukorica virágaiban.

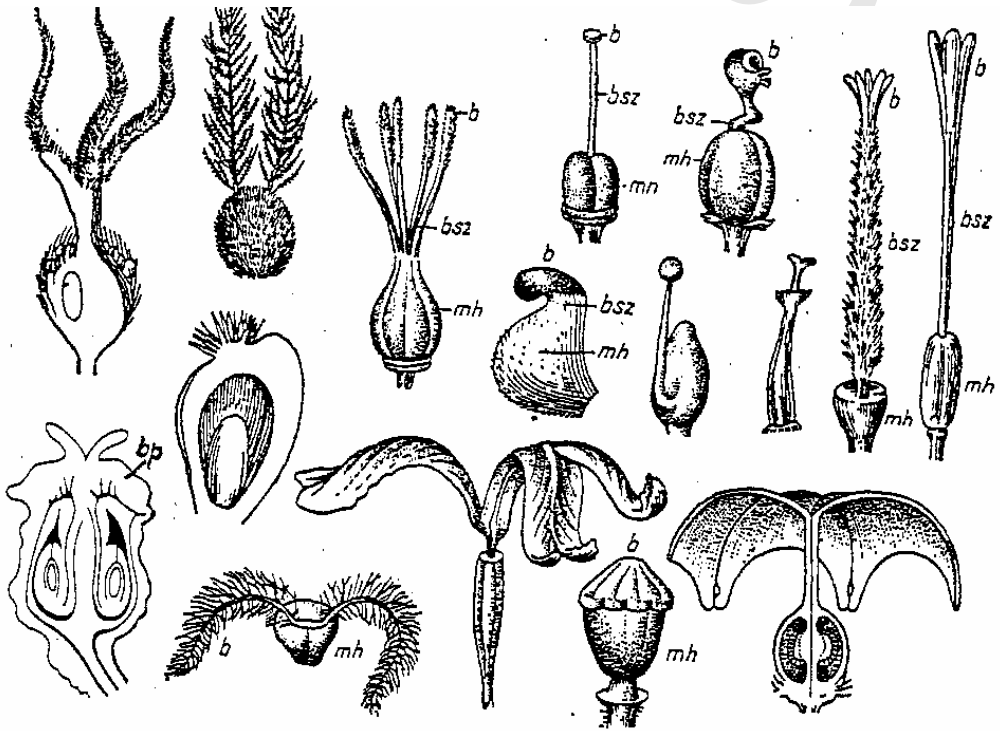


70. ábra. Egy anatóróp ovulum felépítése



71. ábra. Atróp (A), kampilótróp (B) és anatóróp (C) magkezdemények. (Kurszanov és társai nyomán)

A **szigma** a termőnek a pollenszemek felfogására szolgáló disztális része. Vastagon kutikulás mirigy epidermiszének egyenetlen felszíne segíti a pollenszemek megtapadását, és kompatibilis pollenszemek esetén a csírázását. A bibe változatos megjelenésű: lehet gömbös, karéjos, hasított, ágas, korong, pajzs, fonál stb. alakú. Különböző színű és felépítésű papillák és szőrök díszíthetik. Korongszerűen kiszélesedett bibe a **bibepárna (sztilopodium)**, pl. az ernyősvirágzatú fajok virágaiban. Az orchideák hármas bibekaréjából a középső, a rosztellum, mirigyszövevé alakul.



72. ábra. Különböző fajok változatos bibéjű termői. b-bibe, bsz-bibeszál, mh-magház, bp-bibepárna. (Engler nyomán)

### 5.1.2.3. A virágtájak egymáshoz való viszonya

A termőtáj proximális részének, az ováriumnak ill. apokarp termőtáj esetén az ováriumoknak a takarólevelekhez viszonyított helyzete a virágban fontos taxonómiai bélyeg. Bár a termőtáj a virágtengely disztális végén fejlődik, és időben is legkésőbb differenciálódik, a proximális magházi része nem mindig disztálisan ül a virágtengelyen. A virágtengely termőtájon kívüli szöveteinek növekedésével ugyanis a gūnoceum a virágtengelybe látszik süllyedni, és különböző mértékű összenövések jelentkezhetnek.

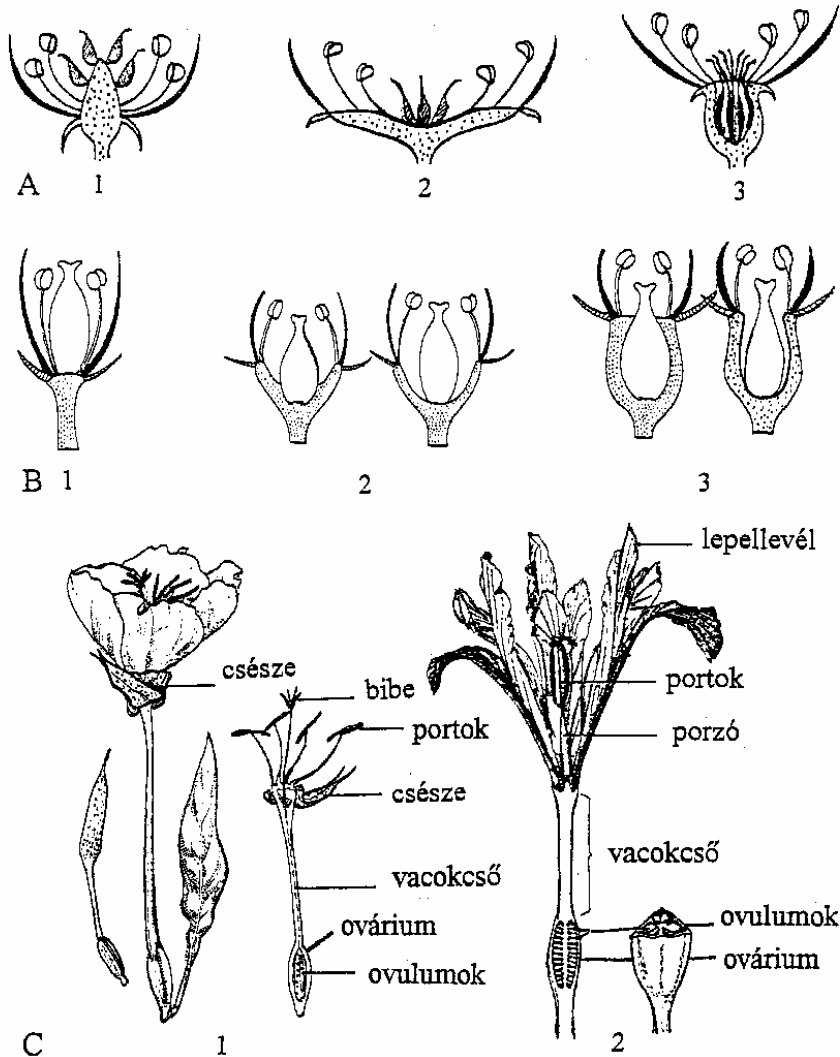
Ha a gūnoceum a porzókat követően, a keletkezési sorrendnek megfelelően disztálisan jelenik meg, **felső állású, superior gūnoceumról** beszélünk. A kívül eső virágtájak **hipogūn**ök (termőtáj alattiak).

A receptakulum termőtájon kívül eső szöveteinek növekedésével, és a magház falához tapadásával a külső virágkörök levelei a gūnoceum proximális részei fölé kerülnek. A gūnoceum ez esetben **alsó állásúvá (inferiorrá)** lesz, az androceum és a periantium pedig **epigūn** (gūnoceum magházi része feletti). A gūnoceum proximális részét magába rejtő **vacokcsövet hipantiumnak** hívjuk. Hipantium az a **vacokkehely** is, amely nem nő össze a termő vagy a termők proximális részével. Az alsó állású termőtájat levezetett bélyegnek tartják, mivel a receptakulum szöveteivel is erősödik az ivaros folyamatok védettsége.

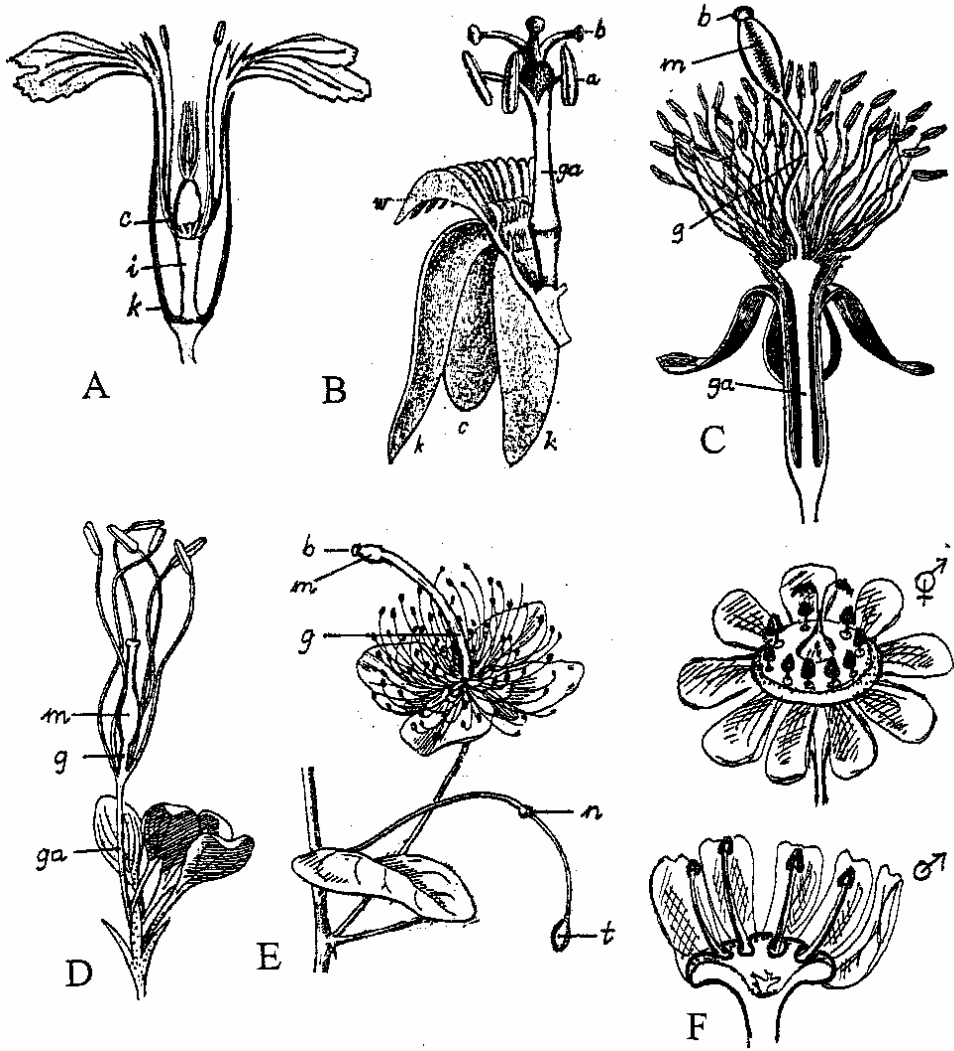
Ha a porzók és a takarólevelek a gūnoceum ováriumának vagy ováriumainak középtáján jelennek meg, akár rajta, akár a magháztól a vacokkehellyel eltávolítva, **középső állású gūnoceumról (részleges inferior gūnoceumról)** beszélünk. A külső virágtájak ez esetben **perigūn**ök (73. ábra).

Olyan virág is van, amelyben a csészék hipogūnök, a szíromlevelek és a porzók perigūnök. Ciklikus virágokban előfordul, hogy a takarótáj és a porzótáj közötti internódium megnyúlva az ivarleveleket kiemeli (74. ábra B). A virágnak ezt a csőrszerű internódiumát **gūnandroforumnak** nevezzük (golgotavirág - *Passiflora* sp.). Ha a porzó és a termőtáj közötti internódium nyúlik meg, a "szártagot" **gūnoforumnak** nevezzük (keresztesvirágúak családja - *Brassicaceae*).

Az internódiumok nemcsak nyúlhatnak, hanem szélesedhetnek is a virágban. Az így képződött szövet általában kiválasztószövetként működik, nektárt termel. Tudományos neve **diszkusz** (pl. juharfafélék - *Aceraceae* család, 74. ábra F).

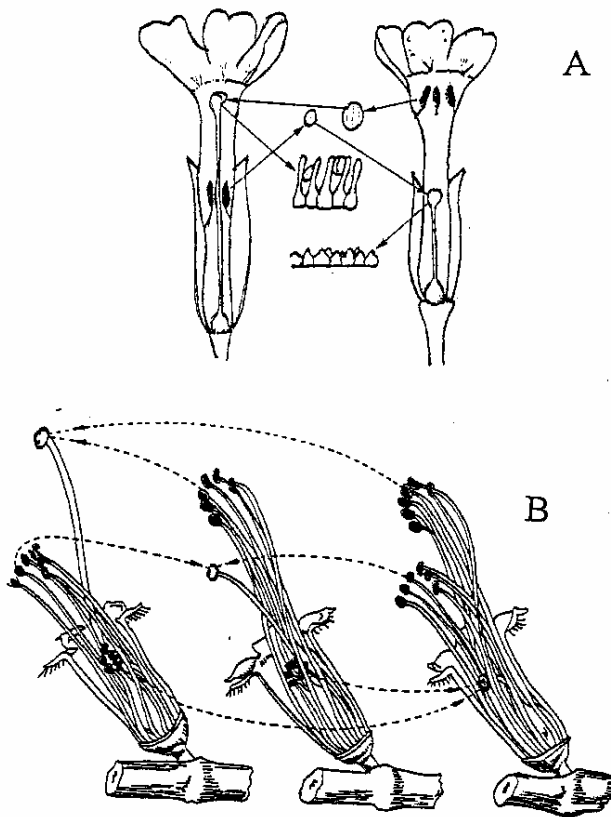


73. ábra. A gynoecium magházi részének helyzete a virágban. **A)** apokarp termőtájak esetén, **B)** monokarp és cönokarp termőtájak esetén; 1. superior gynoeciumok, 2. részleges inferior gynoeciumok, 3. inferior gynoeciumok. **C)** mélyen alsóállású magházak, vacokcsővel: 1. *Oenothera* sp. bimbója, virága és annak hosszmetsete szirmlevelek nélkül, 2. *Iris* sp. hipantiumos virága (Fitting - Mann, Kárpáti, Postlethwais-Hopson nyomán)



74. ábra. A virágtengely alakulásai. **A)** *Lychnis sp.* virága, csészetáj és a szirmotáj közötti megnyúlt internódiummal (**i**), **B)** *Passiflora sp.* virága, **b**-bibe, **a**-portok, **ga**-günandroforum, **w**-mellékpárta, **c**-szirm, **k**-csésze. **C)** *Maerua sp.* virága, **g**-günoforum, **ga**-günandroforum. **D)** *Gynandropsis sp.*, **g**-rövid günoforum, **ga**-hosszú günandroforum. **E)** *Capparis sp.* **g**-günoforum, **m**-magház, **b**-ülő bibe, **t**-fejlődő termés, **n**-a lehullott viráglevelék helye. **F)** **diszkuszok** egy *Acer* faj hímnős és porzós virágaiban. (Filarszky nyomán)

Az önmegporzás elkerülésére néhány faj egyedein eltérő hosszúságú bibeszálak és porzósálak jelennek meg. A jelenséget **heterosztiliának** nevezik (75. ábra). Az egyik egyeden hosszú bibeszálú, nagy bibepapillájú termők fejlődnek a virágokban. A porzók itt rövid szálúak, a pollenszemek kicsik. Egy másik egyeden rövid szálú bibe fejlődik, kis papillákkal a bibefelszínen, a porzók hosszú szálúak, a pollenszemek nagyok. A kicsi pollenszemek a rövid bibeszálú, kicsi papillájú bibén hajtanak ki, a nagy pollenszemek a hosszú bibeszálú bibéjének felületén tapadnak meg (kankalin - *Primula* fajok, tüdőfűvek - *Pulmonaria* fajok stb.). Az előbbi, **heterodisztilián** kívül előfordul a **heterotrisztília** is, amikor három magasságban fejlődnek az ivarlevelek, és három féle pollen termelődik, pl. a füzény (*Lythrum spp.*) fajok esetében.



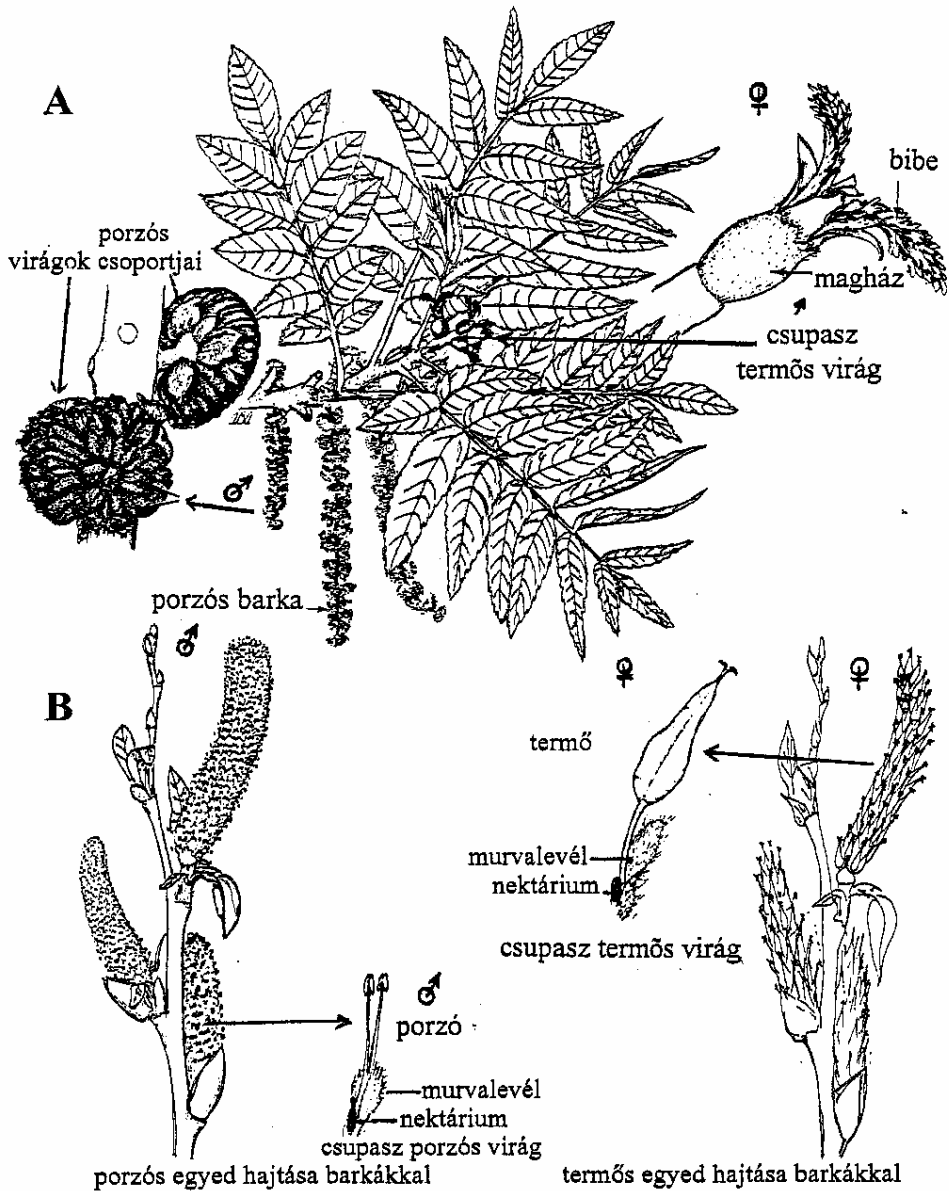
75. ábra. Heterodisztilia egy *Primula* faj virágaiban (A) és heterotrisztília egy *Lythrum* faj esetében (B). A nyilak a megtermékenyítő pollen útját kísérik. (Haraszty nyomán)

## 5.2. A hiányos virág

A virágokban a növényfajok egy részénél nem találjuk meg az előzőekben bemutatott valamennyi virágalkotót. Ez azt jelenti, hogy redukcióval a virág egyszerűbbé vált, és a fajnak több típusú virága van és ezek együttesen szolgálják az ivaros folyamatokat.

A virágon hiányozhatnak a takarólevelek. A jelenség általában redukcióval kapcsolatos, és a széllel porzódó fajokra jellemző. Ezek a **csupasz, apoklamideusz** virágok (76. ábra A).

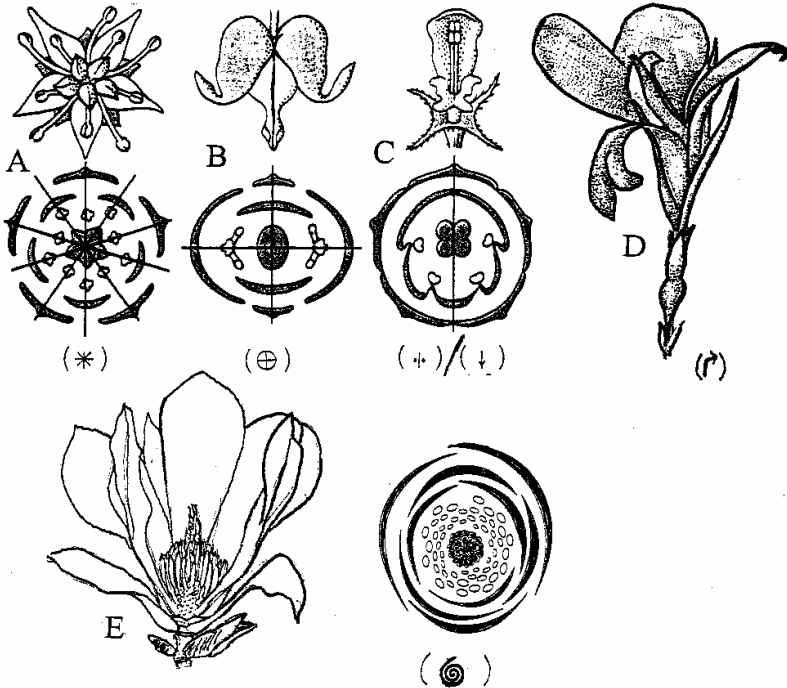
Ha az ivarlevelek hiányoznak, a virág **sterilis, meddő**. A meddő virágnak is megvan a növény életében a szerepe. Pl. egyes virágzatokban a **fertilis, termékeny** virágok megporzását segítik elő feltűnő színükkel és alakjukkal. Így a napraforgó (*Helianthus annuus*) fészekvirágzatának perifériális nyelvess virágai (2. sz. melléklet), vagy a kányabangita (*Viburnum opulus*) bogernyő virágzatában a szélső, nagyobb szirmú meddő virágok. A kertészeti fajták között gyakoriak a dekoratív meddő virágú növények (dáliák, krizantémok, szegfűfélék, hortenziák, stb.). Ha csak az egyik ivartáj hiányzik, **egyivarú** virágról beszélünk (76. ábra B). Lehet női, más néven **termős**, és hím, vagyis **porzós virág**. Ha mindkét virágtípus jelen van a faj minden egyedén, **egylaki (monoikus)** fajról van szó. Egylaki növényre példa lehet a kukorica (*Zea mays*) és a mogyoró (*Corylus avellana*). A **kétlaki, dioikus** fajokat külön hím virágokat hozó és női virágokat hozó egyedek képviselik. Kétlaki növények a kender (*Cannabis sativa*), a fűzök és a nyárok (*Salix* és a *Populus* nemzetségek fajtái). Vannak fajok, ahol kétivarú és porzós (zászpa -*Veratrum sp.*), kétivarú és termős (kakukkfű fajok - *Thymus spp.*), vagy mindhárom virágtípus kifejlődik (kőris fajok - *Fraxinus spp.*), akár ugyanazon vagy külön egyedeken.



76. ábra. Egyivarú virágokat fejlesztő fajok. A) egylaki növény: *Juglans sp.* - dió, porzós és termős virágok, B) kétlaki növény: *Salix sp.* - fűz, porzós és termős egyedek hajtásai barkákkal, és azok kinagyított redukált virágai. (Rost és társai nyomán)

### 5.3. A virág szimmetriaviszonyai

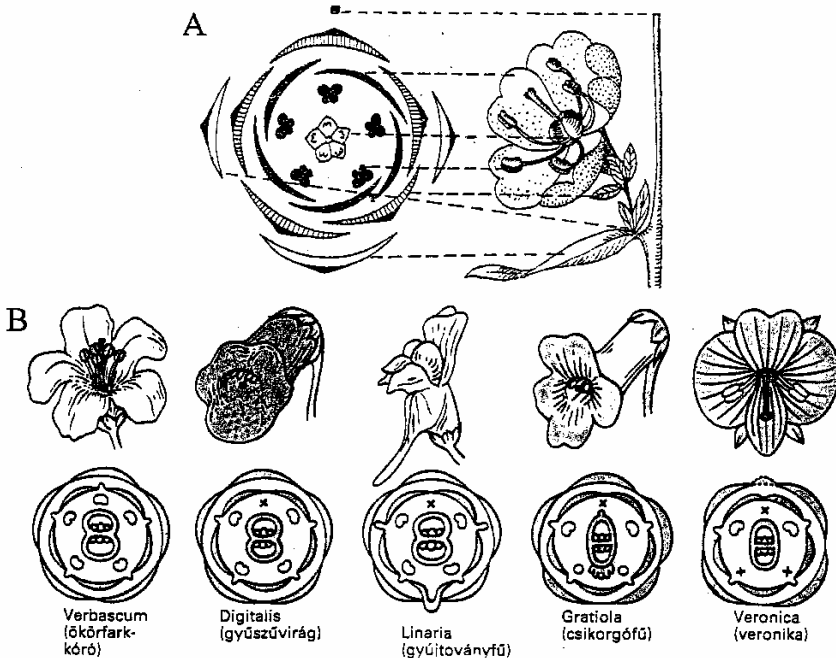
A virágok szimmetriaviszonyainak elemzésekor a takarólevelet vesszük meghatározónak. Az ivarlevek vagy követik a takarólevelek elrendeződését, vagy nem. Ha tudunk a virágra egy olyan képzeletbeli síkot vagy síkokat fektetni a tengelyén keresztül, amelyek egyenlő felekre osztja a virágot, akkor a virág **szimmetrikus**, ha nem akkor **aszimmetrikus**. Ha a virágnak egy ilyen síkja (szimmetriasíkja) van, a virágot **zigomorfnak** mondjuk. Ha több, **sugaras (aktinomorf)** virágról beszélünk. A két szimmetriasíkkal jellemezhető virág, a **bilaterális** virág, ritka a növényvilágban, de előfordul (pl. a szívvirág - *Dicentra spectabilis* virága, 77. ábra).



77. ábra. A virág szimmetriaviszonyai. Virágok, diagramjaik és a szimmetria jelölése. A) aktinomorf virág, B) bilaterális virág, C) zigomorfnak virág, D) aszimmetrikus virág, E) spirális virág. (Günter és társa nyomán)

## 5.4. A virágdiagram és virágképlet

A virágok vetülete, a **virágdiagram** hasonlóan szerkeszthető a hajtásdiagramhoz. A viráglevelek egymáshoz való viszonyát szemlélteti. Legkívül a murváskodó levelet rajzoljuk le, vele szemben a viszonylagos főtengelyt. Majd a takarólevelek következnek. A csészeleveleket sarkos hátú ívvel, a szírom és lepelleveleket íves jellel szimbolizáljuk. A forrt virágtagokat vékony összekötő vonal szemlélteti. A porzólevelek megjelenítése a két portokfelet szimbolizáló kapcsolt félgömb. Középen a termőtáj felépítését, a termőlevelek számát is mutatja a gynoceum metszeti rajza. A termőtájban a placentáció típusa is jelezhető. A spirális virág levelei csigavonal mentén követik egymást a diagramban, a ciklikus virág tagjai koncentrikus körökre kerülnek (78. ábra). A diagramokban az x jel abortált virágtagot, az o meddő porzólevelet jelöl



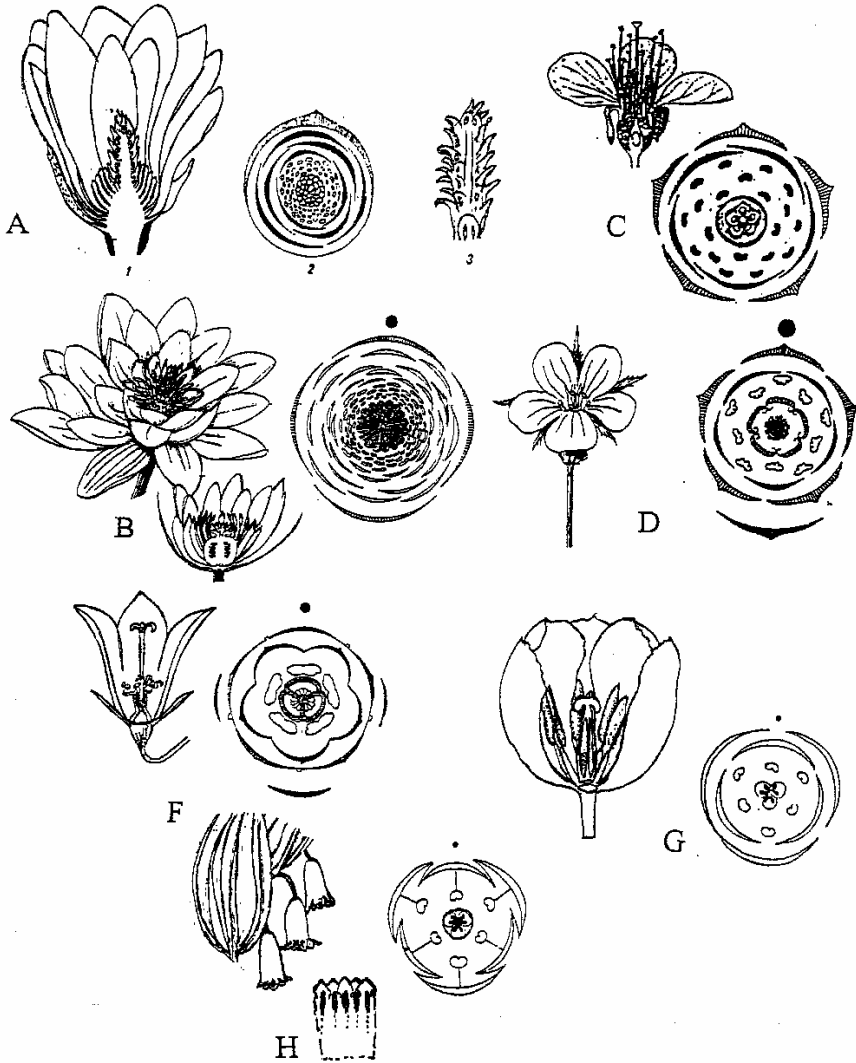
78. ábra. A) Virágdiagram szerkesztése (Henkel nyomán). B) Virágok diagramjaikkal (Günter és társa nyomán)

A **virágképlet** felírása nem igényel rajzolást, ugyanakkor szintén sok információt közöl. A képlet elején utalunk a virág szimmetriájára. Az aszimmetrikus virág jele:  $\int$ , az aktinomorf virágé:  $*$ . A bilaterális szimmetriát  $+$  jel, a zigomorf szimmetriát  $\downarrow$  jel szimbolizálja. A szimmetriaviszonyok után a virág ivarjellege következik, bár ez a későbbiekből is kiderül. A virágképletben a virágtájakat a tudományos név nagy kezdőbetűje jelzi (P-perigonium, K-kalyx, C-corolla, A-androeceum, G-gynoeceum). A takarótajtól haladunk a termőtájig. A nagybetűkhöz indexbe írjuk az egy körön lévő virágtagok számát, több kör esetén a körök tagszáma közé plusz jelet teszünk. A nagyszámú virágtagszámot végtelen jel jelzi. A változó tagszámot kötőjellel jelöljük, pl. 3-6. A virágkörön belüli összenövést kerek zárójellel, a virágtajak közöttit szögletessel jelezzük. Kiesett virágkör a 0 jelet kapja. Az alsó állású magházat a G fölötti vonallal, a felső állásút aláhúzással jelezzük. A termőtáj tagszáma zárójelben van. Virágképletekkel a következő fejezetben, valamint a 2. sz. mellékletben találkozhatnak a jegyzetben.

## 5.5. A virág evolúciójának néhány vonatkozása

A virág felépítése sok változáson ment át a kb. 150 millió évvel ezelőtti megjelenésétől. Erről tanúskodnak a fossziliák, de ugyanúgy a recens növények rokonsági kapcsolatainak vizsgálatai is. Nagyon leegyszerűsítve, ősi virágtípusnak egy olyan virágot tekintenek a kutatók, mint pl. a tavaszi hérics (*Adonis vernalis*) virága: sugaras szimmetria, nagy, változó számú virágtag, sok spirális állású porzólevél és apokarp termőtáj:  $* K_5 C_\infty A_\infty \underline{G_\infty}$ . Specializálódott, levezetett jellegekkel bíró virágra egy orchidea virág lehet példa: zigomorf szimmetriával, specializálódott lepellevellel, határozott virágtagszámmal, összenövésekkel az ivarlevelek között, maximális alkalmazkodás a pollinátorhoz:  $\downarrow P_{3+3} A_{1+0 \vee 0+2} G_{(3)}$

Két típusnövény virágképletének megadásával azonban nem lehet összefoglalni valamennyi evolúciós változást. Ezért táblázatosan is megadjuk a legfontosabb trendeket, valamint a 79. ábra virágainak tanulmányozása is tükrözi azokat:



79. ábra. Trendek a virág evolúciójában. A) *Magnolia* sp. 1. a spirális virág hosszszelvénye, 2. diagramja, 3. termőtájának hosszszelvénye számos apokarp termővel. B) *Nymphaea alba* spirociklikus nagyszámú ivarlevelet fejlesztő virága. C) *Prunus* sp. ciklikus, heteroklamidus, részleges inferior termőtájú virága, D) *Agrostemma githago* pentacyklikus, pentamer virág, F) *Campanula* sp. szinpetál virág, G) *Tulipa* sp. koritepál, pentacyklikus, trimer virág, H) *Polygonatum* sp. szintepál, pentacyklikus, trimer virág, a takarótáj és a porzótáj összenövésével. (Hortobágyi és Firbas nyomán)

## Ősi és levezetett bélyegek a virágokban

Elsődleges, ősi tulajdonságok:	Másodlagos, levezetett tulajdonságok:
magános virágok	virágzatba tömörülő virágok
spirális virágszerkezet	ciklikus virágszerkezet
kétivarú virág	egyivarú virág
egylakiság	kétlakiság
sok, határozatlan számú virágtag	kevés, határozott számú virágtag
aktinomorf virág	zigomorf virág
kettős virágtakaró	hiányzó vagy egyszerű virágtakaró
szabadszirmúság	forrtszirmúság
felső állású magház	alsó állású magház
apokarp termőtáj	cönokarp termőtáj
sok, szabad porzó	határozott számú, összenőtt porzók
rovarmegporzás	szélmegporzás
barázdás felületű ragadós pollen	sima felületű, száraz pollen
sok magkezdemény	kevés magkezdemény
ortotrop magkezdemény	anotrop v. kampilotrop magkezdemény

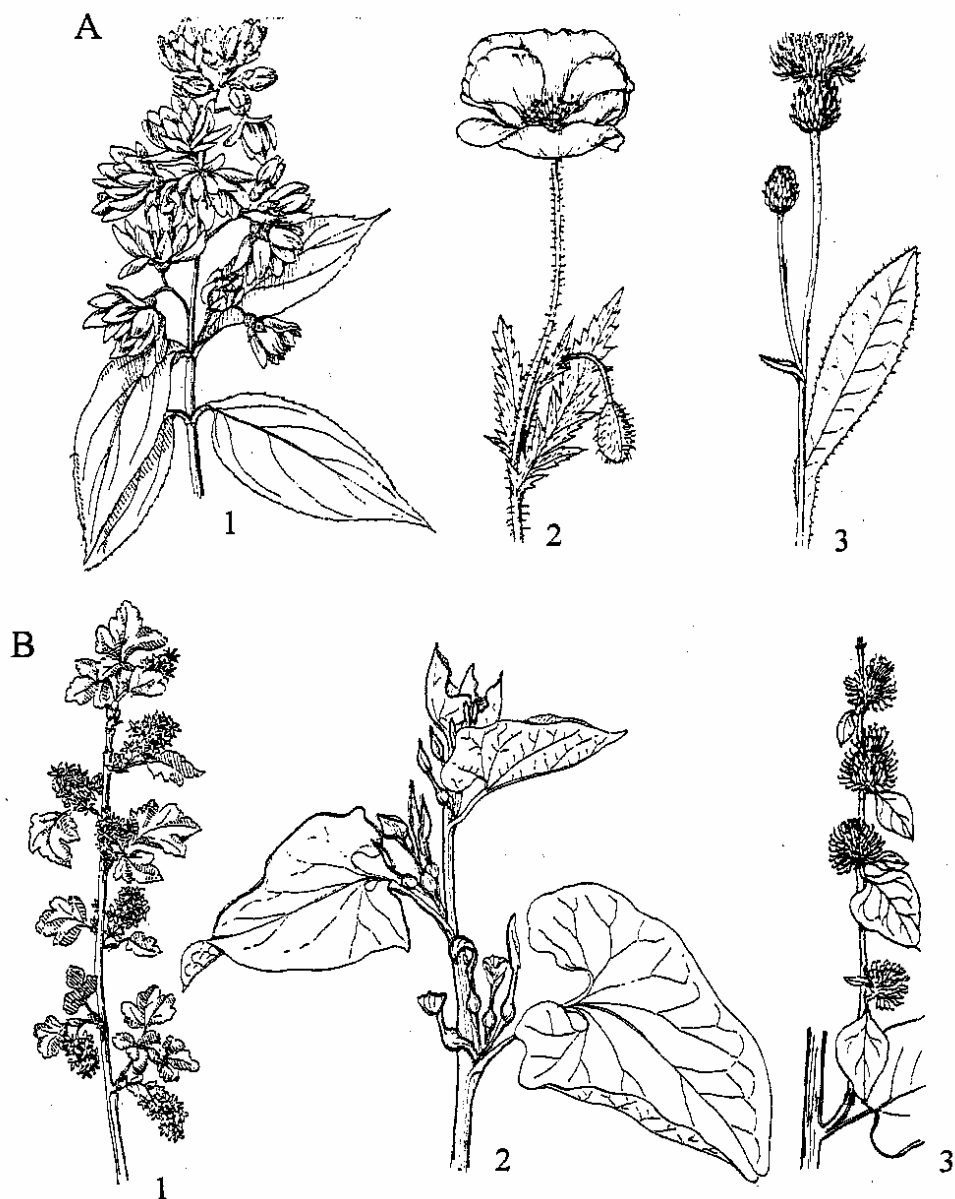
## 5.6. A virágzat

A zárvatermő növények változatos képet mutatnak abban, hogy hány virágot és milyen ritmusban fejlesztenek egy sporofiton életszakaszukban. A fajok többsége több virágot fejleszt élete során. A több évig élők évente hozhatnak több ezer virágot, mint pl. a hazai lombosfáink is. A többvirágú növények virágai fajtól függően, keletkezésüket tekintve különféle viszonyban lehetnek egymással. Fejlődhetnek egymástól független virágrügyekből. Más, virágcsomókat hozó növény virágai csokorba rendeződött virágrügyekből képződnek, virágcsoportot alkotnak. Levezetett, újabb jellegnek tartják, amikor több virág fejlődik ki egyetlen rügyből. Az egy rügyből fejlődő, lombleveleket nem viselő reproduktív hajtásrendszert virágzatnak (**infloreszcenciának**) nevezzük. A virágzatok jól elkülöníthetők a sokvirágú vegetatív hajtásrendszertől azzal, hogy a virágzatban a virágok között nincsenek lomblevelek, legfeljebb fellelő értékű levelek (előlevelek, murvák, pelyvák, pikkelylevelek, stb.). A virágzat tengelyén nincsenek vegetatív hajtásrügyek sem.

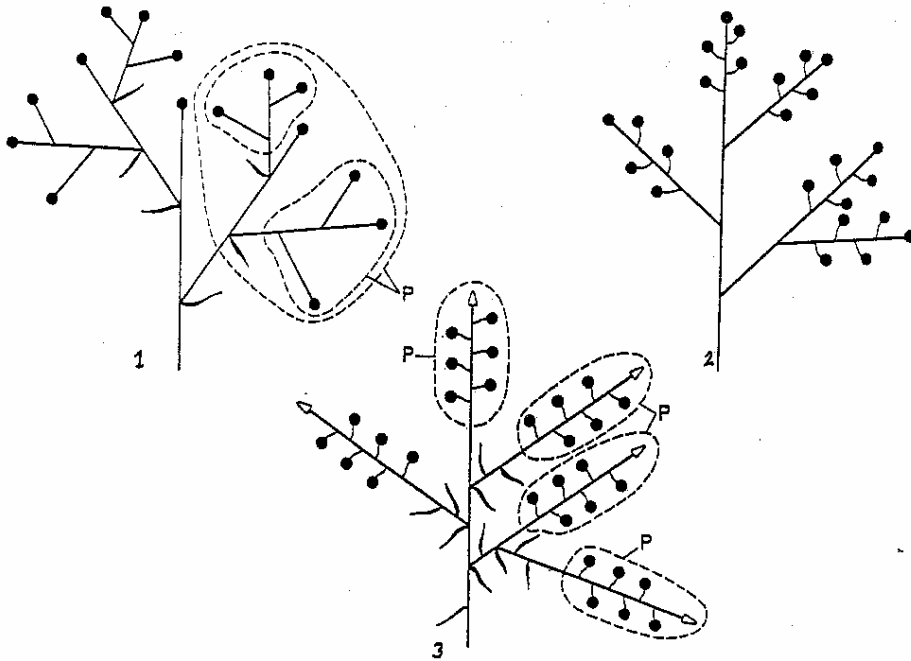
Megkülönböztetünk **egyszerű és összetett virágzatokat**. Az egyszer virágzatokban monopodiális hajtásrendszer esetében a virágok kocsányai a virágzati tengelyhez kapcsolódnak (fürtök). A szimpodiális hajtásrendszerben pedig az áltengelyt maguk a virágkocsányok adják (egyes bogak). Az összetett virágzat (**szinfloreszcencia**) esetében mindig van valódi tengely, amihez a legtöbb esetben jól felismerhető ismétlődő egységek (modulok) kapcsolódnak. Az összetett virágzat moduljait **parakládiumoknak** nevezzük. A parakládiumok általában egy egyszerű virágzat elágazásrendjét követik (81. ábra).

A virágzatok tanulmányozása, típusok felismerése és azok származástani kapcsolatainak megértése az érdeklődés középpontjában áll. Születnek új elméletek, újabb szempontok kerülnek előtérbe a fejlődési és leszármazási kapcsolatok igazolására. Jegyzetünkben bevezetünk néhány újabb szemléletet tükröző fogalmat és kategóriát. Ugyanakkor megtartjuk a virágzatok klasszikus felosztását, mivel a szerzők véleménye, hogy a határozókönyveink használatához a klasszikus felosztás kategóriáinak megismerése is szükséges.

Ha a virágrügy vagy virágzatot létrehozó rügy oldalhelyzetű, **pleonantikus** növényről beszélünk, ha csúcsi, **hepaxantikus** növényről (80. ábra).



80. ábra. A) Hepaxantikus fajok: 1. *Deutzia scabra* végálló bugája, 2. *Papaver rhoeas* virága és bimbója, 3. *Carduus glaucus* végálló fészekvirágzata, B) Pleonantikus fajok. 1. *Ribes alpinum* oldalhelyzetű fürt virágzatai, 2. *Aristolochia clematitis* levélhónalji virágcsoportjai, 3. *Arctium minus* oldalhelyzetű fészkei. (Simon és Kárpáti nyomán)



81. ábra. Összetett virágzatok parakládiumai. 1. a parakládium értelmezése két szinten, összetett bogas hajtásrendszerben, 2. monotelikus szinfloreszcencia, 3. politelikus szinfloreszcencia. (p - parakládiumok). (Bell nyomán)

### 5.6.1. Egyszerű virágzatok

Csoportosításuk azon a megfigyelésen alapszik, hogy laterálisan, vagy a virágzati tengely végén, terminálisan jelenik meg az első kinyílt virág.

Ha az első érett virág laterálisan jelenik meg, a tengely továbbnővekedve hozza létre az újabbakat. A tengely növekedése potenciálisan korlátlan, a valószínűségben a virágzati tengely csúcsa a ki nem nyílt virágokkal, bimbókkal hal el. Más szóval, a tengely csúcsmerisztémája differenciálatlanul pusztul el. A virágnyílás irányultsága a virágzaton belül, ha a virágzat vetületét tekintjük, centripetális. Az ilyen típusú virágzatokat **fürtös (racemosus)** virágzatoknak nevezzük. Potenciális korlátlan növekedésük miatt **nyílt virágzatok** (82. ábra).

Ha az első érett virág a virágzat tengelyének csúcsán virágzik el, akkor a további virágok kocsányai az első virág alatt jelentkeznek. A főtengely korlátolt növekedésű, a virágnyílás centrifugális. **Bogas, (cümózus)** virágzatról beszélünk. A bogas virágzatok között az áltengelyesek nyíltak is lehetnek (83. és 84. ábrák).

**Racemózus virágzatok** (82. ábra):

**Fürt (racemus).** A virágzati tengely csúcsa felé rövidülő kocsányú virágok ill. bimbók alkotják. A tengelyen a virágok a spirális, átellenes és örvös elrendeződést követhetik (pl. fehér akác - *Robinia pseudo-acacia*, a legtöbb keresztesvirágú - *Brassicaceae*- családba tartozó növény). A virágzati tengely lehet murvalaveles is, és hajlékony is.

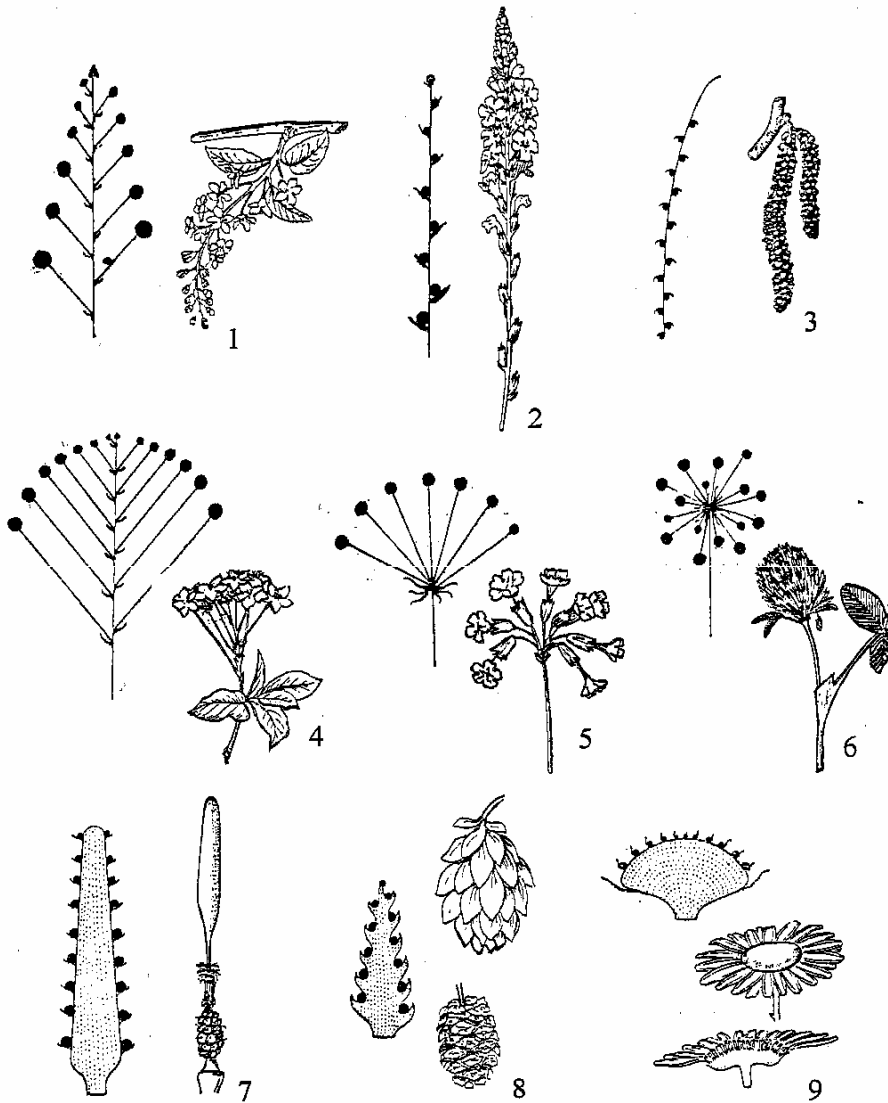
**Füzér (szpika).** A virágzati tengelyhez a virágok igen rövid kocsányokkal kapcsolódnak. A virágzati tengely merev, felálló (útifüvek - *Plantago* fajok, macskafarkú veronika - *Veronica spicata*).

**Barka (amentum).** Egyivarú virágokból felépülő füzér, ahol a virágzati tengely lehet hajlékony, ezért a virágzat lecsüngő (nyárok - *Populus* fajok porzós és termős barkái). Másoknál a virágzat felálló (füzek - *Salix* fajok barkái). Elvirágzás után egészben hullnak le.

**Torzsa (szpadix).** Vaskos, esetleg húsos tengelyű füzér. Egyivarú virágokból építkezik. Gyakrabban a porzós virágok disztálisan, a termősek proximálisan találhatóak. A kukorica torzsavirágzatában kizárólagosan termős virágok vannak. A torzsavirágzathoz gyakran fellelél vagy fellevelek kapcsolódnak. Magános, formában és színben dekoratív fellelél a **buroklelél** vagy **spáta** (flamingóvirág - *Anthurium* sp., filodendronok - *Monstera* fajok). A kukorica torzsáját (termős virágzatát) több megsárguló buroklelél (csuhé) borítja.

**Sátor (korimbusz).** Olyan fürtös virágzat, ahol a tengelyen proximális irányban a virágkocsányok egyre hosszabbak, ezért virágnyílásra a virágok közel egy magasságba kerülnek (több keresztesvirágú faj - *Brassicaceae* család).

**Ernyő (umbella).** A virágzati tengely rövidszártaú, ezért a virágok kocsányai látszólag egy pontból erednek. Az ernyő sugarai a kocsányok. A kocsányok eredésénél látható fellevelek a gallérlevelek. Az egyszerű ernyő ritkább (pl. borostyán - *Hedera helix*, kankalinok - *Primula* fajok), sokkal gyakoribb az összetett ernyő, ahol a virágzati tengely csokorba tömörült elágazásain fejlődnek az ernyővirágzatok. A virágkocsányok alatti felleveleket gallérka



82. ábra. Egyszerű fürtös virágzatok. 1. racemusz - *Padus sp.*, 2. szpika - *Verbascum sp.*, 3. amentum - *Corylus avellana*, 4. korimbusz - *Spiraea sp.*, 5. umbella - *Primula sp.*, 6. kapitulum - *Trifolium sp.*, 7. szpadix - *Arum sp.*, 8. julusz - *Humulus sp.* és *Alnus sp.*, 9. kalatidium - *Bellis sp.*. (Kárpáti, Priszter és Kurszanov nyomán)

leveleknek hívjuk. A gallérlevelek ez esetben a virágzati tengely elágazásainál figyelhetők meg (ernyősvirágzatúak - *Apiaceae* család).

**Gomb vagy fejecske (kapitulum).** A rövidszártagú virágzati tengelyen a rövidkocsányú virágok sokasága gömb vagy félgömb formát alkot (lóherék - *Trifolium* fajok, platánok - *Platanus spp.*).

**Fészek (kalatidium).** Látszólag nincs virágzati tengely, mivel az korong, kúp, tányér stb. alakot vesz fel, **fészektányérra (talamuszt)** alkot. Gyakran vaskos és húsos is. A tányér proximális felszínén több sorban vagy spirálisan változatos megjelenésű **fészekpikkelyek (szkvamák)** fejlődnek. A tányér felszínén **vacokpikkelyek** hónaljában, vagy ilyen támasztólevelek nélkül ülnek a virágok.

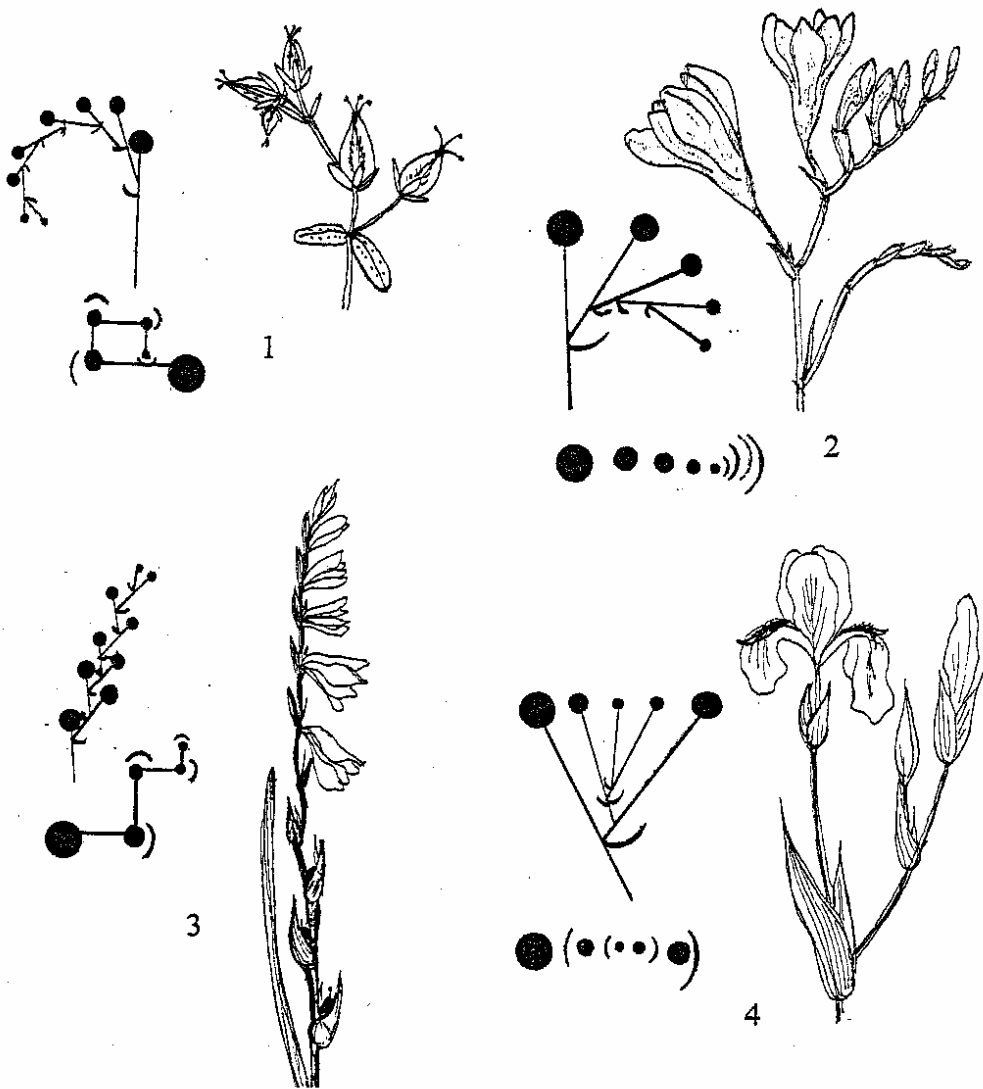
A fészekvirágzat az *Asteraceae* családra jellemző. A fészekben megjelenhetnek a sugaras szimmetriájú **csöves**, vagy más szóval **kög** virágok, és a zigomorfi szimmetriájú **nyelves** virágok. Mindkét virágtípusban inferior gynoecium van. A családon belül két alcsaládot különítenek el. A nyelvsvirágúak (*Liguliflorae*) alcsaládjában a fészekben csak nyelvsvirágok találhatók (az alcsaláddal kapcsolódó bélyeg még, hogy a növények tejnedvet választanak ki). Pl. a gyermekláncfű - *Taraxacum officinale*. A csövesvirágúak (*Tubuliflorae*) alcsaládjában a fészekben megtalálhatók mind a csöves (disztálisan), mind a nyelvsvirágok (perifériálisan, pl. a napraforgó - *Helianthus annuus*). A nyelvsvirágok ilyenkor gyakran csak porzósak, vagy éppen meddők. Rovarcsalogató feladatot töltenek be. Az alcsaládban található olyan növények is, ahol a fészek csak csöves virágokból épül fel (pl. a gilisztaölő varádics - *Chrysanthemum vulgare*). Lásd még a 2. sz. mellékletet.

A fészekvirágzat a gyakran feltűnő méretű és színű sugárzó nyelvsvirágokkal "virágszerű", ezért **pszeudantiumnak** is nevezik. A vadon élő fajok mellett sok kerti és üvegházi dísznövényünknek fészekvirágzata van (büdöskék, dália, margaréták, napraforgók, krizantémok, gerberák stb.).

**Tobozka (julusz).** A virágzati tengelyen fásodott (éger - *Alnus glutinosa*), vagy hártyás (komló - *Humulus lupulus*) fellevelek hónaljában ülnek a virágok.

**Cümózus virágzatok** (83. és 84. ábrák):

**Egyes bogak (monokáziumok, 83. ábra).** A virágzati tengelyük tipikus áltengely. Úgy jönnek létre, hogy az elvirágzott csúcsi virág alatt fejlődő, a tengelyt túlnövő kocsányon újabb virág fejlődik. Ennek a kocsánya egyesbogas modulként továbbágzik. Az így kialakuló áltengely korlátlan növekedésű.



83. ábra. Egyes bogak. 1. bosztrix - *Hypericum sp.*, 2. drepanium - *Fresia sp.*, 3. cicinnusz - *Gladiolus sp.*, 4. ripidium - *Iris sp.*

**Forgó (cicinnusz).** A forgóban az elnyílt virág alatt fejlődő kocsánynak az adaxiális oldalán fejlődik az harmadik kocsány. A negyedik kocsány abaxiálisan, az ötödik újra adaxiálisan stb. jelenik meg. Így egy fölfelé irányuló áltengely jön létre, amelynek vetületén a virágok térben vannak (pl. csillagvirágok - *Scilla* fajok, kardvirágok - *Gladiolus* sp.).

**Legyező (ripidium).** Hasonlóan a forgóhoz, a virágok jobbra balra változva fejlődve hozzák létre a szimpodiumot. A bogágak (kocsányok) azonban egyre rövidebbek lesznek. A virágzat vetületén a virágok egy síkban találhatóak (pl. nőszirmok - *Iris* fajok).

**Kunkor (bosztrix).** Az egymásután fejlődő kocsányok mindig egy oldalon jönnek létre és egyenlő hosszúságúak. Vetületén a virágok nem egy síkban helyezkednek el (pl. orbáncfűvek - *Hypericum* fajok).

**Sarló (drepanium).** A virágok hasonló rendben fejlődnek a kunkor virágzathoz. A kocsányok viszont egyre rövidülnek és a virágok így közel egy magasságban lesznek és egy síkban is maradnak (pl. szittyók - *Juncus* fajok).

**Kettős bogak (dikáziumok).** A virágban végződő főtengelet alatt két egyenértékű, a főtengelet túlnövő kocsány fejlődik. Ha a centrális virág elvirágzása után a termés is lehullik, álvillás (pszeudodichotómikus) elágazás keletkezik. A kettős bog is akár csak az ernyő, ritkábban egyszerű (84. ábra). Gyakoribb, hogy a kocsányokon újabb kocsánypárok jelennek meg. A virágzat így kettősbogas modulokból tovább építkezik (pl. a fehér mécsvirág - *Melandrium album*).

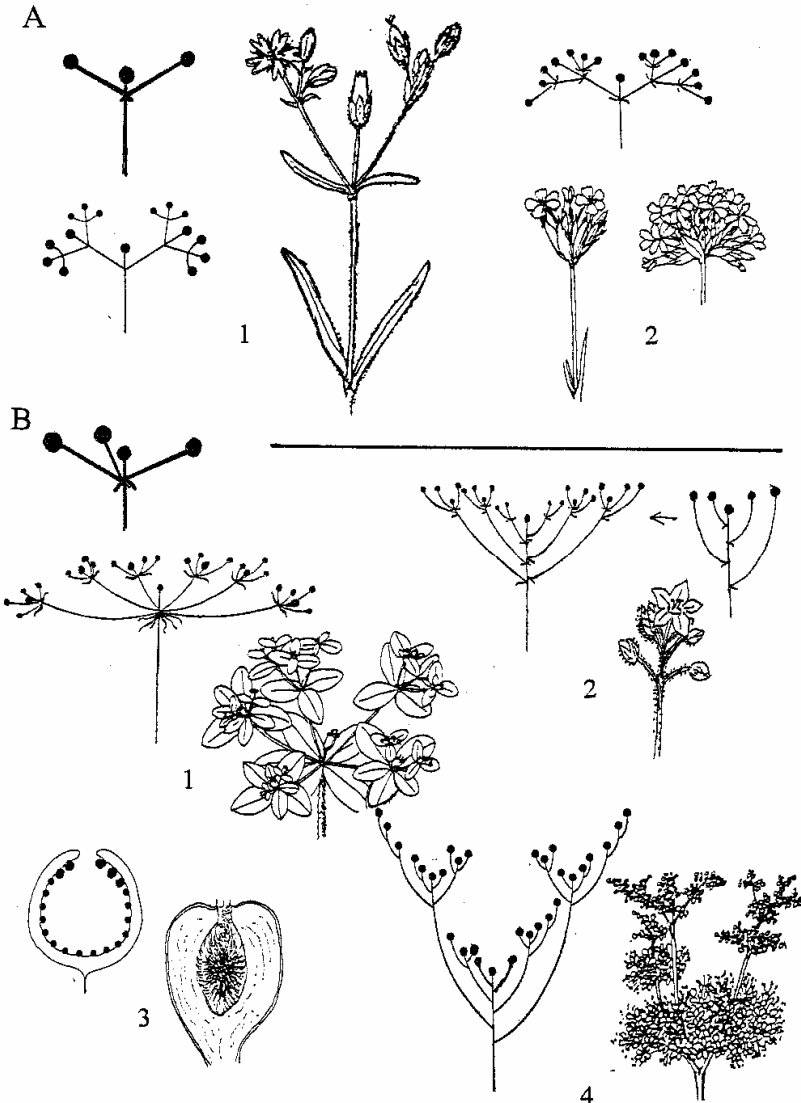
Ha az összetett kettősbogban a kocsányok nagyon rövidek, a virágzat ezért fejcskeszerű, akkor **gomolyról (glomeruluszról)** beszélünk (pl. magyar szegfű - *Dianthus ponederae*).

**Többes bogak (pleiokáziumok).** A főtengelet virágban végződik. Alatta egy magasságban több virágkocsány fejlődik (84. ábra).

**Bogernyő (cüma).** A virágzatban egyenlő hosszúságú kocsányok figyelhetők meg örvös állásban az elvirágzott virág alatt (pl. kutyatejek - *Euphorbia* fajok).

**Ecset (antela).** A többesbogban a csúcsvirág alatti kocsányok különböző magasságokban erednek, szórtak, és különböző hosszúságúak (pl. legyezőfűvek - *Filipendula* fajok).

**Csomó (fascikulus).** A terminális virág alatti szórt kocsányok spirális helyeztűek, közel egyenlő hosszúságúak (pl. tökfélék - *Cucurbitaceae* család).

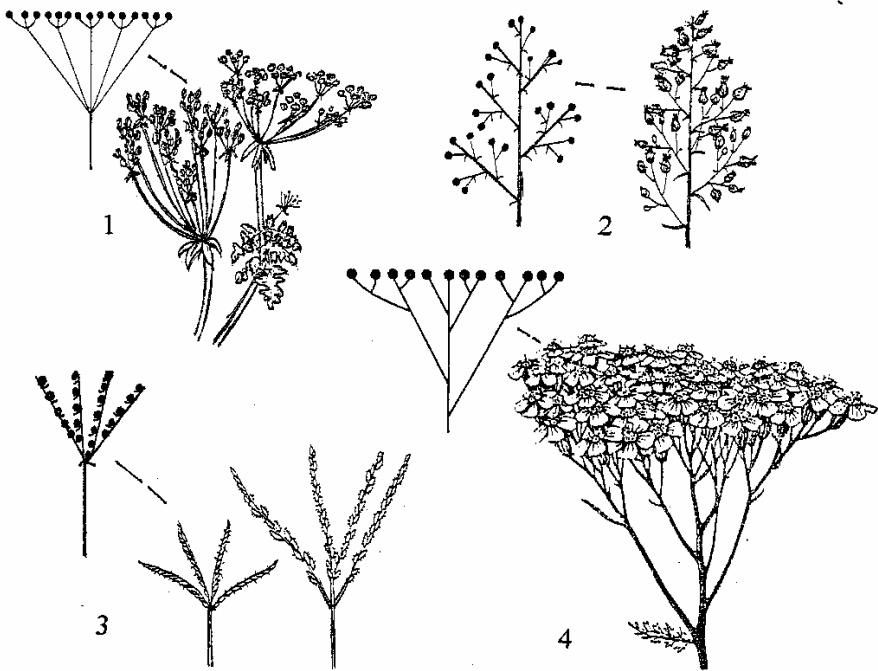


84. ábra. Bogas virágzatok. A) 1. egyszerű és összetett kettősbog - *Cerastium* sp., 2. gomoly - *Dianthus* sp., B) 1. egyszerű és összetett többesbog, bogernyő - *Euphorbia* sp., 2. összetett és egyszerű csomó - *Borago* sp., 3. serlegvirágzat - *Ficus carica*, 4. összetett ecset - *Filipendula* sp.

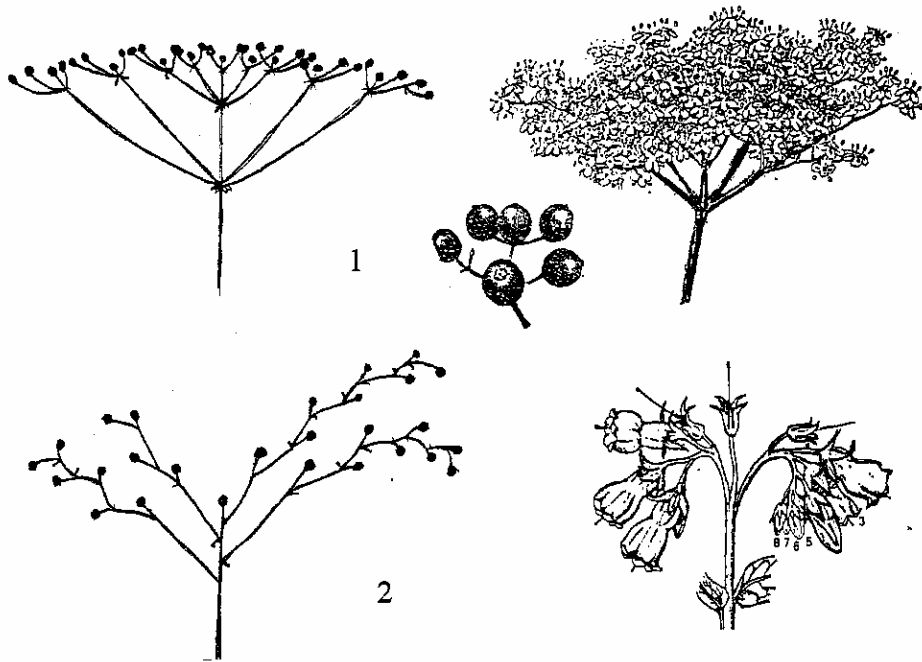
**Serlegvirágzat (hipantidium).** A virágzati tengely kiszélesedik, és szélei felhajolnak. Az ebben fejlődő virágok nyílási rendje centrifugális, vagyis ez a virágzat is bogas típusú (füge fajok - *Ficus spp.*, 84. ábra).

### 5.6.2. Összetett virágzatok

Egyszerű virágzatokból állnak, az akár többszörösen is elágazó virágzati tengelyen. Ha az elágazások rendje csak fürtös vagy csak bogas rendet követ, **homotaktikus** összetett virágzatról (85. és 86. ábrák) beszélünk.



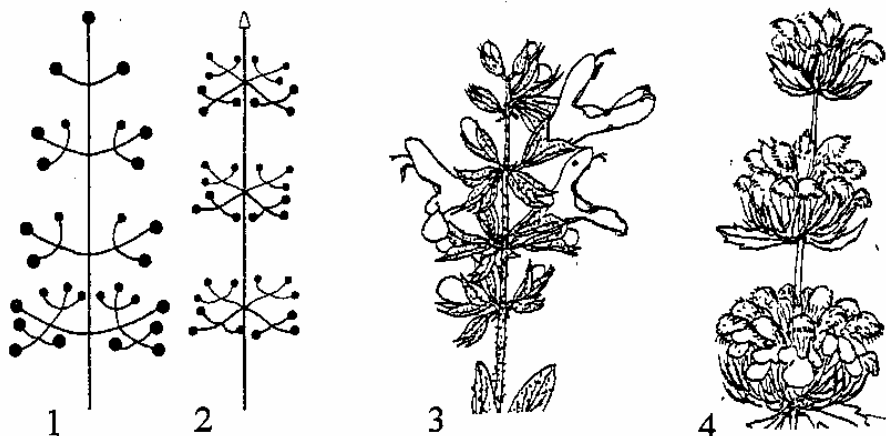
85. ábra. Homotaktikus virágzatok fürtös elemekkel. 1. összetett ernyő - *Daucus sp.*, 2. fészkes fürt - *Erigeron canadensis*, 3. füzéres ernyő - *Cynodon dactylon*, 4. fészkes összetett sátor - *Achillea sp.*



86. ábra. Homotaktikus virágzatok bogas elemekkel: 1. összetett többes bog –modell, és a *Sambucus nigra* virágzata, 2. forgós többes bogak –modell, és a *Symphytum officinale* forgós kettős bog virágzata

Ha a fürtösen elágazó főtengyelen bogas elágazási rend figyelhető meg, vagy fordítva, akkor az összetett virágzat **heterotaktikus** (87. ábra).

Az összetett virágzatok megnevezésekor elsőként a perifériális virágzattípust jelezzük, aztán a virágzati főtengyel elágazásmódját. Pl. fészkes sátor a cickafark (*Achillea sp.*) virágzata. A pázsitfüvek homotaktikus összetett virágzatainak alaktani megnevezése: a buga füzéres fürt, a kalász pedig füzéres füzér (2. sz. melléklet). A katángkóró (*Cichorium intybus*) összetett virágzata fészkes forgó, ez heterotaktikus összetétel. Ha kettősbogak vagy gomolyvirágzatok helyezkednek el egy monopodiális tengelyen, akkor **tirzuszról** beszélünk. Ha a kettősbogak örvöket alkotnak, az összetett virágzat neve **verticillaszter** (87. ábra). Pl. az ajakosak (*Lamiaceae*) örvös szerkezetű, látszólag füzér virágzatában a főtengyelhez kettős bogak kapcsolódnak.



87. ábra. Tirzusz (1) és verticillaszter (2). Részlet a *Salvia officinalis* tirzuszából (3) és a *Phlomis tuberosa* verticillaszteréből (4). (Bell és Csapody nyomán)

Az összetett virágzatokat aszerint is csoportosítják, hogy a virágzat mennyire zárt. Azok az összetett virágzatok, ahol az oldaltengelyek ugyanúgy, mint a főtengey virágban végződnek, **monotelikusak**. Ha a virágzati főtengey és a parakládiumok is korlátlan növekedésűek, **politelikus** hajtásrendszerrel beszélünk (81-87. ábrák).

### 5.6.3. A virágzatok evolúciós jelentősége

Egy növény sikerességét a fajfenntartásban az egészséges, megragadt csíranövények számával mérhetjük. Ehhez képest csaknem valamennyi növény a szükségesnél sokkal több virágban, sokkal több magot érlel. Ennek oka a fajfenntartás teljes biztonságára való törekvés, amiben bennfoglaltatik az is, hogy a koevolúcióban fejlődő állatvilág számára adott legyen a megfelelő táplálék-mennyiség akár pollen, nektár vagy mag formájában.

A megporzás szempontjából egy hatalmas, dekoratív virág tűnhet optimálisnak. Azonban ez a növényevők számára vonzást is jelenthet, amellet, hogy egy nagyobb virág nagyobb ráfordítást jelent (energiában értve) a növény számára. Az eredménynek pedig nagyobb a kockázata. Mindenesetre, ahol nagy és kevés számú virág fejlődik a növényen, a virágban általában sokszorozódott az

ovulumok száma, bár ez aligha csökkenti jelentősen a kockázatot a szaporodásban. Sikeresebbnek tűnnek azok a növények, ahol több apró virág fejlődik, virágonként kevesebb ovulummal, és azok is csoportokban, általában virágzatban. A sok apró virágnak együttesen megmarad a vizuális szignálja a pollinátor felé, mindamelllett, hogy a virágzatban a folyamatos, elhúzódó virágnyílás ugyancsak a sikeresebb megporzást biztosítja. Az idegen megporzáshoz az is fontos, hogy a pollinátor sok virágot keressen fel. Kis virágokban a pollinátorok csak kevés nektárt gyűjthetnek, ezért többet kell meglátogatniuk.

Számos egyéb körülmény határozhatta meg, hogy egy-egy fajnál mi jelentett előnyt vagy hátrányt abban a folyamatban, amelyben a faj virágmérete, virágszáma, ovulumszáma kialakult. Ha a növényfajok és a pollinátorok nagy számára és a változó sokszínű környezeti feltételekre gondolunk, nem is meglepő a virágok és a virágzatok hallatlan sokfélesége. Evolúciós tanulmányok az egyszerű virágzatokból vezetnek le az összetetteket. A monotelikusból a politelikusat.

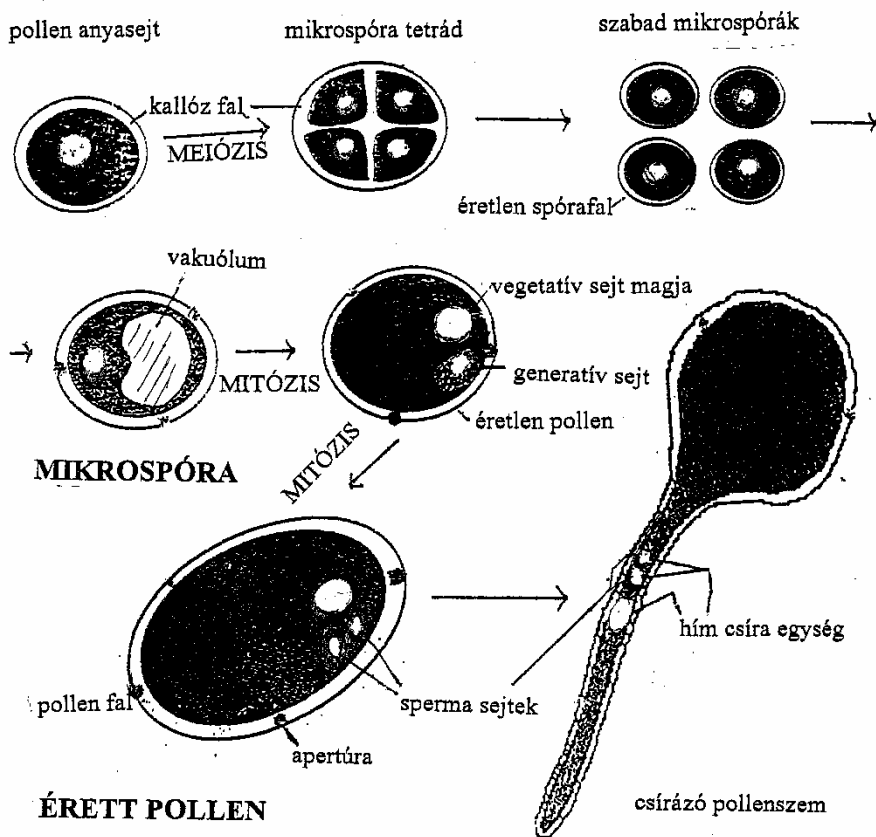
## 5.7. A megporzás és a megtermékenyítés

### 5.7.1. A megporzás

A megporzás az a folyamat, amely során a hím gametofiton vagy annak kezdeményét, a mikrospórát hordozó pollenszemek a petesejtet rejtő szervre kerülnek. A zárvatermők virágában ez a bibe, a nyitvatermőknél a magkezdemény. E felületek specializálódtak a pollenszemek felfogására, és kompatibilitás esetén a hímivarsejteket közvetítő pollentömlő növekedésének elindítására. Itt működik a megporzás-megtermékenyítés összekapcsolt folyamatának első felismerő rendszere, ami e helyen a pollenfal külső rétegében és a felfogó felületen megjelenő S géntermékek kompatibilitásával ill. inkompatibilitásával kapcsolatos.

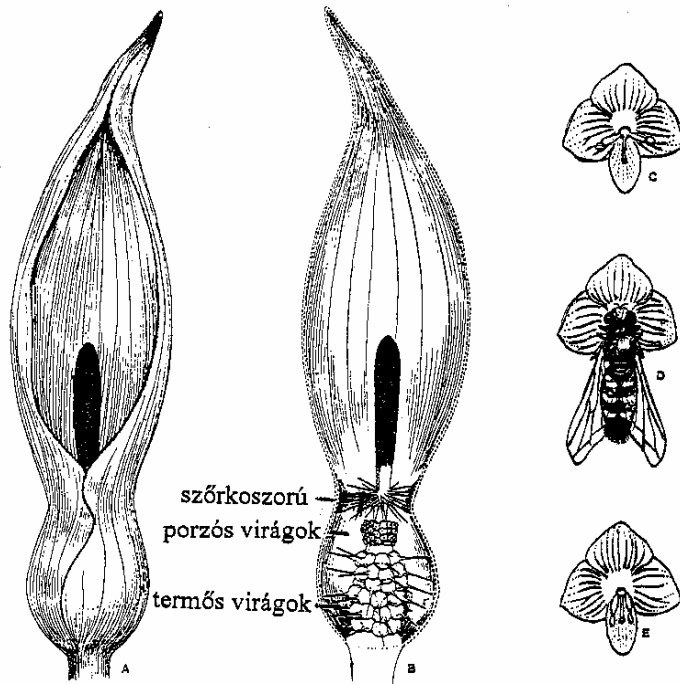
A különböző zárvatermő fajoknál a portokból szabaddá váló pollenszemek fejlődésük más-más állapotában vannak. A fajok kb. 70 %-a esetében a meiózissal létrejövő mikrospórák magjai mitózissal megosztódnak és kétszejtes pollenszemekként hagyják el a portokat. A mitózis egy nagyobb méretű ún. vegetatív sejtet eredményez, amely később pollentömlővé növekszik. A kisebb sejt a hímivarsejtek anyasejtje, a generatív sejt. Ezeknél a fajoknál a generatív sejt osztódása utáni háromsejtes állapot a pollentömlőben alakul ki. A többi faj esetében a pollenszemek már háromsejtes állapotban hagyják el a portokat. A **mikrosporo-genézis** és a **mikrogametogenézis** fő fejlődési mozzanatait a 88. ábrán mutatjuk be.

A generatív sejt osztódásakor nem figyelhető meg préprofázisos köteg, ami a sejtfalkeletkezés feltétele. Ezért a hímivarsejteknek nem is fejlődik sejtfala. A hímivarsejtek sejttállománya éréssel jelentősen csökken, magállományuk minimális energiaráfordítással szállítható formába csomagolt. Félhold alakot vesznek fel, és a növekvő pollentömlőben szorosan kapcsolódnak a vegetatív sejt nagy, akár hímivarsejt méretű magjához. Ezt, a pollentömlőben együtt haladó fizikális egységet nevezik **hím csíraegységnek**. A vegetatív sejt pollentömlővé növekedése, különösen hosszú pollentömlők (hosszú bibeszálak) esetén nagy ráfordítást jelent. Csak rövid pollentömlők esetében nő akkorára, hogy a pollenfalon belül is marad plazma. Más esetekben, a tömlő növekedése közben a plazma egy kallózzal borított membránfelülettel határolja el magát a pollen hátrahagyott terétől.



88. ábra. Mikrosporogenezis és mikrogametogenezis

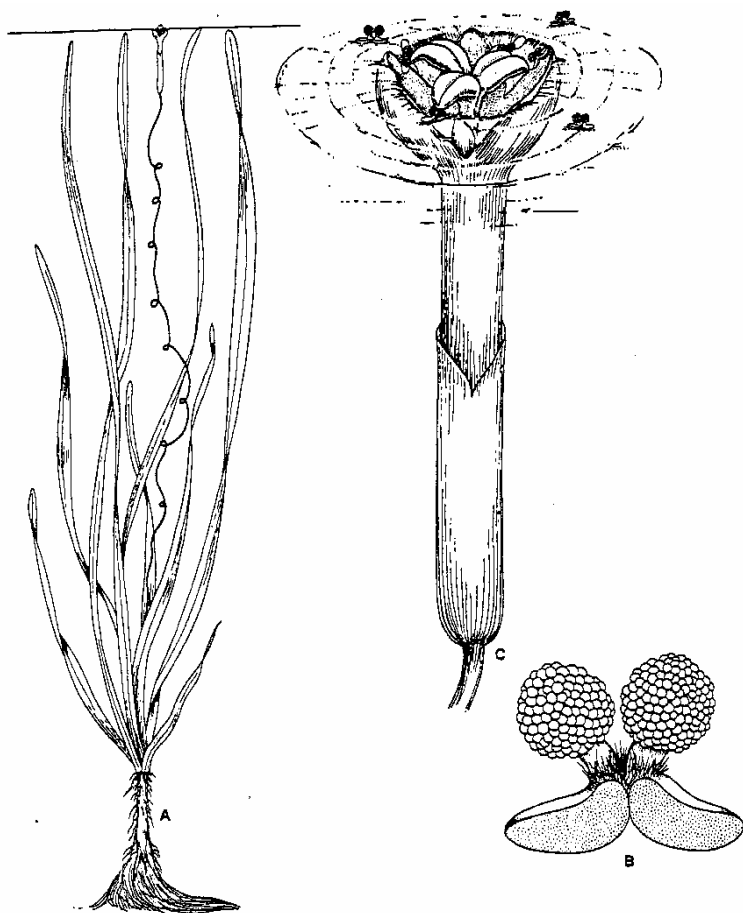
A megporzásban a pollent közvetítő ágens többféle lehet. Állatmegporzás (**zoofilia**) esetében, a partner növény- és állattaxonok egymáshoz való kölcsönös alkalmazkodása, szoros egymásrautaltságuk kialakulása koevolúció eredménye. A zárvatermők többsége **rovarporozta**, **entomofil**. A virágok méretükben, színükben, formájukban, illatanyagaik és nektárjaik minőségében és mennyiségében alkalmazkodtak a megporzó rovarokhoz vagy rovarcsoportokhoz (89. ábra).



89. ábra. Dipterák porozta virágzat és virág. A, B) *Arum maculatum* torzsavirágzata spátával. C,D,E) *Veronica* sp. virága: C) megporzás előtt, D) megporzás, E) megporzás után. (Wiley és társai nyomán)

A rovarok mellett egy-egy specializált virágban a megporzást más zootaxonok fajtái is végezhetik (csigák, kolibrik, denevérek stb.). A zárvatermők fiatalabb csoportjai, pl. a fűvek, sások, barkás fák, **szélporozta**, **anemofil** virágúak. A szélbeporzáshoz való alkalmazkodást több jelleg mutatja: a virágtakaró leegyszerűsödik, a jelentéktelen nagyszámú virág hajlékony tengelyű virágzatba tömörül, sok sima felületű pollen termelődik. A hínárnövényeknél előfordul, hogy a pollenek a víz közvetítésével jutnak el a bibéhez (**hidrofilia**, pl. csavarhínár - *Vallisneria spiralis* esetében, 90. ábra).

A fajok populációiban a genom variabilitása, vagyis a populációk egyedeinek genetikai sokszínűsége ivaros életmenetek esetében attól is függ, hogy a megtermékenyítés pollenszemei hol keletkeztek, ugyanabban a virágban, az egyed egy másik virágában, egy másik egyeden, esetleg egy másik populáció egyedén stb.



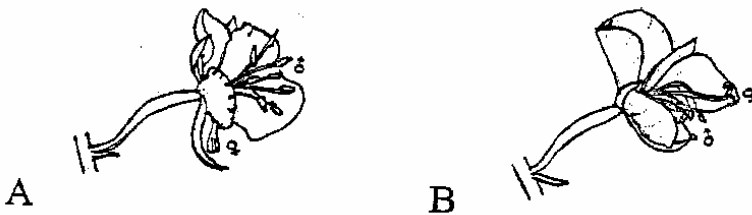
90. ábra. *Vallisneria spiralis* - hidrofilia. A) A növény kicsinyített rajza. Virága a spirális virágkocsányon a víz színére emelkedik, C) termős virág nagy felületű bibekaréjokkal, körülötte úszó portokok, B) levegőben gazdag szövet biztosítja a portokok úszását a víz színén - nagyítva. (Gleason nyomán)

Kétivarú virágoknál, ha ugyanazon virág pollenje csírázik a saját bibéjén, **autogámiáról**, **önbeporzásról** beszélünk. Egyes fajoknál rendszeresen előfordul, másoknál csak az idegen megporzás elmaradása esetén, a virágzás végén következik be. A **kleisztogámia** az önmegporzás azon esete, amikor a virág ki sem nyílik, a megporzás az összeborult takarélevelek védelmében megy végbe. Ha az autogámia kinyílt virágban megy végbe, **kazmogámiáról** beszélünk. Kazmogámia esetén a pollenszemek szóródással, a levegő mozgásával érik el a

bibe felületét. Előfordul az is, hogy a pollenszemek a portokból kezdenek pollentömlőt fejleszteni a bibe irányába, más virágoknál pedig közvetlenül érintkeznek az érett portokok a bibe felületével (pl. illatos ibolya - *Viola odorata*).

Ha a megtermékenyítés ivarsejtjei különböző virágokban képződnek, a megporzást **kölcsönös megporzásnak**, **allogámiának** nevezzük. Az allogámia esetei: Ha ugyanazon egyed két különböző virága között megy végbe, **szomszéd megporzás**, **geitonogámia** a jelenség neve. **Idegen megporzás**, **xenogámia** történik, ha a faj különböző egyedeinek virágai kerülnek egymással kapcsolatba megporzáskor. **Kereszteződésről**, **basztardogámiáról** beszélünk, ha a megporzásban résztvevő egyedek különböző fajhoz vagy nemzetséghez tartoznak. A természetben ritka jelenség. A mesterséges hibridek, az ember számára kedvező tulajdonságú természet- és dísznövények, akár nemzetségek közötti sikeres keresztezések eredményei is lehetnek.

Több faj virágának felépítésében vagy fejlődésében olyan jelenségek figyelhetők meg, amelyek az idegen megporzást segítik elő: A virágokban az ivarlevelek érése nem mindig egyszerre zajlik. Ha egy kétivarú virágban a portokok felnyílása és a bibe érettsége között lényeges időbeli eltérés nincs, akkor **homogámiáról** beszélünk (pl. boglárka fajok - *Ranunculus spp.*), ha különböző időben érnek, **dihogámiáról**. Több növénycsoportban a portokokból már akkor érett pollen hullik ki, amikor a bibe még ki sem fejlődött. A jelenség a **protandria**, a virág protandrikus (pl. *Asteraceae* és *Fabaceae* családok.). A rózsafélék (*Rosaceae*) és a keresztesvirágúak (*Brassicaceae*) esetében az ellenkezője, a **protogünia** figyelhető meg. A protandria a gyakoribb, mivel a normális virágfejlődésben a hím ivarlevelek differenciálódása hamarabb indul meg, hamarabb is érnek (91. ábra).



91. ábra. Az *Epilobium angustifolium* protandriája. Először a porzók érnek meg (A), ezek leszáradását követi a bibe megnyúlása és érése (B). (Clements és Long nyomán)

Az önmegporzás elkerülésének egy másik módja, ha az ivarlevelek elhelyezkedése teszi lehetetlenné az önmegporzást. A jelenség neve **herkogámia** (herkogám virága van pl. a nőszirm - *Iris* és a kosbor - *Orchis* fajoknak).

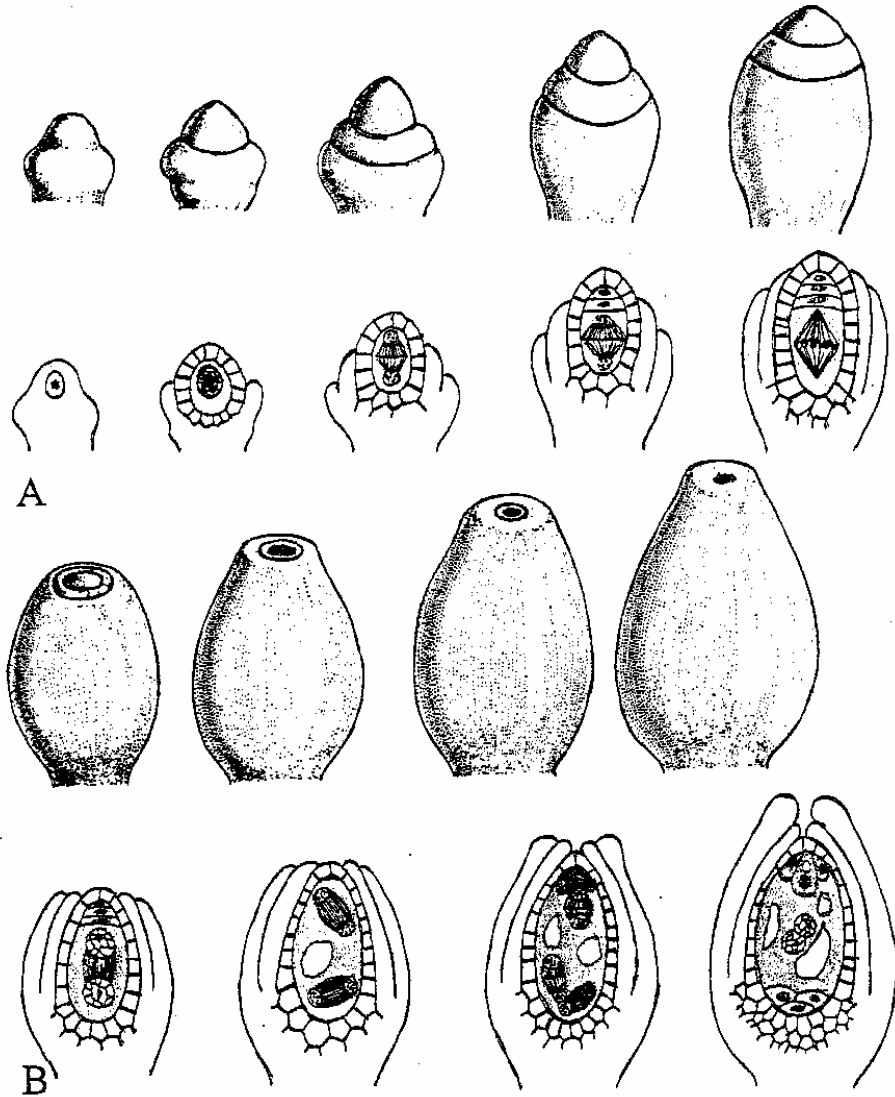
Az allogámiát elősegítő stratégia a különböző magasságú ivarlevelek fejlesztése és adott méretű pollenek valamint azoknak megfelelő bibefelszínnek fejlődése. Erről, vagyis a **heterosztília** típusairól az előző fejezetben már szóltunk (75. ábra).

### 5.7.2. A megtermékenyítés

A megtermékenyítés a hímivarsejt egyesülése a petesejttel. A különböző fajoknál időben és térben különböző mértékben különül el a megporzástól. Több fajnál 20-30 perc után bekövetkezik a megporzást követően, másoknál több óra, esetleg napok, ritkábban hetek telnek el. (A nyitvatermőknél hónapokban mérhető a megporzás és a megtermékenyítés közötti idő.) A térbeli elkülönülés mértéke a bibeszál hosszával és a magkezdemények magházbeli helyzetével mérhető (a kukorica torzsavirágzatán 20-30 cm hosszú bibeszálakban növekednek a pollentömlők a magkezdeményekig, a megporzástól számítva a megtermékenyítésig átlagosan 24 óra telik el).

A bibe felszínén a pollen falának külső rétege (exine) által szabadon hagyott póruson (apertúrán) a vegetatív sejt növekedésével a pollen csírázásnak indul. A pollentömlő növekedésekor a belső falréteg (intine) felszíne is növekszik. A pollentömlő a bibeszál papillás felszínű üregében halad, vagy egy speciális vezető szövetben, **sztigmatoid szövetben**, ahol az enzimek hatására fellazuló, a sejteket összetartó középlemez ad utat. A bibeszál szövetközegének és a pollentömlő falanyagainak (amelyek a vegetatív sejt kontrollja alatt képződnek) kölcsönhatása a második szint a megporzás megtermékenyítés folyamatának kontrolljában. Csak kompatibilitás esetén képes a tömlő az ovulumok felé haladni. A bibeszálból a pollentömlő a magház váladékkal telt üregén keresztül, vagy a magház falán növekedve jut el egy magkezdeményig. Élő sejtekbe sehol nem hatol be. Az esetek többségében a pollentömlő a mikropilén keresztül jut az embriózsákba (**porogámia**). Vannak fajok, ahol a pollentömlő az ovulum kalazális, proximális részén éri el az embriózsákot (**kalazogámia**), másoknál pedig az ovulum oldalfalán keresztül (**mezogámia**). Az ovulum teste a **makrosporogenezissel**, majd azt követően a **makrogametogenezissel** készül fel a hímivarsejtek érkezésére (92. ábra). A nucellusz mikropile felé eső végén egy nagyobb magvú sejt elkülönül a környezetétől, makrospóra anyasejtté differenciálódik. Meiózissal osztódva lineáris makrospóra tetrádot hoz lét-

re(sporogenezis). A spóratetrád három, mikropile felé eső tagja degenerálódik,

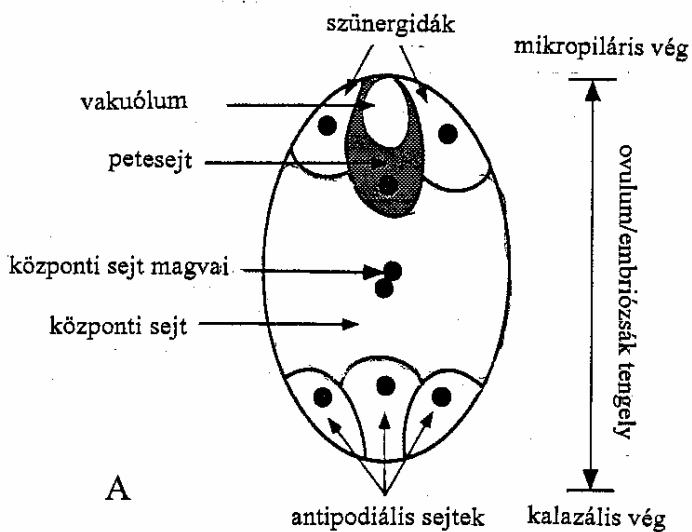


92. ábra. A) **makrosporogenezis**, B) **makrogametogenezis**. Egyenes állású magkezdemény differenciálódása. A térbeli rajz a két integumentum fejlődését mutatja, ahogyan a külső gyorsabb növekedésével beborítja a belsőbb szöveteket. A hosszszelvények a fejlődő ovulumban lejátszódó folyamatokat modellezik, egy nyolcsejtes embriószák kialakulásáig. (Brown nyomán)

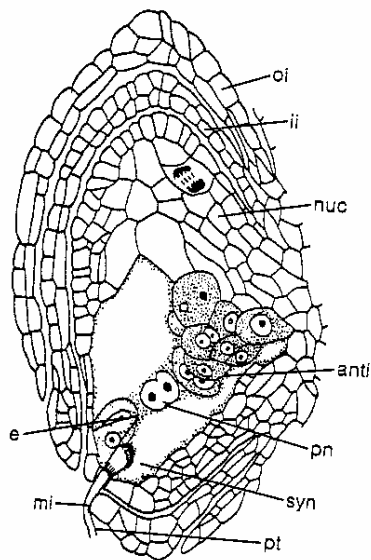
a kalazális helyzetű fokozatosan nagyobbodva funkcionális makrospórává válik. A makrospóra magjának osztódásával elindul a makrogametogenezis. A leggyakoribb Polygonum típusú embriózsákban három egymást követő mitózissal létrejön a nyolc szabad magvas makrogametofiton. Az osztódások nem járnak a sejtmagok egyenletes megoszlásával. Az embriózsák két pólusán négymagvas csoportosulás figyelhető meg. A továbbiakban a két magcsoportból három-három mag citoplazmával, sejtmembránnal és vékony fallal határolja körül magát (93. ábra). Az embriózsák mikropiláris végén a három sejt **peteapparátust** alkot, ami két szinergida (segítő) sejt és közöttük a petesejt. A szinergida sejtek és a petesejt érintkezési felületein vagy nagyon vékony a sejtfal, vagy csak a csupasz plazmalemmák kapcsolódnak. A petesejtben nagyfokú polarizáció figyelhető meg, mivel egy nagyméretű vakuólum van a sejt mikropiláris végén. A sejtmag és a citoplazma a kalazális végén található. A petesejtben a többi embriózsák sejthez képest nagy a sejtmag, kevesebb a riboszóma, a plasztisz és más organellum. A harmóniában sejtek mikropiláris felületein finom sejtfal redőzöttséget (fonalszerű poliszaharid lerakódásokat) lehet látni, a **filliform apparátust**. Ennek többféle szerepet tulajdonítanak. Egyesek szerint a filliform apparátus biztosítja a tápanyagáramlást a nucelluszról az embriózsák irányába. Mások a pollentömlő belépési helyének tekintik, ugyanis az egyik szinergida sejt nyitja fel az embriózsákba belépő pollentömlőt és orientálja a hím gamétákat a petesejthez ill. a központi sejt magjaihoz.

A peteapparátus kialakulásával egy időben az embriózsák kalazális régiójában **antipodiális sejtrió** jön létre. E három sejtnak is tápanyag közvetítő szerepet tulajdonítanak a nucellusz irányából. A korai endospermiumot táplálják, valamint növekedési faktorokat továbbítanak. Számuk egyes fajoknál a szingámia előtti osztódásokkal többszörösére nőhet, akár több száz is lehet. Papillásak is lehetnek, mind a nucellusz, mind a központi sejt felé. A poliploid antipodiális sejtek is gyakoriak. A sejtek rövid életűek, a megtermékenyítés után degenerálódnak.

Az embriózsák pólusain elkülönülő sejtekkel egyidőben sejtmembrán jelenik meg a középre vándorló maradék két magot beágyazó citoplazma felületén is. Ezzel elkülönül az embriózsák legnagyobb sejtje, a kétmagvú központi sejt. Egy nagy vakuólumot és sok citoplazmatikus organellumot tartalmaz. A magokat, mivel az embriózsák két pólusából kerülnek középre, poláris magoknak is nevezik. A két mag részlegesen fuzionálhat is, mielőtt a hímivarsejt odaérkezik. A bemutatott embriózsák a monospóras nyolcmagú



A



B

93. ábra. A) Nyolcsejtes embriózsák felépítése. B) Egy *Agrostis* faj (*Poaceae*) ovulumának hosszmetsete megtermékenyítéskor: oi) külső integumentum, ii) belső integumentum, nuc) nucellusz, anti) megsokszorozódott antipodiális sejtek, pn) poláris magok, syn) szünergidák, pt) pollentömlő, e) petesejt. (Scagel és társai nyomán)

TÍPUS	Makrosporogenezis			Makrogametogenezis			
	Makrospóra anyasejt	I. osztódás	II. osztódás	III. osztódás	IV. osztódás	V. osztódás	érett embriózsák
Monospórák 8-magvú <i>Polygonum</i> típus							
Monospórák 4-magvú <i>Oenothera</i> típus							
Bispórák 8-magvú <i>Allium</i> típus							
Tetraspórák 16-magvú <i>Peperomia</i> típus							
Tetraspórák 16-magvú <i>Penaea</i> típus							
Tetraspórák 16-magvú <i>Drusa</i> típus							
Tetraspórák 8-magvú <i>Fritillaria</i> típus							
Tetraspórák 8-magvú <i>Plumbagella</i> típus							
Tetraspórák 8-magvú <i>Plumbago</i> típus							
Tetraspórák 8-magvú <i>Adoxa</i> típus							

94. ábra. Makrosporogenezis és makrogametogenezis, valamint embriózsák típusok. (Maheshwari nyomán)

*Polygonum* (keserűfű) típusú, amely a leggyakoribb a virágos növényeknél. Mellette több más típus is létezik (94. ábra). A megkülönböztetés alapja elsőként az, hogy a meiózis során keletkező négy spórából hány vesz részt az embriózsák képzésében. E szerint, mint láttuk vannak monospórások, de bispórások és tetraspórások is. További jellemző, hogy a kifejlett embriózsák hány haploid sejtet (magot) tartalmaz, és ezek hogyan rendeződnek az embriózsákban. Ismerünk a nyolcmagú típus mellett négymagú és tizenhatmagú zsákokat is.

Megtermékenyítéskor az egyik szinergida sejtben felnyíló pollentömlőből kikerülő három mag közül a vegetatív sejt magja degenerálódik, míg a két hímivarsejttel kettős megtermékenyítés, **amfimixis** megy végbe. A petesejt megtermékenyítésével létrejön a zigóta, az embrió anyasejtje. A másik hímivarsejt magjának egyesülése az embriózsák központi sejtjének magjával (magjaival) megteremti a feltételt egy az embriót vagy a fejlődő csíranövényt tápláló szövet keletkezésének. A hímivarsejtek plazmalemmájának felületén specifikus felismerő molekulákat feltételeznek, amely alapján előre meghatározott, hogy melyik sejt magja egyesül a petesejttel, melyik a központi sejt diploid magjával (a kontrol harmadik szintje). Erre utal a két hímivarsejt dimorfizmusa mind méretben mind mitokondrium és plasztiszszámában.

A megporzás és a megtermékenyítés nem mindig feltétele a mag vagy a termésképzésnek, amint azt a 2. fejezetben már bemutattuk.

## 6. A mag

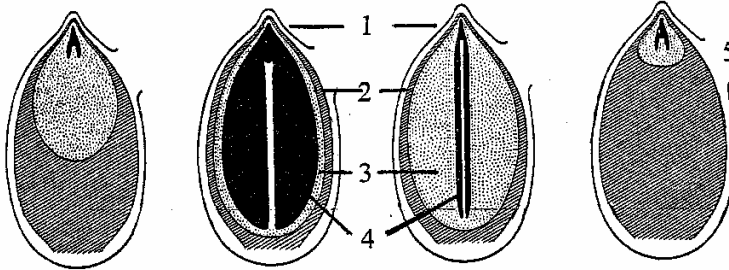
Az életciklusok fejlődésében az evolúció során egy lényeges lépcsőfok a **mag (szemen)** megjelenése. Az első magvas növények, amelyek a magvaspáfrányok fossziliáival azonosak, kb. 265 millió évvel ezelőttről, a felső devonból ismertek. Ezek leszármazottai a ma élő nyitvatermők és zárvatermők. A mag ezekben a taxonokban átveszi a spórától a kitartó funkciót, magába rejtve a spórát termő nemzedék fiatal testét, a csírákat. Kialakulásával járó fontosabb evolúciós események a következők:

- Az ivarjelleg nyilvánvalóvá válik a spórák, az ivarsejtek, a sporangiumok és az ivarszervek külső megjelenésében is.
- A makrospóra rajtamarad a sporofiton testen, ugyanígy a női gametofiton életszakasz is.
- A makrosporangiumban egyre kevesebb meiózis játszódik le.
- A női ivaros nemzedék egyre védettebben, a magkezdeményben (ovulumban) fejlődik.
- A hímivarsejtek közvetítésére kifejlődik a pollen, ill. a pollentömlő.
- A megtermékenyítés a talaj felett, a víztől függetlenül megy végbe.
- A zigóta is a sporofiton test védelmében fejlődik embrióvá.
- Elterjed a kettős megtermékenyítés, amely egy új típusú táplálósövetet eredményez a csíra fejlődéséhez.

Mindezek az evolúciós folyamatok magasan a talajfelszín felett, cserje és fatermetű ősnövényeken zajlottak, a szárazföldi életmód kívánta alkalmazkodási stratégiaként, a megtermékenyítés víztől elszakadásának kompenzációjaként. A kifejlődött stratégia nagyfokú alkalmasságát igazolja napjainkban a magvas növények 260000 körülire becsült fajszáma, és óriási részesedésük a föld fitomasszájából.

A továbbiakban csak a recens magvak alaktanával foglalkozunk. Eltekintünk azoktól a stádiumoktól (fosszilis formáktól), amelyeken keresztül a magvak az evolúcióban mai formáikat elérték.

A nyitvatermők ovuluma termőpikkelyeken (makrosporo-fillumokon) fejlődik ki. A zárvatermőknél a virág termőjében. A pollenszemek közvetítette megtermékenyítési folyamat után az embriózsák megtermékenyített petesejtjéből (a zigótából) jön létre a csíra (embrió). A csírat raktározó szövet veszi körül. A magkezdemény burkai a mag héjának, borszövetének kialakításában vesznek részt. A mag modellje, az "ideális" mag együtt tartalmazza a fenti szöveteket, másoknál bármelyik rész hiányozhat, vagy módosult formában lehet jelen (95. ábra). Ha az embrió hiányzik, léha magról beszélünk, a mag nem tölti be feladatát.



95. ábra. Magmodellek két sziklevelű embriókkal. 1. maghéj, 2. perispermium, 3. endospermium, 4. embrió. 5. a funikulusz kapcsolódási helye. (Troll nyomán)

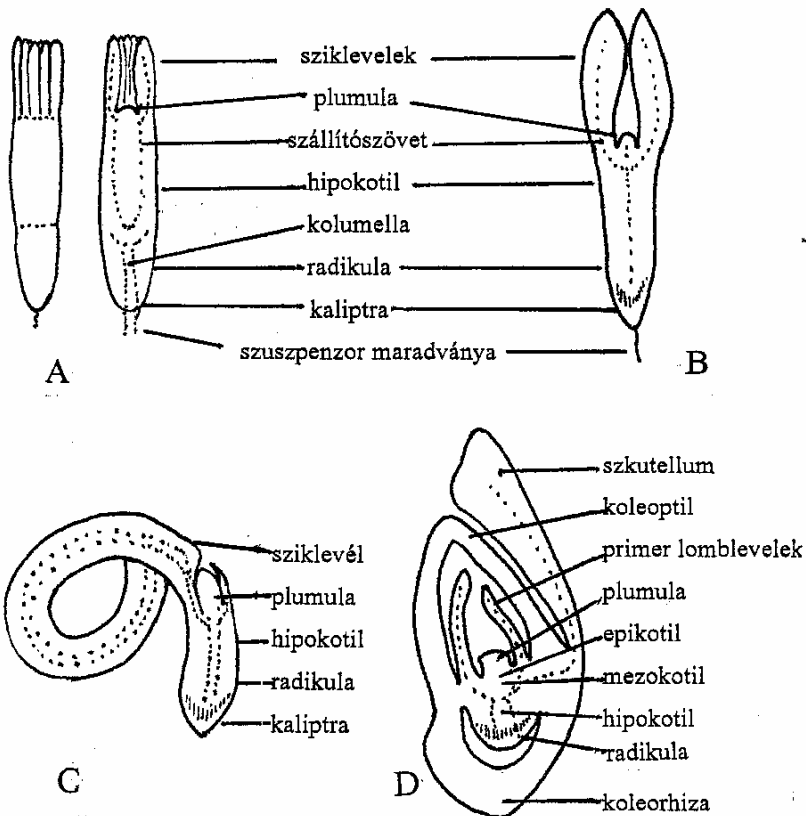
A magok méretüket és külső megjelenésüket tekintve igen sokfélék. Többségük legnagyobb kiterjedése kettő és négy centiméter közé esik. Szélsőséges példaként megemlítjük a *Lodoicea* pálma 18 kg-os magját, amely súlyához és nagyságához méltóan 4-8 év alatt válik csíráképpé, és az orchideák igen apró, porszerű tömegben képződő magjait, fejletlen embriókkal, amelyeket csupán néhány sejtréteg takar. A magok alaktanába jó betekintést ad Schermann Szilárd 1967-ben megjelent *Magismeret* c. képes határozókönyve.

Botanikai értelemben a mag a magkezdeményből (ovulumból) fejlődő kitartó és terjesztő szerv. A mezőgazdaságban a mag (**vetőmag**) tágabb fogalom. Ide értik a fel nem nyíló terméseket, mint a szemtermést, kaszattermést, makktermést és a sonthéjasok kőmagját is.

## 6.1. Az embrió (csíra)

A mag embriója (csírája) a zigótából fejlődik. Az új sporofiton nemzedék embriónális alakja. Kialakulásának folyamata az embriogenezis.

A kifejlett csíra csíratengelyének két pólusa a **rügyecske (plumula)** és a **gyököcske (radikula)**. A plumula már a magban fejletlen leveleket, **primer lombleveleket** fejleszthet. A csíratengely sziklevél fölötti szárrésze az **epikotil**, a sziklevél alatti pedig a **hipokotil**. Ezek a szárrészek a különböző embriókon eltérő fejlettségűek. Általában a hipokotil fejlettebb (96. ábra).



96. ábra. Embriók. A) egy fenyőfaj embriója, B) embrió két sziklevéllel, C) embrió egy sziklevéllel (*Allium sp.*), D) pázsitfűvek embrió modellje.

A **hipokotil** külsőleg nem határolódik el élesen a gyökértől, anatómiai vizsgálattal azonban jól elkülöníthető. Olyan szállítónyalábok dominálnak benne, amelyek a sziklevekbe futnak. Viselhet gyökereket is. Lehet kontraktilis, ahogyan a gyökerek. Jelentősen megnagyobbodva raktározásra módosult szervvé alakulhat.

A sziklevek (**kotiledonok**) általában ülők, vagy igen rövid nyéllel kapcsolódnak a csíratengelyhez. Lehetnek raktározó parenchimában gazdag vaskos levelek, más esetben vékonyak. A növény első fotoszintetizáló leveleivé fejlődhetnek, vagy csupán tápanyag-közvetítést szolgálnak. A sziklevek száma a csíratengelyen fontos rendszertani bélyeg. A nyitvatermők embrióján általában több, páratlan számú sziklevet lehet megfigyelni. A kétszikűek embriója két átellenes sziklevet fejleszt. Az egyszikűek csíratengelyén egy sziklevel található.

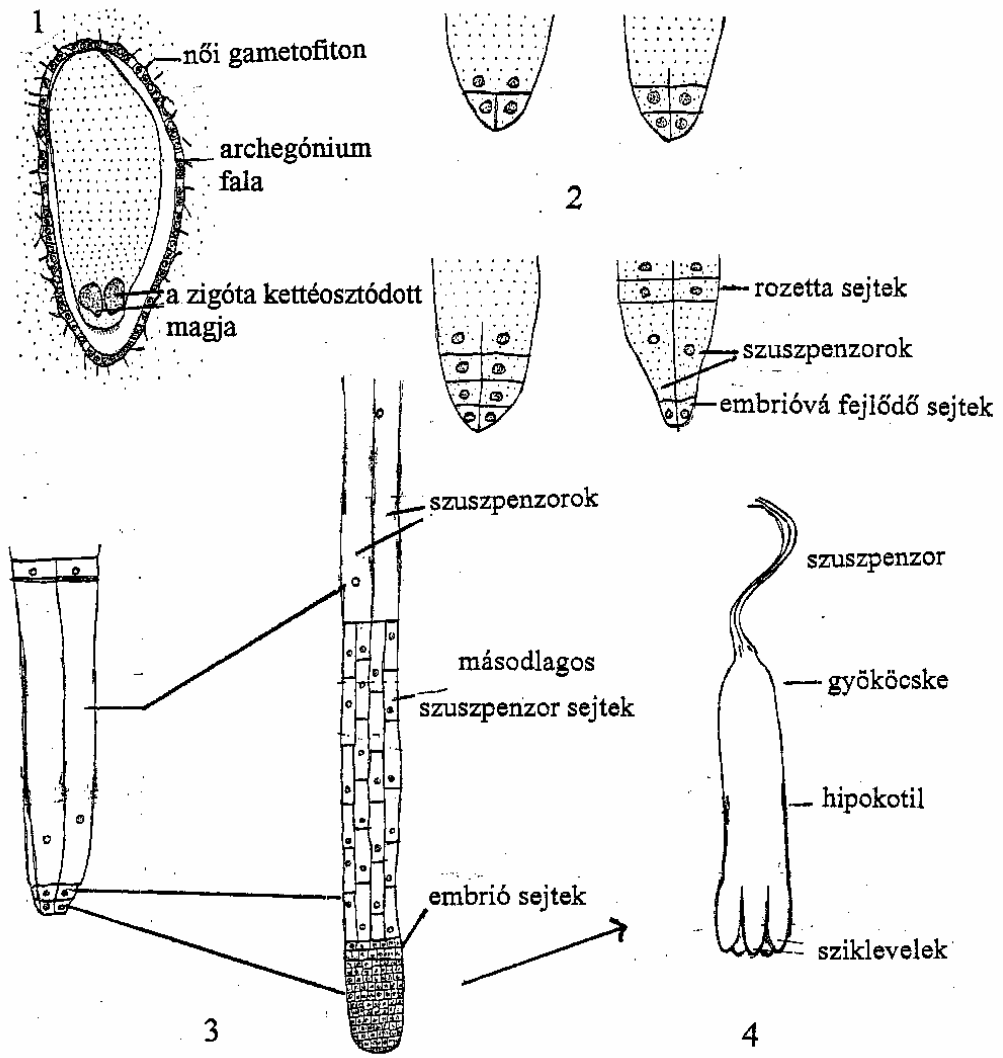
A pázsitfűveknél az egyetlen sziklevel egy vaskos, tápanyag-közvetítő **pajzs (szkutellum)**, ami csírázáskor a szemtermésben marad. Ennek szöveteiből jön létre a rügyecskét borító **rügyhüvely (koleoptil)** és a gyököcskét borító **gyökérhüvely (koleorhiza)**. A pajzs alakú sziklevel széles talppal kapcsolódik a tengelyhez. A csíratengelynek ezt a szakaszát (nóduszát) **mezokotilnak** nevezük (96. ábra D). Innen erednek a mellékgyökér-rendszer gyökerei.

A többi egyszikű növény magjának embrióján egyetlen levélszerű (gyakran szálas) sziklevel kapcsolódik a tengelyhez (pl. a hagyma embrióján, (96. ábra C). A csíratengely ilyenkor gyakran oldalra hajlik, és az egyetlen sziklevel kerül tengelyhelyzetbe.

### 6.1.1. Az embriogenezis

A moháktól a zárvatermőkig az embriók változatos módokon alakulnak ki. Még a nagy taxonokon belül is megvan ez a változatosság. Ezekből mutatunk be néhány példát.

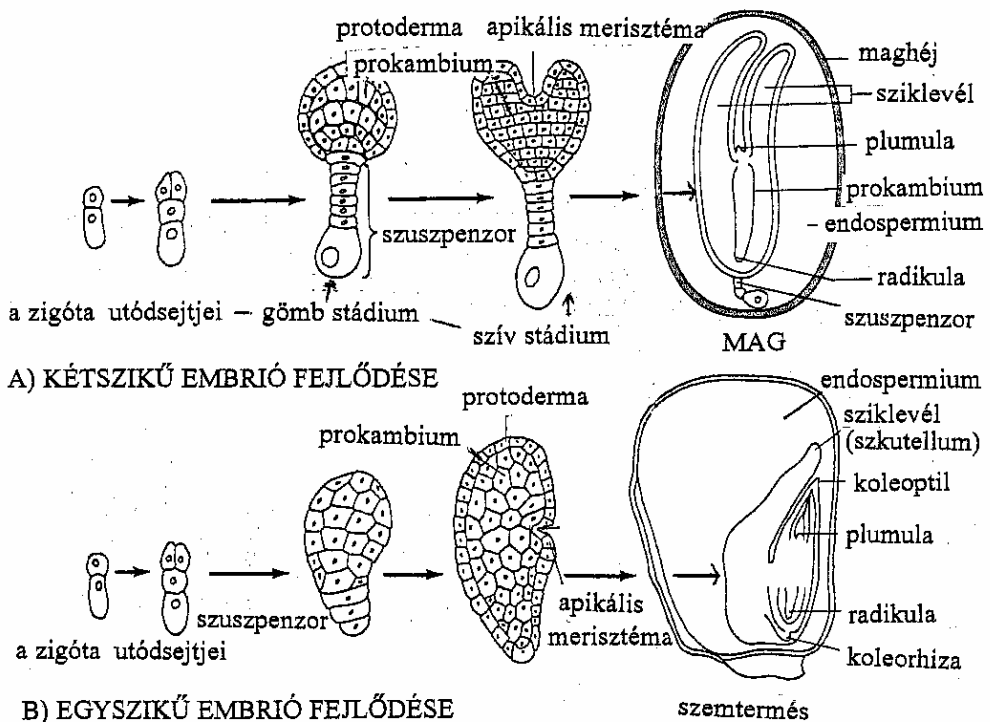
A **nyitvatermők** között a fenyőfélnél (97. ábra) a zigótának kezdetben csak a magja osztódik, így 4-8, vagy még több magot tartalmazó **cönocitikus proembrió** keletkezik. A magok a nagyobbodó proembrió bazális végébe vándorolnak, ahol tovább osztódva és már plazmával és sejtfalakkal is körülhatárolódva, négy sejtszintet képeznek. A felső (mikropiláris) sor sejtjei egy idő után eltűnnek. Az alatta lévő szint sejtjei tápláló sejtekké lesznek. A következő réteg sejtjeinek megnyúlásával jön létre a **csírafüggesztő**, a



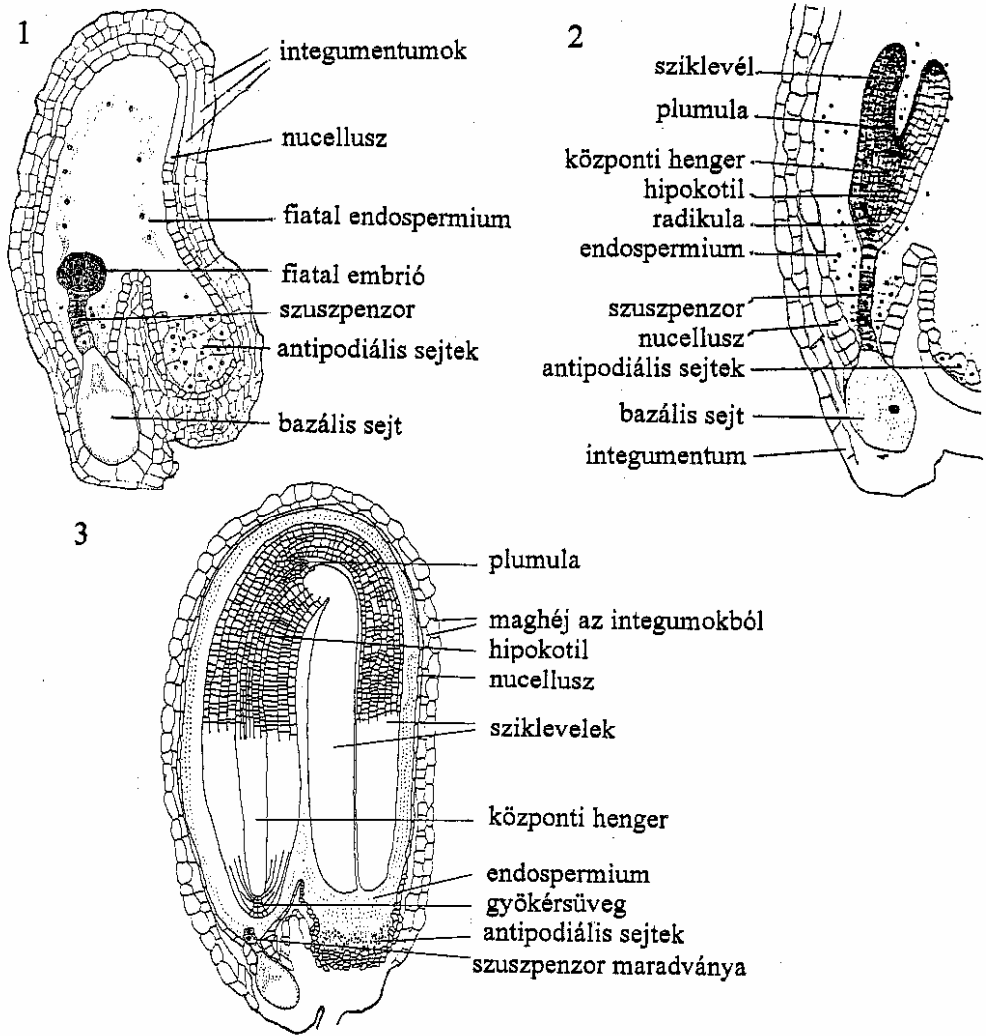
97. ábra. *Pinus sp.* embriogenezise. 1. A magkezdemény archegóniumot tartalmazó részlete. A megtermékenyített petesejt diploid magja már kettéosztódott az archegónium mikropiláris végében, 2. további osztódások és sejtsoportulások, 3. elkülönülnek az embrió fejlődésében részt vevő és a szuszpenzort felépítő sejtek, 4. több sziklevelet viselő kifejlett embrió. (Bracegirdle és Miles nyomán)

**szuszpenzor.** Az embrió kialakításában a legalsó sor sejtjei vesznek részt, de az utódsejtjeik a szuszpenzort is növelik. Ezeknek az ún. másodlagos szuszpenzorsejteknek a növekedésével tolul a fejlődő embrió mélyen a mag tápláló szövetébe. Amennyiben a szintek négyes tagolódásúak, a zigóta származéksejtjeiből négy embrió indul fejlődésnek. Az érett magban azonban általában csak egy életképes embrió található. Megjegyezzük, hogy cönocitikus proembrió ritkán a kétszikűeknél is megfigyelhető, pl. a bazsarózsaféléknél.

A **zárwatermőknél** (98. és 99. ábrák) a zigóta első osztódása legtöbbször inequálisan egy transzverzális (az embriózsák tengelyére merőleges) fallal történik. Az így keletkező két sejtből a bazális a mikropile irányába eső, a terminális a kalaza irányába eső.



98. ábra. Embriogenezis a zárwatermő kérszikűeknél (A) és az egyszikűeknél (B). (Hopson és Wessells nyomán)



99. ábra. Embriófejlődés a pásztoráska (*Capsella bursa pastoris*) magkezdeményében. 1. a magkezdemény mikropiláris végén a gömb stádiumban lévő embrióval, nagy bazális sejtrel, 2. embrió szív stádiumban, 3. az érett mag a könyökös csírával. (Bracegirdle és Miles nyomán)

A növények egy csoportjánál csak a terminális sejtből (embrió iniciális) fejlődik az embrió, másoknál a bazális sejt (szuszpenzor iniciális) származékai is részt vesznek az embrió testének kialakításában. A továbbiakban a bazális sejt kalaza felé differenciálódó utódsejtjeiből nyélszerű **csírafüggesztő** fejlődik. A csírafüggesztő általában 4-8 sejt hosszú, és több sejtsor vastag is lehet. A többsejtű szuszpenzor disztális sejtje többnyire megnagyobbodik, bazális sejtnek hívjuk. Proximális sejtje a fejlődő embrió gyököcskéjéhez kapcsolódik. A szuszpenzor szerepe a tápanyagok, hormonok és enzimek továbbítása a fejlődő embrió felé.

A terminális sejt és származékainak továbbosztódása során az osztódási síkok dőlésszögei embrióképződési típusok elkülönítését teszik lehetővé. Az embrióképződés első stádiuma a radiális szimmetriájú **gömb stádium**. Ebből formálódik a **szív stádium**, majd a két sziklevel kifejlődésével és összehajlásával a **torpedó stádium**, közben a fejlődő embrió bilaterális szimmetriájú lesz. Majd kialakul kalazálisan a plumula, a mikropile irányába pedig a radikula. Az egymáshoz fekvő sziklevek növekedve maguk közé zárják a plumulát. Egy-szikűeknél természetesen nincs szív stádium, az embrió a sziklevel megjelenése előtt cilindrikus, majd az altípusoknak megfelelően különböző alakú egyszimmetriás test fejlődik (98. ábra).

A testi (szomatikus) sejtekből létrejövő (lásd sporofiton agamospermia) és a mesterségesen létrehozott embriók nagyon hasonlítanak a zigótából keletkező (zigotikus) embriókra, szuszpenzor azonban nem kapcsolódik hozzájuk. Ezeket megkülönböztetésül **embrioid**oknak is nevezik (100. ábra).

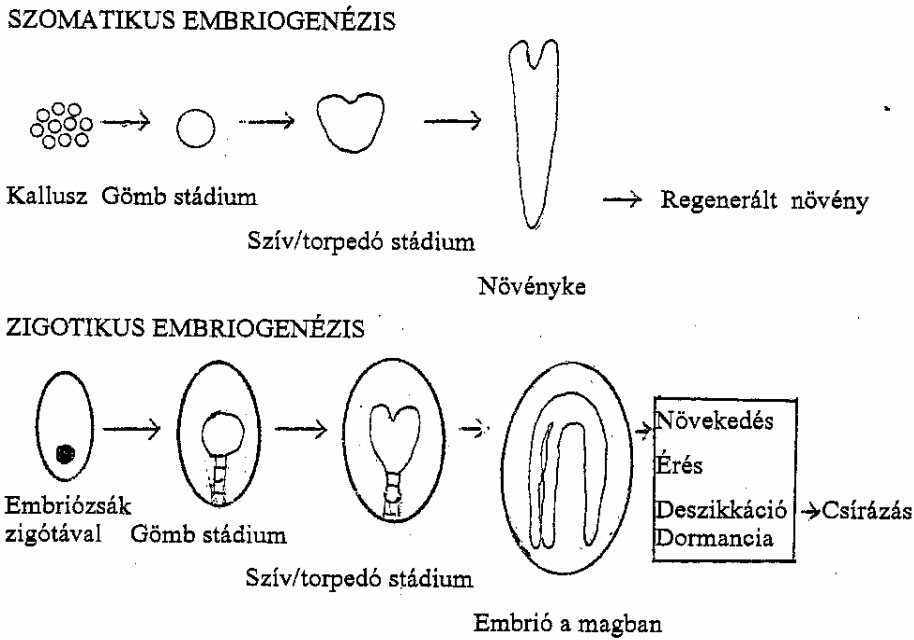
### 6.1.2. A csíra alakja

Az embrió tengelye lehet egyenes (**erektusz**), és különböző mértékben hajlott (**kurvátusz**). Utóbbi esetben beszélhetünk félkörös, körbefutó, spirális és erősen hajlott, vagyis könyökös csíráról (101. ábra).

### 6.1.3. A csíra helyzete a magban

Ha az embrió a magban a mag közepén helyezkedik el, akkor **centrális**, ha a kalazához közel, akkor **kalazális** (bazális). Vannak még csúcsi (**mikropiláris** -

apikális), oldal helyzetű (**laterális**) és a magháj alatt körbefutó (**perifériális**) helyzetű embriók (101. ábra).

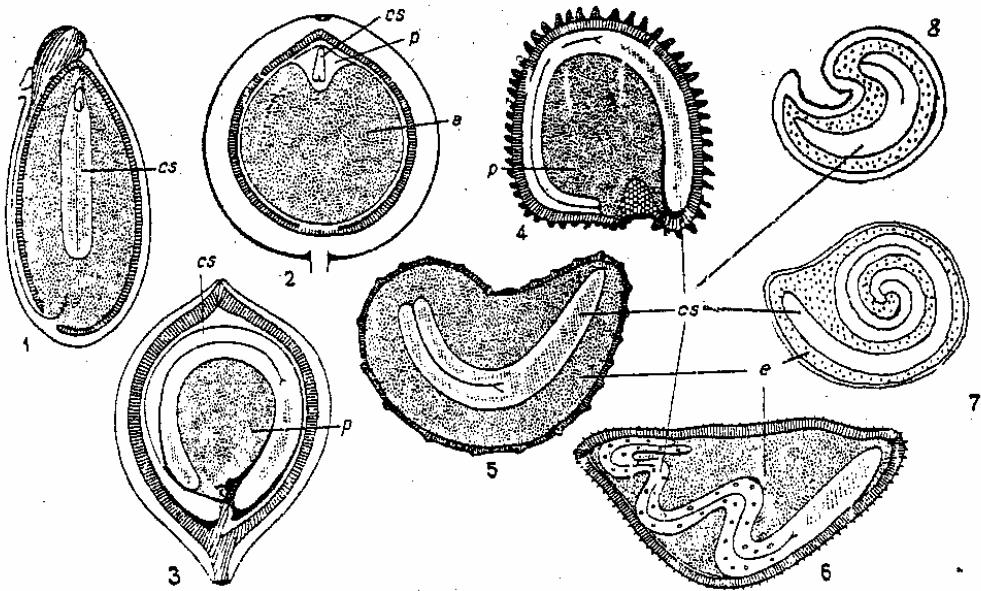


100. ábra. A szomatikus és a zigotikus embrióképzés összehasonlítása

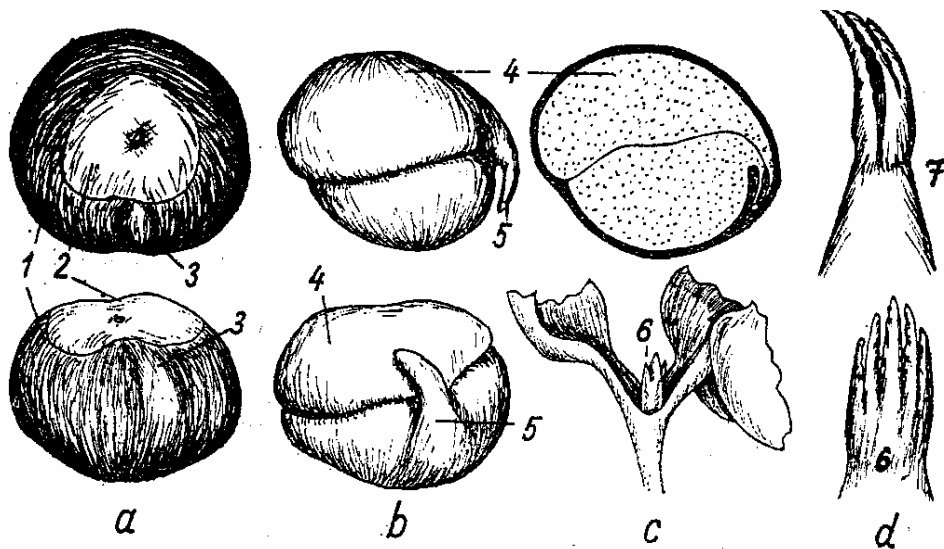
#### 6.1.4. A csíra maghoz viszonyított mérete

A csíra teljesen kitöltheti a magot, ha a tápanyag a táplálósövetből a mag megérésére áthelyeződik a csírába, általában annak szikleveleibe. Ekkor **totális csíráról** beszélünk (102. ábra). Ez csak a kétszikűek osztályában fordul elő, pl. a hüvelyesek családjában (103. ábra), de a bükkfafélék makktermésében is. Ha az embrió kisebb, akkor a tömegét a teljes mag tömegéhez arányítva beszélünk apró, negyedés, feles, és háromnegyedés csíráról.

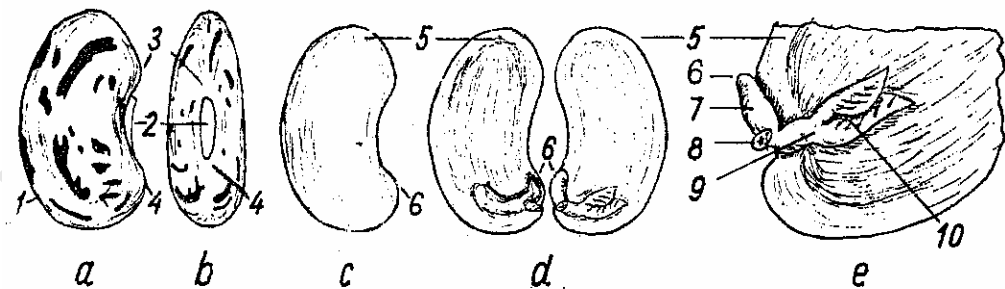
Megjegyezzük újra, hogy embriója nem csak a magvas növényeknek van, hanem a moháknak és a harasztoknak is. Ezek a női ivarszervekben fejlődnek, egyszerűbb felépítésűek, nem képesek kitartásra, hamar érett sporofitonná fejlődnek.



101. ábra. Az embrió alakja és helyzete a magban. 1. *Ricinus communis* centrális egyenes állású embriója, 2. *Piper nigrum* apró, egyenes, mikropiláris helyzetű embriója, a maghéjon rajta van a terméshéj is, 3. *Spinacia oleracea* termésében a magban perifériális helyzetű, majdnem körre záruló embrió van, 4. *Agrostemma githago* magjában perifériális félkör alakú embrióval, 5. *Papaver somniferum* magja centrális fekvésű görbült embrióval, 6. *Convolvulus arvensis* embrióján az összesimuló sziklevelek spirálisak, 7. *Cleome sp.* görbült magja görbült centrális embrióval, 7. *Lycopersicon esculentum* magja spirális embrióval. cs) csíra, p) perispermium, e) endospermium. (Baillon, Harz és Schermann nyomán)



102. ábra. Az *Aesculus hippocastanum* magja totális csírával. a) mag: 1. magháj, 2. hilum, 3. radikula vonala, b) csíra: 4. sziklevek, 5. a csíratengely disztális vége (hipokotil+gyököcske), c) részlet a csíranövény tengelyéből: a két húsos sziklevel, 6. hajtáscsúcs primer lomblevél kezdeményekkel, d) hajtáscsúcs: differenciálódó tenyeresen összetett levelek két nézetben (6,7). (Sárkány nyomán)



103. ábra. A *Phaseolus coccineus* magja és totális csírája. a, b) mag két nézetben: 1. magháj, 2. hilum, 3. rövid rafe, 4. a kidomborodó radikula, c, d) embrió és az embrió kettéválasztva: 5. sziklevek, 6. radikula, d) a csíratengely nagyítva: 7. hipokotil, 8. a leválasztott sziklevel ripacsa, 9. epikotil, 10. primer lomblevelek. (Sárkány nyomán)

## 6.2. Tápszövetek

A magvakban kialakuló raktározó szövetet tápszövetnek nevezzük. Kialakulásuk általában megelőzi az embrió intenzív fejlődését. Származásukat tekintve három típust különítünk el:

- **Perispermium (külső tápszövet).** Az ovulum testéből (nucellusból), vagyis az öreg sporofiton nemzedék diploid testéből fejlődik. Kialakulhat mind a nyitvatermők, mind a zárvatermők magjában.
- **Primer endospermium (nyitvatermők belső tápszöve).** A gametofiton nemzedék teste. Ennek megfelelően haploid sejtekből áll. Benne fejlődnek a redukált női ivarszervek (archegóniumok), bennük a petesejtek (53. ábra).
- **Szekunder endospermium (zárvatermők belső tápszöve).** A zárvatermők magkezdeményében kettős megtermékenyítés történik. A szekunder endospermium a megtermékenyített központi mag származéka. Általában triploid kromoszómaszerelvényű sejtekből áll. Kialakulását tekintve három típust szoktak megkülönböztetni: a **szabad magos (nukleáris)**, a **sejtes (celluláris)** és a **helóbiális** típust. A nukleáris endospermium képződése sok egymás utáni magosztódást feltételez, anélkül, hogy sejtek is elkülönülneek. A sejtes szerkezet kialakulása minden mag körül egyszerre, csak később történik meg (szimultán sejt-képződés). A celluláris endospermium kezdetül sejtekből áll. A helóbiális endospermiumban az első osztódáskor egy nagyobb kalazális és egy kisebb mikropiláris sejt (kamra) különül el. Mindkét kamrában szabad magok képződnek, a mikropilárisban több. A kalazális kamra a legtöbb esetben egy idő után összenyomódik és felszívódik. A mikropiláris kamrában pedig szimultán módon sejtek képződnek. Ez a típus az egyszikűeknél fordul elő, egy egyszikű családról (*Helobiae*) kapta a nevét.

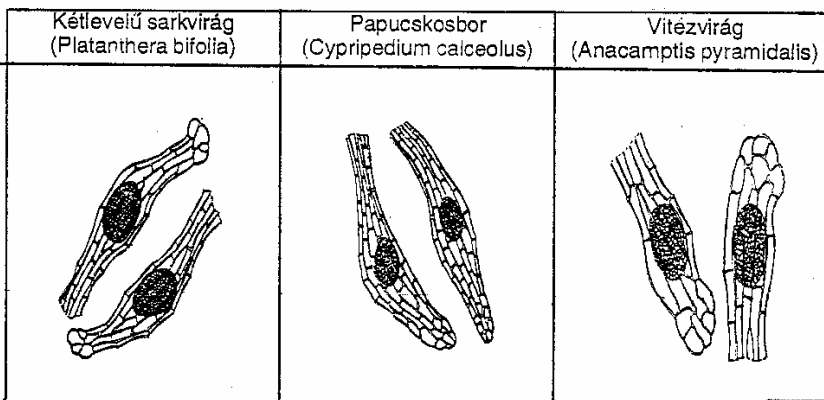
A kifejlett endospermium intercellulárisoktól mentes szövet. Felépítése sokféle. A sejtjei lehetnek vékonyfalúak, vakuolizáltak, ilyenkor tápanyagot már alig tartalmaznak. A tápanyagok ez esetben átkerültek az embrióba. Más magokban a sejtek tömve vannak tápanyagul szolgáló zárványokkal. A falak néha

egészen vastagok, nagy hemicellulóz tartalommal, ami egy könnyen mobilizálható energiaforrás. A sejtfalakat is felemésztő embriófejlődés után előfordul, hogy az endospermium pépes vagy tejszerű, pl. néhány fűféle magjában (szemtermésében), vagy a kókuszdióban.

A zárvatermők magjait szokták csoportosítani a tápszövetben felhalmozott tápanyag alapján. A domináló tápanyag minősége szerint vannak **lisztes** (keményítőt felhalmozó) magok, **olajos** ill. zsíros magok és **fehérjét halmozó** magok.

Vannak tápszövet nélküli magok is, pl. a differenciálatlan embriót tartalmazó orchidea magok (104. ábra), de a totális csírájú magokból is felhasználódik a tápszövet az embriófejlődés során. Más magoknál csak perispermium (pl. a *Caryophyllaceae* családban) vagy csak endospermium található (pl. a *Papaveraceae* családban). A tündérrózsafélék (*Nymphaeaceae*) családtagjainak magjaiban mindkettő.

A magvak az ember alapvető élelmiszerforrásának számítanak ősidők óta. A raktározott anyagok mellett mindig tartalmaznak vitaminokat és ásványi sókat is. Világviszonylatban legjelentősebb a gabonafélék szemtermésének (magjának) fogyasztása, közülük is első helyen áll a rizs. Elsősorban szénhidrát raktárak. A hüvelyesek magjai (borsó, bab, lencse, szója) gazdagabbak fehérjében. A repce és a napraforgó magvaiból készített olajok is jelentősek az ember táplálkozásában. Szólni kell még a csemege magvak sokaságáról, mint pl. a mogoró, dió, kesudió, lenmag, szezám, fenyőmag; a kávé, kakaó, mák; fűszerekről mint a bors, köménymag, kapor, ánizs stb.



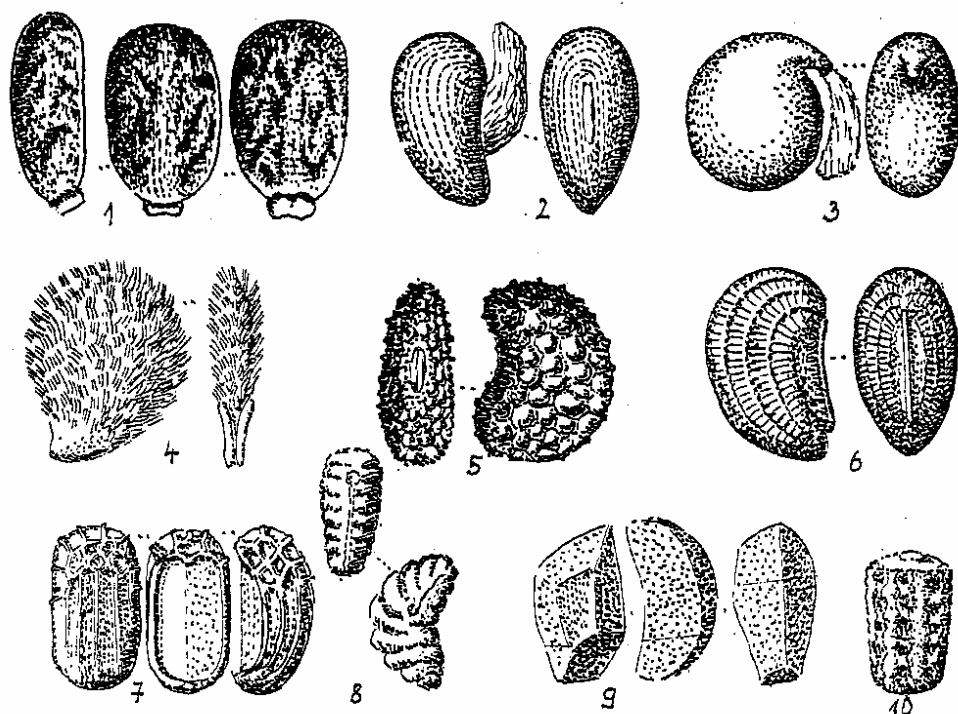
104. ábra. Orchideafajok magjai. A differenciálatlan embriókat néhány parenchimatikus sejtsor takarja. (Sulyok nyomán)

### 6.3. A maghéj

A maghéj (**teszta**) A mag többretegű védőszöve. Vastagsága és felépítése összefüggésben van keletkezésének és várható sorsának körülményeivel. A száraz maghéj a **szkleroteszta**, a húsos a **szarkoteszta**, az elnyálkásodó pedig a **mixoteszta**. Vannak olyan magvak is, ahol a maghéj külső sejtsorai lédúsak, míg az alatta levők szárazak és kemények. Néha a maghéj nagyon vékony, vagy hiányzik. Ez gyakran fordul elő zárt termésekben fejlődő magok esetében (pl. csonthéjas és kaszattermésben). A maghéjaknak közös sajátosságuk, hogy az epidermiszük vastagon kutikulás, és az, hogy néhány soros szklerifikálódott réteg (szklerenhima szövetté alakult réteg, amelynek jellemzője, hogy a sejtek igen vastag falúak és elhalnak) is mindig fellelhető. Ezek a sajátosságok a maghéj funkcióival függenek össze: Védelmet kell nyújtani a kiszáradástól és a külső károsító hatásoktól, valamint biztosítani kell a magvak nyugalmi és érési periódusát, a dormanciát.

A maghéj felületén általában megfigyelhető az a hegszövet, ami a funikulusz leválási helyén képződött (103. és 105. ábrák). Ez a köldök vagy köldökfolt (**hilum**). Különösen nagy és feltűnő köldökfolt van a vadgesztenye magján. A mikropile is gyakran felismerhető apró pont formájában a maghéjon. A köldökzsinórhoz visszahajló (anatróp) magkezdeményből fejlődő magokon a köldökzsinór vonala is megmarad. Ez a vonal a **rafe**. A könyökszerűen hajlott (kampilotrop) ovulumokból fejlődő magokon a mikropile és a hilum egymás közelébe kerül.

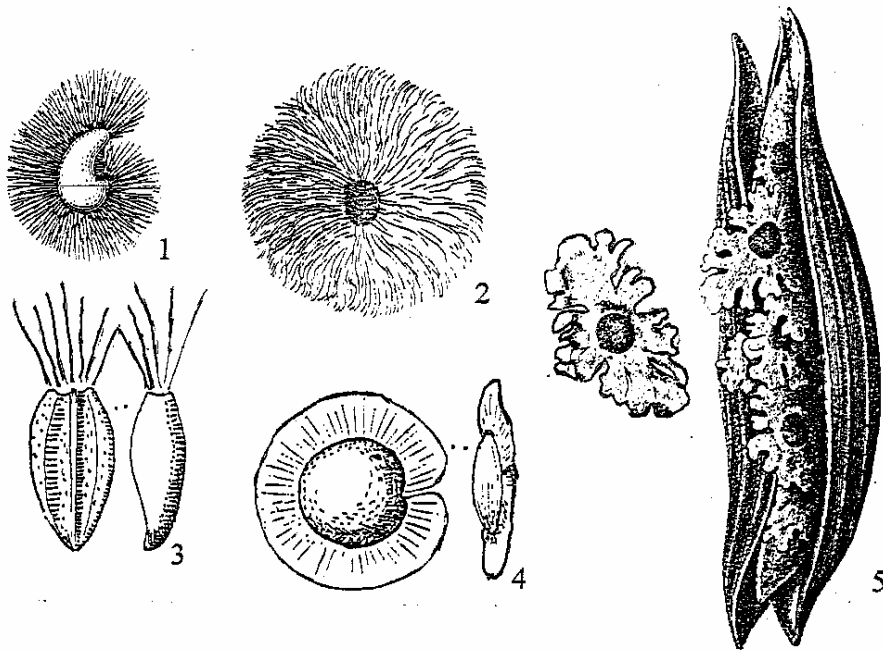
A hilum és a rafe környékén előforduló dudor a köldökpúp (**karunkula**) pl. a ricinus magján (105. ábra). A magvakon a mikropilénél is előfordulhatnak kinövések, ezek az **elaioszómák**. Mindkét kinövés energiaraktár, amelyek a mag terjedését szolgálja. A hangyák szerepét különösen sokan tanulmányozták ebben a vonatkozásban. A terjesztésen túlmenően kimutatták, hogy az elaioszómáknak szerepük van a mag hidratációs és dehidratációs folyamataiban is, mivel ezeken a testeken a kutikula legtöbbször vékonyabb. Elaioszómás magja van a közismertebb növények közül a vérehulló fecskefűnek (*Chelidonium majus*), az ibolyáknak (*Viola* fajok), a farkas kutyatejnek (*Euphorbia cyparissias*). Más nomenklatúra szerint, tágabb értelmezésben minden magkinövést elaioszómának nevezünk.



105. ábra. Magvak alakja és a maghéj ornamentikája. 1. *Ricinus communis* karunkulás magva, 2. *Chelidonium majus* elaioszómás magva, 3. *Corydalis cava* elaioszómás magva, 4. *Lycopersicon esculentum* szőrös, elnyálkásodó maghéjú magva, 5. *Papaver somniferum* görbült, sejtes felületű maghéjjal bíró magva, 6. *Glaucium flavum* magva, 7. *Verbena rigida* magvai három nézetből, 8. *Linaria reticulata* magva, 9. *Linaria genistifolia* magva három nézetből, 10. *Verbascum blattaria* magva. (Schermann nyomán)

Vannak magok, ahol az integumentumok bazális vagy a funikulusz disztális részéből a magot részben vagy egészben betakaró burok, **magköpeny - arillusz** képződik. Pl. a kecskerágók (*Euonymus* fajok) magján.

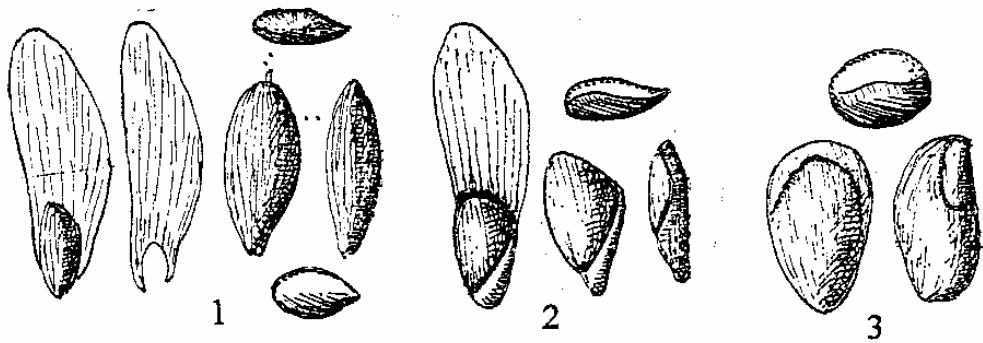
A maghéj felszínének pigmentációja és ornamentikája is fajra jellemző bélyeg. Papillák, horgas szőrök és hosszabb repítő szőrök is képződhetnek rajta (105. és 106. ábrák).



106. ábra. Magvak terjesztést szolgáló maghéjfüggelékekkel. 1. *Hibiscus macrophyllus*, 2. *Gossypium hirsutum* - gyapot, 3. *Asclepias syriaca* - selyemkóró, 4. *Sparganium angustifolium* - csibehúr, 5. *Dioscorea* sp. felnyíló toktermése szárnyas magvakkal. (Ulbrich, Schermann és Kerner nyomán)

Egyes fenyőfajok magjára termőpikkely eredetű aszimmetrikus hártás függelék simul, ami a magról könnyen leválasztható és a terjesztést szolgálja (107. ábra). A maghéj a nyitvatermőknél az ovulum egyrétegű integumentumából fejlődik ki. Húsos magfal is kialakulhat. A *Ginkgo biloba* (páfrányfenyő) magja sárga, húsos, gyantát is tartalmazó réteggel borított. Ez alatt kemény, szlerifikált maghéjréteg is található. A tiszafa magkezdeményének bazális gyűrűjéből megtermékenyítés után egy piros, húsos, a magot csúcsán szabadon hagyó arillusz fejlődik.

A zárvatermők magkezdeményét legtöbbször kettős integumentum (külső és belső) borítja. A maghéj képzésében mindkettőt vehet. Ritkábban csak az egyikből, máskor csak egy részéből, de az is előfordul, hogy a nucelluszából, vagy a megalakuló endospermium külső sejtsoraiból jön létre a maghéj. Ilyenkor a kívül eső sejtek, sejtrétegek leszakadoznak.



107. ábra. Nyitvatermő fajok magvai. 1-2. *Pinus mugo* és a *Pseudotsuga menziesii* magjai a termőpikkely eredetű repítőszárnyal és a kihullott magokkal különböző nézetekben, 3. *Pinus cembra* szárny nélküli magva három nézetben. (Schermann nyomán)

#### 6.4. A mag fejlődésével összefüggő folyamatok

Ha a mag fejlődését és érését kísérjük figyelemmel, azt kell szem előtt tartani, hogy két ill. három egymást követő nemzedék függőségi viszonyáról van szó az érési folyamatban. Hiszen az ivarsejtet képző női gametofiton nemzedék a sporofiton nemzedéktől teljes függőségben éli meg életét. Önmagán belül hozza létre az új sporofitont, aminek az embrionális fejlődése az előző nemzedékek függvénye. Ebben a folyamatban alapvető fontosságú a tápanyagok mozgása, szállítása és bizonyos szövetek elhalása, megemésztése, kicserélődése.

Magérésig a magkezdeményben a következő változások emelhetők ki a fent említett folyamatokhoz kapcsolódóan. Az első sejtelhalási jelenség a makrosporo-genézist követi, hiszen a fajok többségénél egyetlen makromeiospóra marad meg, három elpusztul. Az elhalt sejtek felemésztenek. A folyamat folytatódásaként, a megmaradt makrospóra nagyobbodik, kialakul az embriózsák a nucellusz rovására, miközben az részben vagy egészben szintén felemésztenek. Az embriózsákban a megtermékenyítés után a szinergida és az ellenlábás sejtek is gyakran korán elpusztulnak. Az embriófejlődéssel több folyamat zajlik párhuzamosan, mint az endospermium képződése, abban táp-

anyag felhalmozása az öreg sporofiton testéből, esetleg az endospermium és a perispermium részleges vagy teljes felemésztődése az embrióképzéshez. A szövetezés az integumentumokat is érintheti.

Tulajdonképpen anyag (energia) áthelyeződésekről van szó a nemzedékek között. A folyamatokhoz emésztő enzimek és tápanyagadszorpciós mechanizmusok szükségesek, mivel a funikulusz szállítószöve a kalazánál véget ér. Az adszorpciós folyamatok elképzeléséhez tudni kell, hogy a magkezdeményen ill. a magon belül több helyen (az integumentumokon és az embrión) is kutikulás epidermisz található. A fejlődő embriózsák felé pl. csak a kalazális régióban szabad az út. Így érthető, hogy az ellenlábás sejteknek fontos tápanyagközvetítő szerepet tulajdonítanak. Néhány növénynél az ellenlábás sejtek, az endospermium sejtek és a szuszpenzor sejtjei jól látható hausztóriumokat fejlesztenek a szomszédos szövetekbe. Ugyanakkor plazmafonalas (plazmodezmatikus) kapcsolatokat ez ideig nem mutattak ki a nemzedékek sejtjei között.

## 6.5. A magvak nyugalmi állapota

A **dormancia** a magok dehidratációval összefüggő fiziológiai állapota, amelyben az embrió metabolikusan egy viszonylagos nyugalmi állapotban van. Csírázáskor a növekedés és a morfogenezis újraindul. Dormanciát egyaránt eredményeznek külső és belső tényezők, a nagyon vastag maghéj, oxigénhiány, utóérési folyamatok szükségessége vagy növekedési inhibitorok jelenléte.

A dormancia, azaz a deszikkált nyugalmi állapot, több okból is fontos a növény számára. Segít a növénynek a kedvezőtlen időszakot átvészelni. Megakadályozza, hogy a növény kicsírázzon, ha a feltételek nem biztosítottak a csíranövények túlélésére. Időt hagy a mag terjedésére. A populációk fennmaradásához is hozzájárul azzal, hogy a faj magjai nem feltétlenül egyszerre vagy egy évben csíráznak. A magok életképességének hossza is összefügg a dormanciával. Nagy a különbség a fajok között, a rövid életű (tranzien) magoktól (pl. a tölgyek, nyárok, fűzek és narancsfélék) a több száz évig életképes (elfekvő – perzisztens) magokig. A lótusz magja hordja a rekordot. Japán botanikusok 1000 éves tőzegben találtak lótuszmagokat, amelyeket megfelelő körülmények között sikerült csírázásra bírni.

A dormancia megszakadásának feltételei általában egy hideg periódus, megfelelő víztelítettség, a magfal fellazulása, vékonyodása, és a növekedési inhibitorok elbomlása.

## 6.6. Terjedési mechanizmusok

A magok szóródása, terjedése lehetővé teszi, hogy az új egyedek az anyanővénytől távolabb kerülhessenek. A diszperzió mozgatója az evolúciónak is, mivel megteremti a lehetőséget arra, hogy az új egyedek más körülmények között növekedjenek. Lehetőség teremődik új variánsok, faj alatti taxonok létrejöttéhez is. Továbbá a diszperzióval kiiktatódik az ugyanazon igényű egyedek közti versengés (kompetíció). A terjedés a zárvatermő növények többségénél a terméshez kötődik, de a felnyíló termések esetében a maghég is szerepet játszhatnak benne (106, 107. ábrák).

A széllel való terjedés általában két mechanizmussal valósul meg. Amikor szőrök jelennek meg maghégfüggelékként (gyapot, selyemkóró, füzikék), és amikor olyan kicsi magok fejlődnek (fajsúlycsökkentő integumentum sejtekkel, kicsi fejletlen embrióval, tápszövet nélkül), hogy a mag könnyedén terjed a levegőben (orchideák magjai).

Ha a magok **állatok** révén terjednek, akkor rendszerint a maghég bizonyos részei táplálékforrást jelentenek az állat számára. A magvak így nagy távolságokat tehetnek meg, mivel a húsos héjú és arilluszos magvakat szívesen fogyasztják pl. a madarak. Az elaioszómák a hangyák táplálékai lehetnek. Vízi növények magvai fajsúlycsökkentő szövetekkel a **vízen** terjednek. Lásd még a 7.3. fejezetet.

## 6.7. Csíranövények

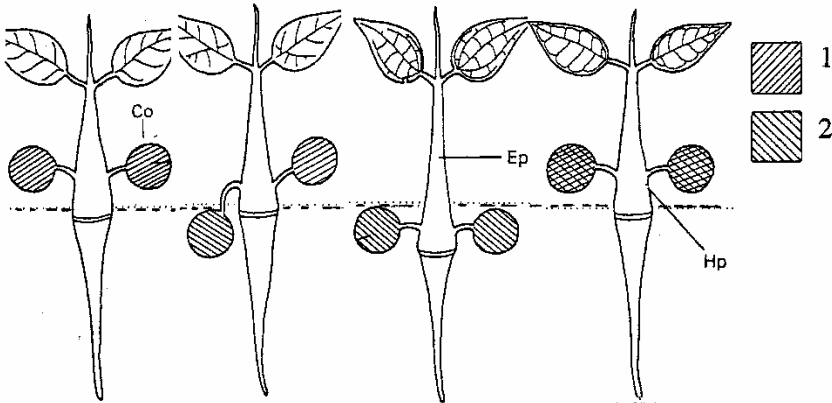
Faji sajátásként adott utóérési folyamatok után, ha a külső feltételek is megfelelőek, a magvak csírázásnak indulnak. A csírázást a mag intenzív vízfelvétele előzi meg. A duzzadt magon először a gyököcske jelenik meg, legtöbbször a mikropile átfurakodva. A magból kibontakozó csíratengely szektorainak fejlődési ritmusa szerint két csírázási típust szoktak megkülönböztetni. Az elnevezés

azt követi, hogy a sziklevek a csírázást követően a föld felszínén találhatók, vagy a földben maradnak (108. és 109. ábrák):

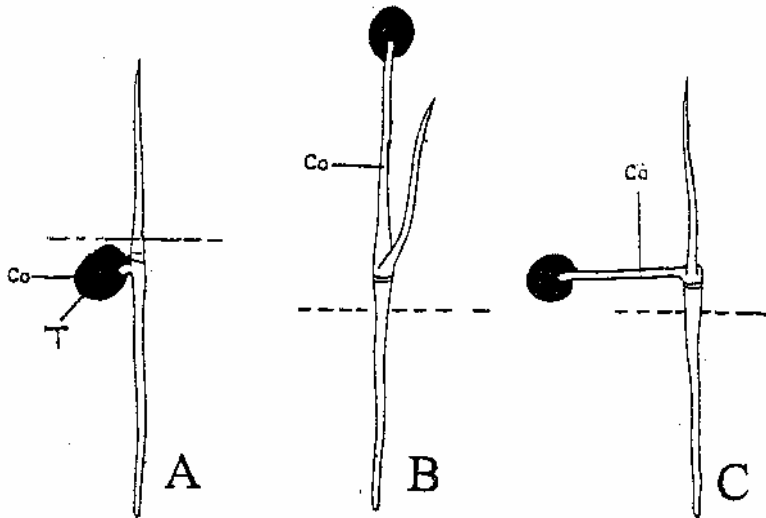
- Az **epigeikus** azaz **“földfeletti” csírázás** során a sejtek osztódásával és megnyúlásával a csíratengely hipokotil része indul először fejlődésnek. A sziklevek így a talaj felszíne felé kerülnek. Legtöbbször kiterülnek, majd vagy lehullnak, vagy a növény első fotoszintetizáló leveleivé válnak (ricinus, keresztes virágúak).
- A **hipogeikus** azaz **“földalatti” csírázás** során a sziklevek a földben maradnak, mivel negatív geotróposan csak a szikfeletti szárrész fejlődése indul meg. Az epikotil kiemeli a csíranövény hajtáscsúcsát. A talajban maradó sziklevek tápanyagot szolgáltatnak a csírázáshoz, pl. a borsónál és a tölgymakknál, vagy tápanyag-közvetítést végeznek az endospermiumból, mint a gabonafélék szemtermésénél.

Előfordul, hogy a csíranövények a leveleiket tekintve megjelenésükben egészen más habitust mutatnak, mint a kifejlett növény hajtásai (110. ábra). Ez a csíranövényen és a magoncokon az érett lombleveleikkel összevetve, eltérő alakú és méretű fotoszintetizáló sziklevek esetleg primer lomblevelek megjelenése miatt van (heteroblasztia jelensége).

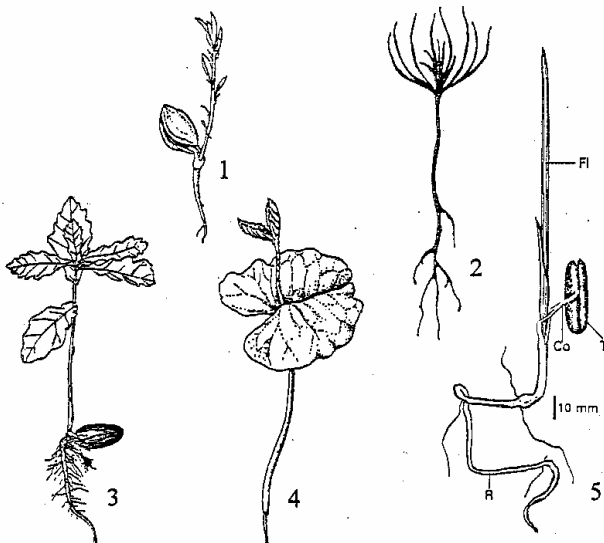
Csíranövények tanulmányozhatók még a 3. sz. melléklet rajzain is.



108. ábra. Kétszikű növények csírázásmo­delljei. 1. fotoszintetizáló sziklevek, 2. raktározó sziklevek, a kockázott levelek mindkét működésben részt vesznek. Co - sziklevek, Ep - epikotil, Hp.- hipokotil. (Bell nyomán)



109. ábra. Egyszikű csírázásmodellek. A) hipogeikus pl. *Triticum aestivum* - búza, B) epigeikus, *Allium cepa* – hagyma típus, C) epigeikus, pl. *Foenix dactylifera*, datolyapálma, T- magháj, Co - sziklevel. (Bell nyomán)



110. ábra. Néhány fafaj csíranövénye. 1. *Amygdalus nana* - törpemandula, 2. *Pinus sylvestris* - erdei fenyő, 3. *Quercus robur* - kocsányos tölgy, 4. *Fagus sylvatica* - bükk, 5. *Phoenix dactylifera* - datolyapálma, Fl - első lomblevelek, Co - kotiledon, T - teszta, R - radix. (Bartha és Bell nyomán)

## 7. A termés

**Fruktusz.** A megtermékenyítés után a virág termőtáján kívüli részei száradásnak indulnak. Rendszerint a termő sztilusza és sztigmája is leszárad. Ugyanakkor a magházban megindul az ovulumok maggá érése, és átalakul a termő fala. A maggá érett ovulumok és az átalakult termésfal a termés. A termésben a magok védve vannak. Emellett a termés fala a fajok evolúciója során kialakult módon és mértékben hozzájárul a magvak terjedéséhez.

Ha a termés fala kizárólagosan a termő falából jön létre, **valódi termés** fejlődik. Más esetekben a termőn vagy a termőkön kívül eső szövetek is részt vesznek a termés kialakulásában, így keletkeznek az **áltermések**. Az áltermés levezetett jelleg, benne a magok a járulékos szövetekkel fokozottabb védelmet kapnak, terjedésük is sikeresebb lehet. Az elnevezés nem szerencsés, mert az áltermésekben egy vagy több valódi termés található. A hazai szaknyelvben a fogalom azonban már úgy meggyökeresedett, hogy frappáns, új javaslat hiányában nehéz változtatni rajta. Pl. lehetne **járulékos szövetekkel borított termés ill. termések**, ami pontosan fedí a jelenséget, de nehezkesebb. Ezért maradjunk a megszokott fogalomnál, nem felejtve a fogalmi ellentmondást.

A termés fala a **perikarpium**. A termésfal a magvaktól nem független védőburok, hiszen a magok rajta fejlődnek, sok esetben még éretten is szorosan kapcsolódnak a köldökzsinóron keresztül. Egyes húsos terméseknél pedig a magvak be is ágyazódnak a termésérés során jelentősen gyarapodó termésfal belső szöveibe. A termésfal rétegei a legtöbb esetben megfeleltethetők a termőfal átalakult szöveinek. A külső bőrszövetből alakul a külső termésfal, a levél mezofillumából a középső, míg a belső bőrszövetéből a belső termésfal (rendre **exo-, mezo- és endokarpium**).

A termések további praktikus csoportosításánál a termésfal jellegét vesszük figyelembe. Ha a perikarpium az érés során kiszárad, elveszíti zöld színét, a **száraz termés** keletkezik. A száraz termések egy csoportja a termésfal rétegeinek különböző irányú és mértékű száradással kapcsolatos összehúzódásával felnyílik. Ezek képezik a **felnyíló száraz termések** csoportját. A zárva maradók a **zárt termések** csoportját. Az utóbbi terméseknél a magvak a termésfal lebomlása után, vagy az állatok fogyasztásával kerülnek a szabadra, esetleg a mag a terméshéjat áttörve csírázik. A száraz termések mellett a másik nagy csoportot

a **húsos termések** képezik. A termésfalban raktározott anyagaikkal, ízanyagokkal és színanyagokkal az állatoknak táplálékul szolgálnak, miközben a magvak szabadra kerülhetnek és terjedhetnek.

A valódi és áltermések magukon viselik annak a termőnek, vagy termőtájnak a bélyegeit, amelyből kialakultak: **monokarp termések** egyetlen termőlevél összezáródásával létrejött termőből fejlődnek. Létrejöhetnek monokarp és apokarp termőtájokban. A **cönokarp termés** cönokarp termőtájból alakul, ahol a virág egyetlen termője kettő vagy több termőlevélből épül fel. A monokarp termések apokarp termőtáj esetén **termés csoportot** alkotnak. Pl. tüsző csoport, aszmag csoport. A termés csoportot **korikarp termésnek** is szokták nevezni. A **terméságazatban** szintén több termés figyelhető meg, szorosan egymás társaságában. Azonban a terméságazatot felépítő termések egy virágzat egy egy virágából fejlődtek egymás közvetlen közelében, esetleg egymással össze is növe. Mindenképpen olyan közelségben, hogy együtt terjednek.

## 7.1. Valódi termések

### 7.1.1. Száraz perikarpiummal

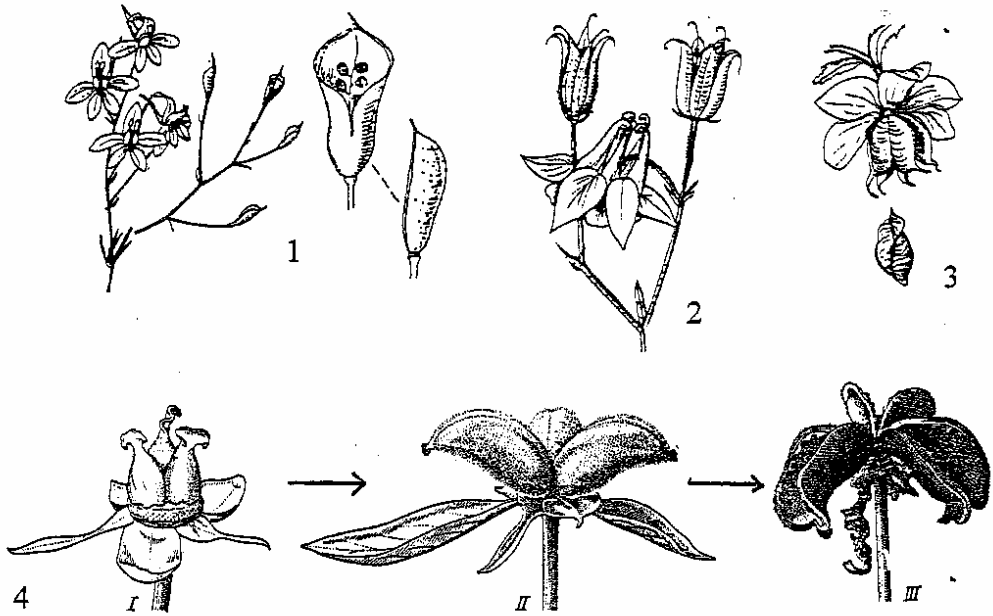
#### 7.1.1.1. Felnyílók

Általában több magot tartalmaznak:

**Tüsző (follikulusz).** Monokarp termőből, superior magházból fejlődő termés (111. ábra). A termőlevél összenövésének vonalán, a hasi varraton nyílik. Magányosan (mezei szarkaláb - *Consolida regalis*), vagy terméscsoportot alkotva (mocsári gólyahír - *Caltha palustris* tüszőcsoportja) jelenik meg. Többek között a hunyorfélék (*Helleboraceae*) családjában gyakori.

**Hüvely (legumen).** Monokarp termőtájból, superior magházból fejlődik. A termés a hasi varraton és a háti középéren felülről lefelé kettényílik. A perikarpium felek gyakran csavarodva válnak szét, ezzel a magok nagyobb távolságra szóródnak. Megjelenése méretben és alakban nagyon változatos. Előfordulnak az általános felnyílási bélyeget nem viselő formák is. Pl. gyakoriak a zárva maradó hüvelyek: a lucerna (*Medicago sativa*) csavarodott hüvelye, a lóherék (*Trifolium* fajok) egymagú hüvelyei, a pikkantó dudafürt (*Colutea arborescens*) felfújt hüvelye. A koronafürt (*Coronilla varia*) hüvelye részekre

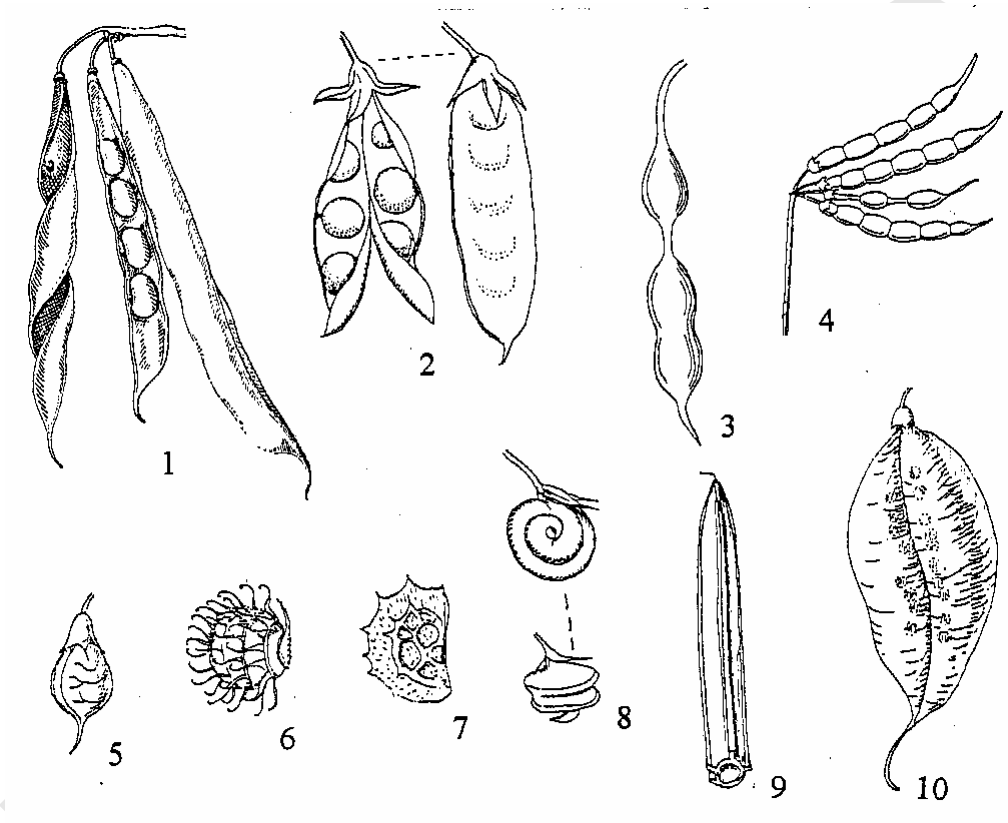
esik. A perikarpium el is húsosodhat, pl. a japánakác (*Sophora japonica*) hüvelye. A pillangósvirágúak (*Fabaceae*) családjára jellemző (112. ábra).



111. ábra. Tüsző termések. 1. *Consolida regalis* – mezei szarkaláb, magános tüszők, 2. csoportos tüsző, *Aquilegia* – harangláb faj, 3. csoportos tüsző, *Helleborus* – hunyor faj, 4. *Peonia* - bazsarózsa faj tüszőcsokrának érési folyamata. (Horánszky-Járainé, Priszter és Bötge nyomán)

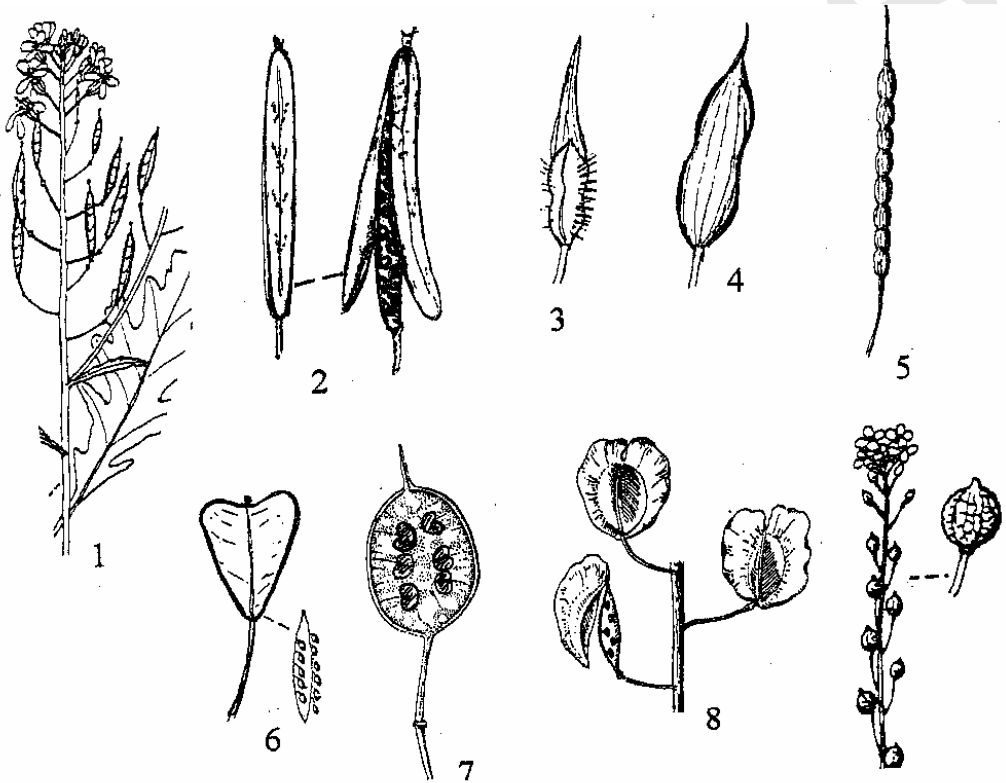
**Becő (szilikva).** Cönokarp, két termőlevélből összezárult termőből, superior magházból fejlődő termés. A termést a placentából származó hártás válaszfal (**replum**) kettéosztja. A replum felszínén ülnek a magok. A termés a termőlevelek összenövési vonalain nyílik alulról (a terméskocsánytól kiindulva) felfelé. Megnyúlt termés, hosszabb mint széles. Lehet hengeres, lapos, szögletes stb. Csúcsán gyakran megfigyelhető a bibeszál és a bibe maradványa, vagy megnyúlt szövete (termés csőr). A **becőke (szilikula)** a becő rövid és széles formája. Lehet szív alakú, kerekded, ovális, a termőlevelek főerén hártás szárnyat

viselő. A becő és a becőke a keresztesvirágúak (*Brassicaceae*) családra jellemző termés (113. ábra).



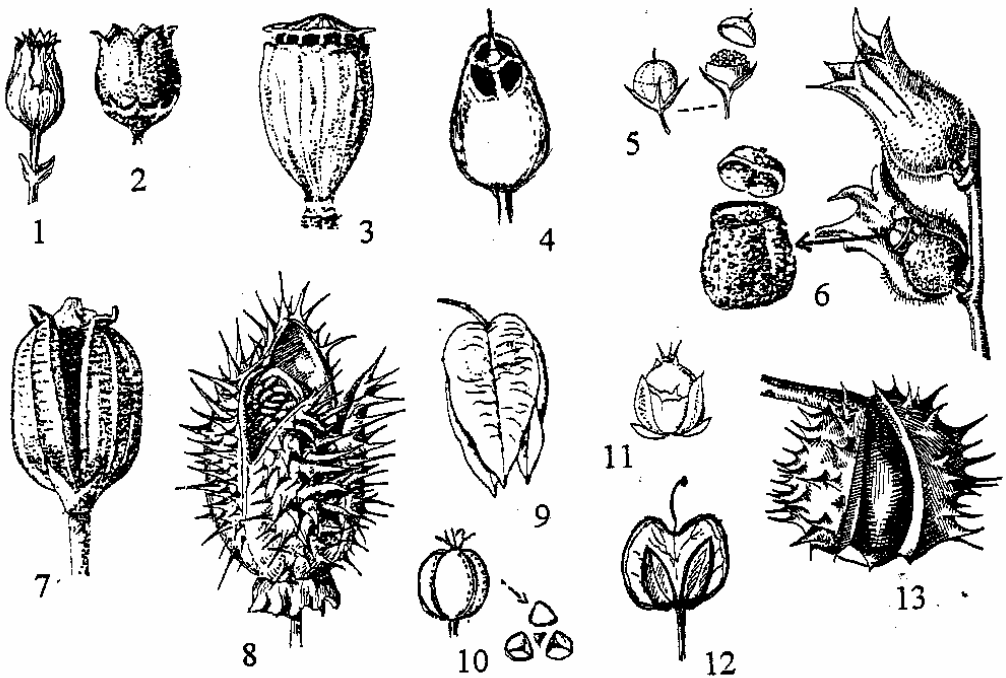
112. ábra. Hüvely termések. 1. *Phaseolus vulgaris* - veteménybab felnyílt és éretlen hüvelyei, 2. *Pisum sativum* – borsó hüvelye, 3. *Sophora japonica* – japánakác meghúsosodó, olvasószerű hüvelye, 4. *Coronilla varia* – tarka koronafürt részekre eső hüvelyei, 5. *Melilotus* – somkóró faj egymagú hüvelye, 6. *Medicago minima* – apró lucerna tüskés, csavarodott hüvelye, 7. *Onobrychis viciifolia* – takarmánybaltacím egymagú zárt hüvelye, 8. *Medicago sativa* – lucerna csavarodott hüvelye, 9. *Lotus siliquosus* – bársonykerep élelt hüvelye, 10. *Colutea arborescens*- pukkantó dudafürt felfújtt hüvelye. (Horánszky-Járainé, Kárpáti és Priszter nyomán)

**Tok (kapszula).** A legváltozatosabb felnyíló száraz terméstípus. A termőt alkotó termőlevelek száma különböző lehet az egyes fajoknál. Kialakulhat alsó, felső és középső állású magházakból is. A termés gyakran rekeszekre tagolt. Felnyílása sokféle lehet: kopácsokkal (hasítékok mentén nyíló vagyis kovadó), lyukakkal a termés tetején, ritkábban az alján, fogakkal (apró hasítékokkal), kupakkal, szabálytalanul széteshet stb.



113. ábra. Becő és becőke termések. 1. *Brassica elongata* – harasztos káposzta csőrbe keskenyedő nyeles becői, 2. *Diplotaxis* – kányaszászsa faj becője felnyílás előtt és után, 3. *Sinapis alba* – mustár csőrös becője, 4. *Raphanus sativus* – retek szivacsos becője, 5. *Raphanus raphanistrum* – repcsényretek cikkes becője, 6. *Capsella bursa-pastoris* – pásztortáska becőkéje és repluma magvakkal, 7. *Lunaria* – viola faj repluma magvakkal, 8. *Thlaspi arvense* – mezői tarsóka szárnyas becőkéje, 9. *Calepina irregularis* – matyó egymagvú, zárva maradó becőkéje. (Simon, Kárpáti és Priszter nyomán)

A kopácsokkal nyíló kapszuláknál megkülönböztetünk főerek mentén (lokulicidikus, pl. nőszirmo fajok - *Iris spp.*), összenövéses mentén (szepticidikus pl. kikerics fajok - *Colchicum spp.*) és a főerek és az összenövéses mentén egyaránt kovadó (szeptifragilis, pl. ricinus - *Ricinus communis*) tokterméseket. Csaknem kizárólagos a toktermés a szegfűféléknél (*Caryophyllaceae* család), de több más családban is gyakori (114. ábra).



114. ábra. Toktermések. 1-2. Fogakkal nyíló tokok: *Melandrium album* – fehér mécsvirág és *Primula* – kankalin faj, 3. *Papaver rhoeas* - pipacs lyukakkal nyíló tokja (mákgubó), 4. *Antirrhinum majus* - tátika lyukkal nyíló tokja, 5-6. kupakkal nyíló tokok: *Anagallis arvensis* – ticszem és a *Hyoscyamus niger* - beléndek, 7. *Tulipa*-tulipán faj tokja, 8. *Datura stramonium* - maszlag tüskés falú, négykopáccsal nyíló, rekeszes toktermése, 9. *Koelreuteria paniculata* – csörgőfa három kopáccsal nyíló, hártós falú tokja, 10. *Euphorbia*- kutyatej faj széthasadó tokja, 11. *Amaranthus* – disznóparéj faj egymagú, szabálytalanul nyíló tokja, 12. *Veronica* – veronika faj tokja a maradó bibeszállal, 13. *Aesculus hippocastanum* - vadgesztenye tüskés falú, húsos, szabálytalanul nyíló tokja. (Simon, Kárpáti és Priszter nyomán)

### 7.1.1.2. Zárt termések

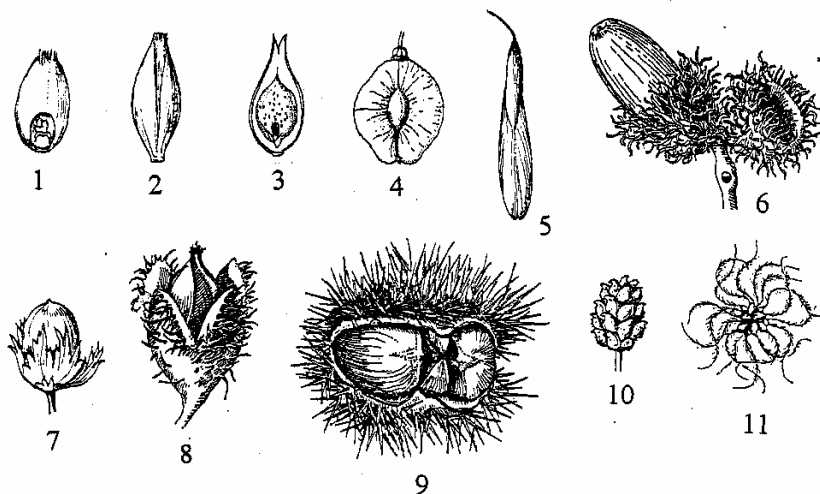
Általában kevés, gyakran csak egy magot tartalmaznak (115. ábra):

**Szemtermés (kariopszis).** Egy vagy két termőlevélből, szuperior magházakból fejlődik. Mindig egy magot tartalmaz. A mag héja szorosan összetapad a terméshéj belső felületével. A pázsitfűveknél gyakran a toklász is rásimul a megérett termésre. A sások szemtermését murvalevél eredetű **tömlő**, **utrikulusz** veszi körül, amelyben a szemtermés szabad. Az utrikulusz alakja, csőrözöttsége, bordázottsága fontos határozó bélyeg a családban. A pázsitfűfélék (*Poaceae*) és a sásfélék (*Caricoideae* alosalád) jellegzetes terméstípusa (115. ábra 1-3). Az emberiség legfontosabb táplálékforrása a gabonafélék szemtermésében felhalmozott tápanyag.

**Makk (glansz).** Általában több termőlevélből felépülő termőkből, alsó, felső vagy középállású, együregű magházakból fejlődik. Mire megérik, a perikarpium kemény, fásodott lesz. Több faj makkterméséhez fellelve eredetű **kupacs**, vagy **buroklevél** kapcsolódik. A tölgyfajoknál a kupacs virágtengely eredetű. Többek között a bükkfélék családjában (*Fagaceae*) jellemző.

**Lependék (pterodium).** A makktermés szárnyas alakja. A terméshéjből fejlődő, a terjedést szolgáló szárnyak különböző alakúak és méretűek lehetnek. Előfordul pl. a szilfafélék (*Ulmaceae*) családjában.

**Aszmag (nukula).** Monokarpikus termőből, szuperior magházból alakul ki. Ritkábban magános termés, gyakrabban több aszmag termés csoportot (**nukuláriumot**) alkot az apokarp termőtájbán. A termésfal vékony, ritkán fásodik. A termők bibeszálai megszőrösödve és megnyúlva a terjesztést szolgálják (kőkörcsinek - *Pulsatilla spp.*, iszalagok - *Clematis spp.*). Gyakori a boglárkaféléknél (*Ranunculaceae*) és a rózsaféléknél (*Rosaceae*).



115. ábra. Zárt, száraz falú, valódi termések. 1. szemtermés, 2. szemtermés a maradó toklással, 3. tömlővel körülvett szemtermés hosszmetzete, 4. *Ulmus* – szil faj lependék termése, 5. *Fraxinus* – kőris faj lependék termése, 6. *Quercus cerris* – csertölgy makk termése fásodott, tengely eredetű borzas kupacccsal, 7. *Corylus avellana* – mogyoró makkja, sallangos buroklevéllel, 8. *Fagus sylvatica* - bükk hármasával keletkező makktermése, szúrós, tengely eredetű, fásodott, négykopácsú kupacccsal, 9. *Castanea sativa* – szelidgesztenye makktermései szúrós kupacslevélben, 10. *Ranunculus* – boglárka faj aszmag csoportja, 11. *Clematis vitalba* – iszalag aszmag csoportja, az aszmagok bibeszála az éréssel megnyúlik és szőrös lesz. (Simon, Priszter és Kárpáti nyomán)

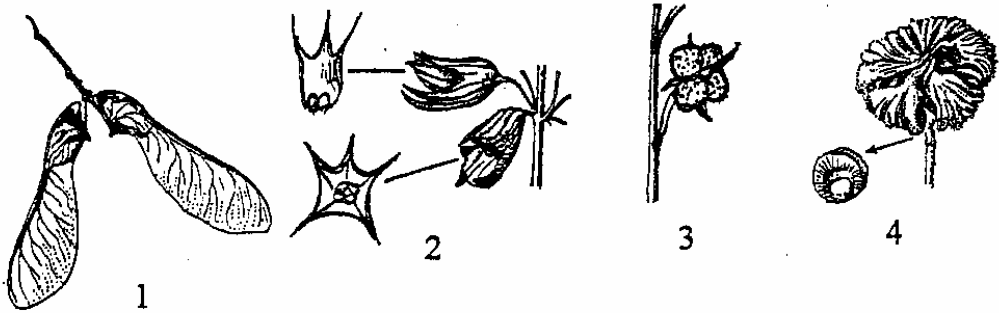
### 7.1.1.3. Oszló vagy hasadó száraz zárt termések

A száraz zárt termések egy alcsoportját képezik azok a termések, ahol a cönokarpikus, általában szinkarp magház a termésérés folyamán rekeszei mentén feldarabolódik, résztermések keletkeznek (116 ábra).

**Ikerlependék (szamara).** Két termőlevélből alakult termőből, felső állású, két-rekeszű magházból fejlődik. Éréskor két egymagvú lependékre hasadó termés. Pl. az *Aceraceae* (juharfafélék) családban.

**Makkocska (karcerulusz).** Cönokarp termőből, felsőállású magházból fejlődik. Érésre négy egymagvú résztermésre esik szét. A résztermések a csészelevelek védelmében maradnak. Pl. a *Lamiaceae* (ajakosak) családban.

**Papsajt termés** a mályvafélék (*Malvaceae*) családjában gyakori. Számos résztermésre eső, más csoportba nehezen besorolható termés.

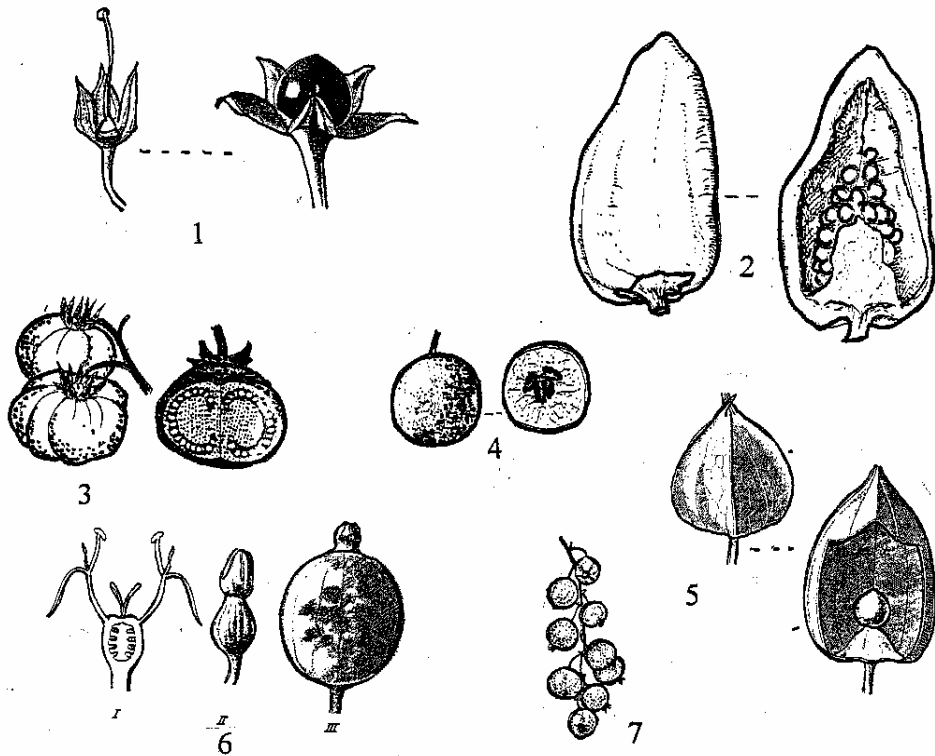


116. ábra. Oszló termések. 1. *Acer* – juhar faj ikerlependéke, 2. *Salvia* - zsálya faj makkocská termései a csészelevelekben, 3. *Cynoglossum* - ebnyelvfű makkocská tetráda, 4. *Malva sp.* - papsajt termés egy részterméssel. (Kárpáti nyomán)

### 7.1.2. Valódi termések húsos perikarpiummal

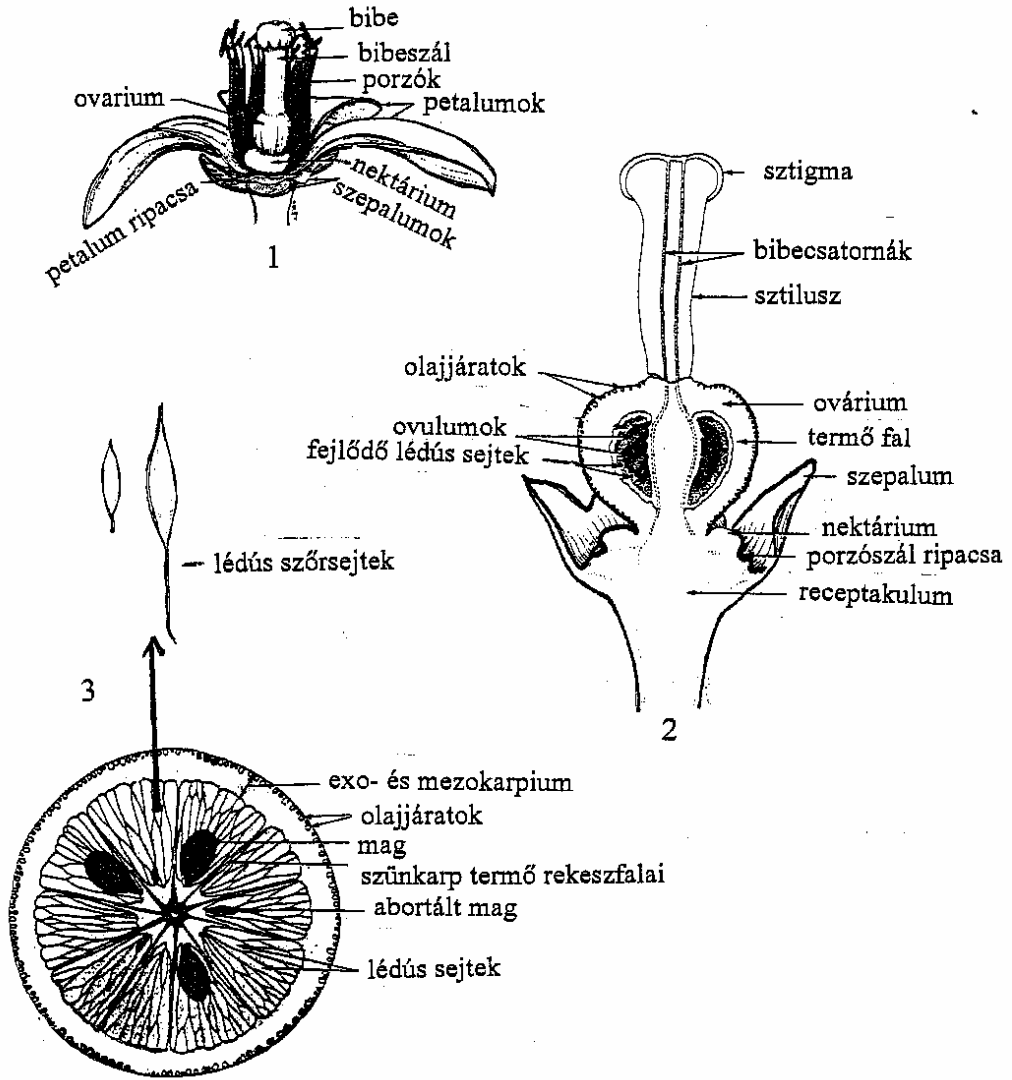
**Bogyó (uva).** Superior magházból képződő cönokarp termés (117. ábra). Az exokarpium vékony, erős, viaszos héj. A mezo- és endokarpium nem választható külön, egységes szövetként foglalják magukba a magokat. Jellemző a *Solanaceae* (burgonyafélék) családban, vagy példa lehet a szőlő (*Vitis sp.*) bogyója is. Az inferior magházból keletkező, ugyanilyen felépítésű bogyó (álbogyó) tudományos neve **bakka** (pl. ribiszke - *Ribes sp.*)

**Narancstermés (heszperidium).** Superior, cönokarp, szinkarp termőből fejlődik. Exokarpiuma bőrszerű, rücskös, gazdag illóolaj tartalommal. Mezokarpiuma szivacsos, fehér szövet. Terméséréskor az endokarpium sejtszövetje megsokszorozódva és erősen megnagyobbodva, szabad szemmel látható lédús szőrsejteké differenciálódnak, kitöltik a fejlődő termés belsejét. Az endokarpium szőrsejtjeinek ízes sejtmedve miatt kedvelt gyümölcsök a citrusfélék (narancs, citrom, mandarin stb.) termései (118. ábra).

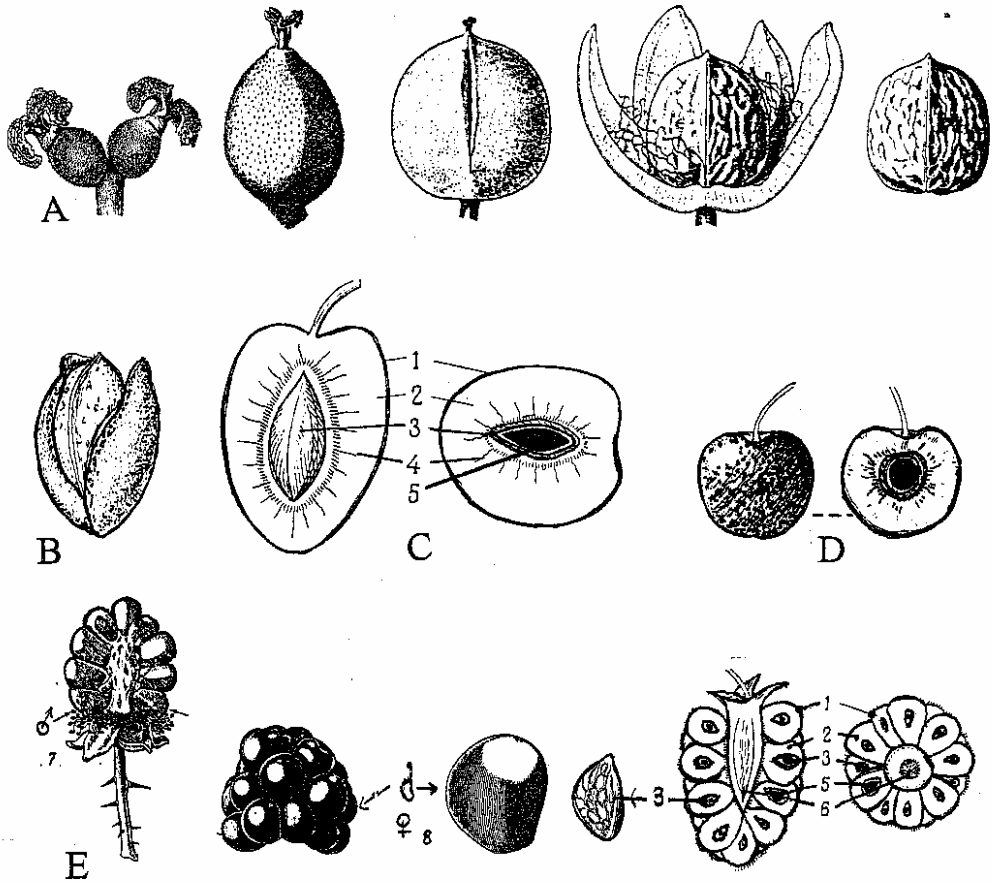


117. ábra. Bogyók. 1. *Atropa belladonna* - nadragulya csészében fejlődő termése és az érett bogyó, 2. *Capsicum annum* – paprika felfújt, kiszáradó falú bogyója, 3. *Lycopersicon esculentum* - paradicsom bogyó termése, 4. *Vitis* – szőlő faj bogyója, 5. *Physalis alkekengi* – zsidócsereznye bogyója az összenőtt megszínesedett csészelevelekben, 6-7. *Ribes* – ribizke fajok alsó állású gүнőceumból fejlődő álbogyói. (Troll és Priszter nyomán)

**Csonthéjas termés (drupa).** Felső, középső és alsóállású magházból egyaránt képződő termés. Lehet monokarpikus, más fajknál cönokarpikus. Hártyás, bőrszerű exokarpiummal, általában húsos, ízes mezokarpiummal és kőkemény, elfásodott, holt sejtekből felépülő endokarpiummal jellemezhető. A köznyelv az endokarpiumba zárt magot tekinti magnak, a botanikában ez a **kőmag (putamen)**. Általában a húsos szövetek sem nyílnak fel (cserezsnye, barack, szilva), de a mandula és a dió termése esetében igen (felnyíló csonthéjasok). A *Rubus* fajoknak (málnák, szedrek) apokarp termőtájából fejlődő csonthéjas termés csoportjuk van (119. ábra).



118. ábra. Hesperidium. 1. A narancs virága, 2. az érő termő hosszmetzete, 3. narancstermés keresztmetzete. (Rost és társai nyomán)



119. ábra. Csonthéjas termések. A) *Juglans regia* – dió termős virágpárjának terméssé érése, B) *Amygdalus communis* – mandula felnyíló drupája, C) *Prunus domestica* - szilva D) *Prunus cerasifera* - cseresznye, E) *Rubus caesius* – szeder csoportos csonthéjas termése. 1. exokarpium, 2. mezokarpium, 3. putamen, 4. szállító nyalábok, 5. mag, 6. virágtengely, 7. porzók, 8. egy termőből képződő csonthéjas termés nagyítva. (Rauh, Troll és Priszter nyomán)

## 7.2. Áltermések

### 7.2.1. Cönokarpikus termőtájából létrejövő áltermések

Ebben a csoportban a termésfalakra a vacok éréssel átalakult szövetei is ráborulnak. A perikarpiumot ezért ezeknél a terméséknél tágabban értelmezzük, beleértjük a vacok szöveteit is, mivel a két borító réteg általában nem különíthető el egymástól.

**Kaszat (akénium).** Két termőlevélből fejlődő termőből, együregű inferior magházból érik (120. ábra A). Kiszáradó termésfalú, fel nem nyíló termés. Enyhén fásodik a termésfal, benne szabadon mozog a mag. Alakja és felszíne fontos határozóbélyeg. A termés disztális végén gyakoriak a csésze eredetű, különböző formájú terjesztést szolgáló képletek (a **pappuszok** szőröcsokrai, kapaszkodó horgas szőrökkel ellátott függelékek, hártyás koronácskák). A fészkesvirágzatúak (*Asteraceae* család) jellegzetes terméstípusa.

**Ikerkaszat (diakénium).** Két termőlevélből fejlődött termőből, alsóállású magházból kialakuló, két kaszatra oszló termés. A részterméseket a **terméstartó (karpofórum)** tartja össze egy ideig. Jellemző a résztermések erős, fajra jellemző bordázottsága, és magas illóolajtartalma (120. ábra B). Az ernyősvirágzatúakra (*Apiaceae* család) jellemző terméstípus.

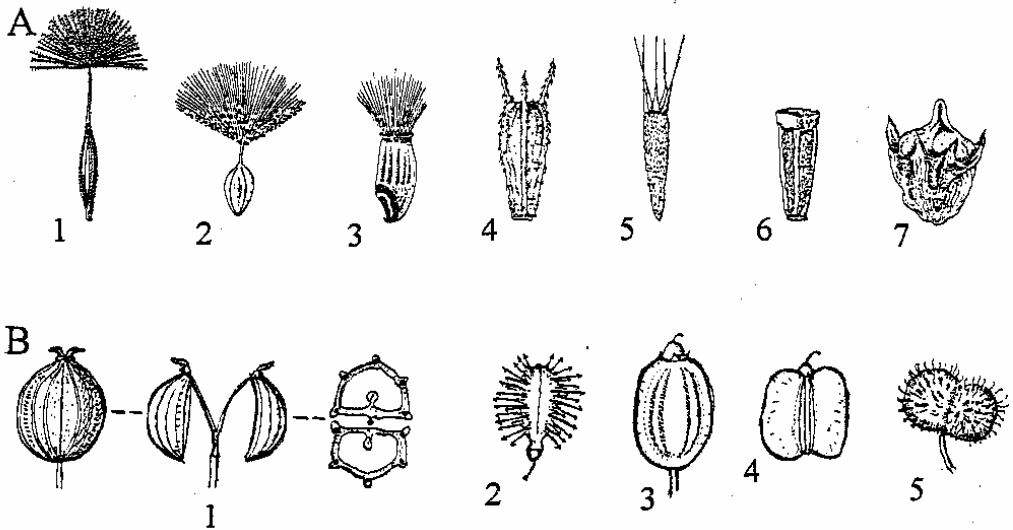
**Kabak (pepónium).** Három termőleveles termőből, inferior magházból fejlődő, sokszor igen nagy nagyméretű húsos termés. Külső termésfala kemény, középső termésfala tömött parenchimatikus szövet. A belső laza, gyakran szivacsosan lédús szövet. Ebbe ágyazódnak a magvak. Jellemző a *Cucurbitaceae* (tökfélék) családra (121. ábra A). A spárgatök és a sütőtök felhasználásakor a termés mezokarpiumát fogyasztjuk, míg a dinnyénél az endokarpiumot.

### 7.2.2. Apokarpikus termőtájából létrejövő csoportos áltermések

Ez esetben is a terméscsoportok beágyazódnak a járulékos szövetekbe, a vacok általában húsos szöveteibe.

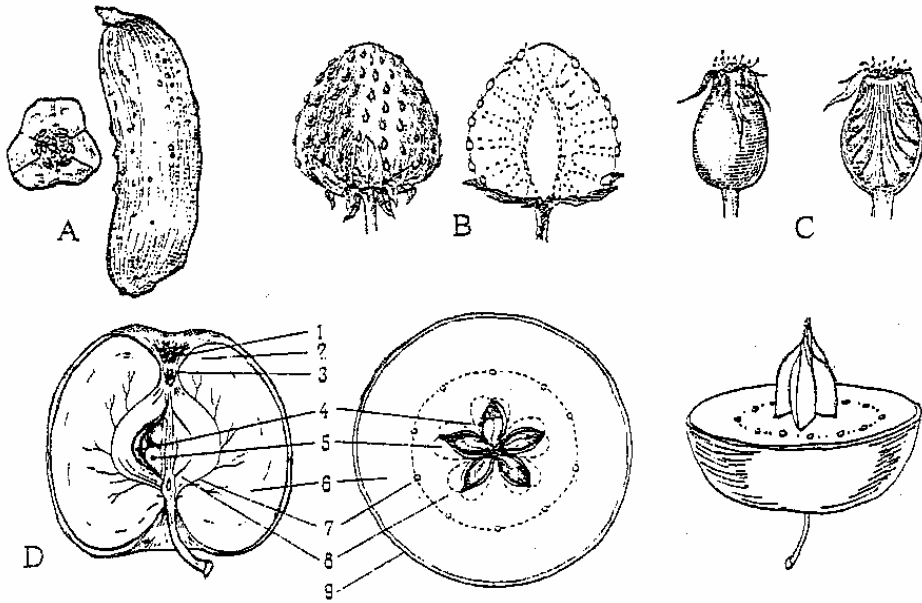
**Szamócatermés (fragum).** A superior, apokarp termőtáj termőiből igen apró **aszmagtermések** fejlődnek. A terméséréssel egy időben a vacok szöveje jelentősen gyarapodva kúpszerűen kiboltosodik, és kiemeli, eltávolítja egymástól az

egyes terméseket. Közben íz és színanyagok halmozódnak fel a vacok parenchimatikus szövetében (121. B).



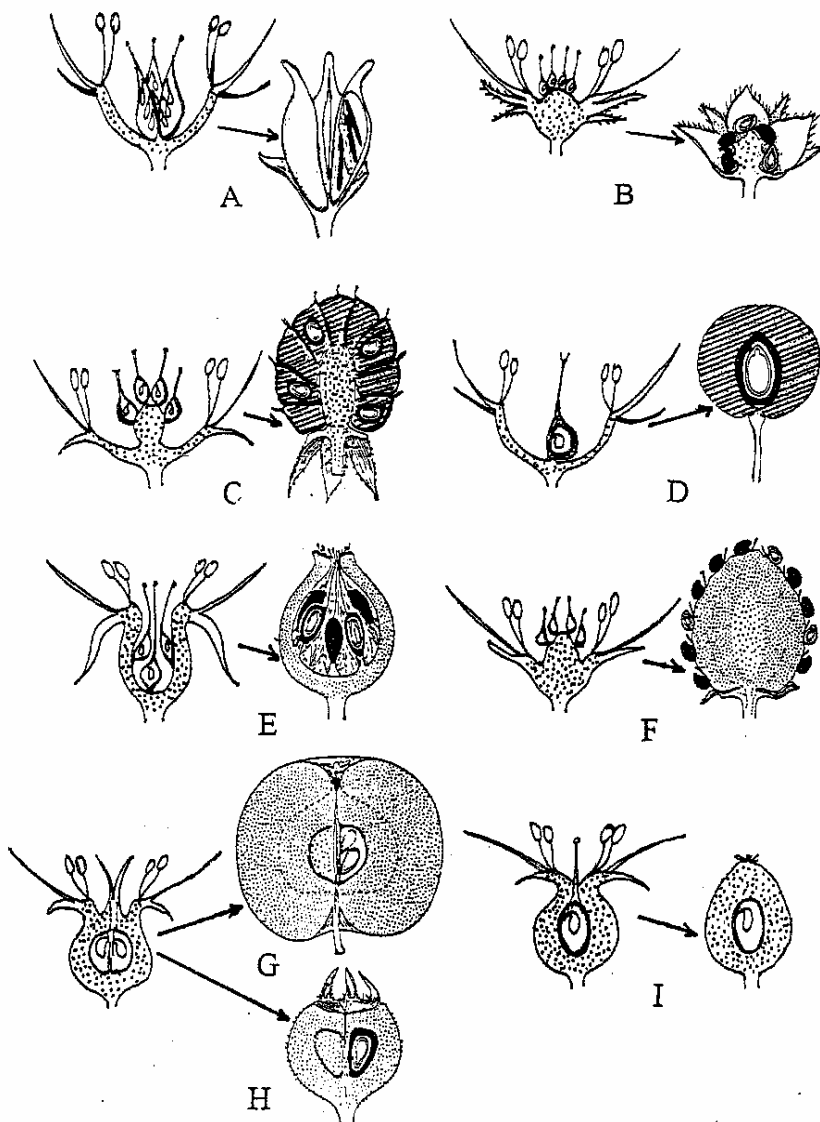
120. ábra. Száraz falú cönokarpikus termőtájból létrejövő áltermések. **A) kaszatok:** 1. hosszúcsőrű, elágazó szőrű bőbitás kaszat - *Tragopogon dubius*- bakszakál, 2. kaszat nyeles pappusszal - *Streptorhamphus crambifolius*, 3. kaszat gyűrűs csúcsú, ecetszerű pappusszal - *Centaurea cyanus* - búzavirág, 4. szigonyos élű kaszat, horgas fogú kinövésekkel - *Bidens tripartitus* - farkasfog, 5. finoman szőrözött kaszat, sima, pikkelyszerű bőbitával - *Xeranthemum annuum* - vasvirág, 6. léces kaszat koronával - *Chrysanthemum vulgare* - giliszaötlő varádics. 7. fogacskás, kiszélesedő kaszat - *Ambrosia artemisifolia* - parlagfű, **B) ikerkaszatok:** 1. *Conium maculatum* - bürök ikerkaszata és annak keresztmetszete, 2. szigonyos szőrű ikerkaszat - *Daucus carota* - sárgarépa, 3. élelt ikerkaszat - *Peucedanum* - kocsord faj, 4. szárnyalt ikerkaszat - *Angelica* - angyalgöyökér faj, 5. horgasszőrű ikerkaszat - *Galium verum* - tejoltó galaj. (Priszter és Széll nyomán)

**Csipkebogyótermés (cinarrhodium).** A csipkebogyótermés is csoportos áltermés. Inferior apokarp termőtájból fejlődik. A vacok fala nem túl vastag, érésre megpirosodó, megízesedő szövetén belül szőrös **aszmagtermések** képződnek. A *Rosa* fajok csipkebogyó termésének vacokhúsát magas C vitamin tartalmáért fogyasztjuk (121. ábra C).



121. ábra. (A) Kabak termés, *Cucumis sativus* uborka, (B - D): csoportos áltermések, (B) *Fragaria x ananassa* – földieper superior apokarp termőtájból fejlődő csoportos aszmagos áltermése. Hosszmetszetén a szállítószövet nyalábjai látszanak, (C) *Rosa sp.* csipkebogyója, a csoportos aszmagos áltermés inferior termőtájból fejlődik, (D) Pomum (*Malus*- alma fajok) hossz- és keresztmetszetben. 1. csészelevelek maradványa, 2. porzók maradványa, 3. bibeszálak maradványa, 4. perikarpium (tüszőfal), 5. magvak, 6. és 8. az áltermés vacok eredetű húsa, 7. szállító nyalábok, 9. a vacok bőrszöveve. (Haraszty, Kárpáti és Kolesnikov nyomán)

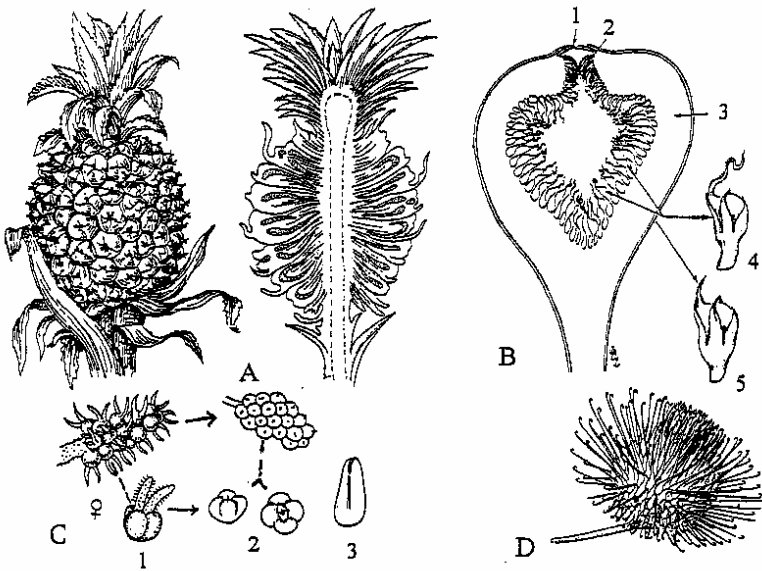
**Almatermés (pomum).** A termés húsának kialakításában szintén a vacok szövetei játszanak szerepet. Mivel alsóállású apokarp termőtájból keletkezik, a gyümölcs tetején megfigyelhetők a takarólevelek maradványai. A vacok húsból képződő terjedelmes, ízletes szövet zárja magába a valódi terméseket, a **tüsző csoportot**, de **kemény aszmagokból** is állhat (naspolya, galagonyatermés). Az almánál (*Malus sp.*) az apokarp termőtáj öt termőből áll. Öt, a tengely felé könnyen szétváló, pergamenfalú tüszőterméssé (az alma csutkájává) érik. A tüszőkben általában két-két mag fejlődik. A *Rosaceae* családban gyakori (121. ábra D). A rózsafélék családjában sokféle termés fordul elő, az ősinek tekintett csoportos termésektől a monokarpikus magános termésekig. Ezekre hoz néhány további példát ismertebb növényeink köréből a 122. ábra



122. ábra. Termékek a *Rosaceae* családban. **A)** *Spiraea* – gyöngyvessző. csoportos tüző, **B)** *Potentilla* – pimpó. csoportos aszmag. A rajzon látszik a feltolódott murvalevelekkel kiegészült csészetáj, **C)** *Rubus* – szeder faj csonthéjas terméscsoportja, **D)** *Prunus* sp. –szilva, csonthéjas termés, **E)** *Rosa* sp. csipkebogyó áltermés, **F)** *Fragaria* sp. aszmag ál-terméscsoport, **G)** *Malus* sp. tüzőcsokor - áltermés, **H)** *Mespilus* – naspolya faj, aszmagcsoport áltermés, **I)** *Crataegus* – galagonya, magános aszmagos áltermés. (Firbas módosított ábrája)

### 7.2.3. Ál-terméságazatok

Olyan virágzatokból jönnek létre, amelyekben a virágok egymással szoros közelségben fejlődnek. A terméságazat képzésében sok esetben a virágzati tengely is részt vesz (123. ábra).



123. ábra. Terméságazatok. **A)** Az ananász bogyó ál-terméságazata. **B)** A *Ficus carica* – füge serleg virágzata, amelyből az ál-terméságazata kifejlődik. 1. nyílás a megporzó rovarok számára, 2. porzós virágok, 3. receptakulum, 4-5. termős virágok. **C)** *Morus nigra* – fekete eper termős barkája és ál-terméságazata, 1. virág a lepellevellel, 2. aszmagok a húsos lepellevellel, 3. aszmag termés kipreparálva és nagyítva. **D)** kaszat terméságazat - *Arctium minus* – apró bojtortján fészekvirágzata. (Haraszty, Jeszenszky, Rost és társai, valamint Bell nyomán)

**Ananásztermés (szorokarpium).** Füzérvirágzattól fejlődő terméságazat. A virágokból fejlődő **bogyóterméseken** kívül a virágok támasztólevelei is elhúsosodnak, és részt vesznek az ananászgyümölcs kialakításában (123. ábra A).

**Fügetermés (szikonusz).** Serlegvirágzattól fejlődő terméságazat. A kehelyszerű virágzati tengely elhúsosodik, megizesedik és magába zárja a sok-sok virág megtermékenyítése után képződő **aszmagterméseket** (123. ábra B).

**Epertermés (szorozus).** Barkavirágzatból fejlődő terméságazat. Az egyes termős virágokból képződő **aszmag** terméseket az elhúsosodó lepellevelek zárják közre, együttesen alkotva az eperszemet, az eperfák (*Morus* fajok) terméságazatát (123. ábra C).

**Valódi terméságazat** a szét nem eső érett fészek (kaszat terméságazat, 123. ábra D), vagy a cukorrépa murvaleveles összetett gomolyos füzér virágzatából származó toktermésekből felépülő generatív hajtása.

### 7.3. A termések és a magvak terjedése

A termések sokféle megjelenésében is az elterjedéshez való alkalmazkodás nyilvánul meg (124. ábra). Vannak növények, amelyek maguk szórják el magvaikat, segítik a magok kedvező feltételekhez jutását, és nagyobb területek meghódítását. Ez leggyakrabban a termésfal higroszkopikus felnyílásával valósul meg. Más fajok terjedésében inkább fizikai tényezők játszanak szerepet. Ehhez alkalmazkodtak a magvaik, de méginkább a terméseik, fajsúlyban, formában, függelékeikkel és a külső szövetek felszínével. A növényvilág koevolúcióját az állatvilág tagjaival e jelenségben is tetten érhetjük, mivel a különböző állatcsoportoknak a magvakhoz hasonlóan jelentős szerepük van egy-egy növényfaj terméseinek terjesztésében is.

A terjedés leggyakoribb módozatait táblázatosan foglaljuk össze. Az terjedés formái vonatkoznak mind a magvakra, mind a termésekre.

*Az elterjedés tényezője*

#### **Állatok**

- az állat felületére tapadó
- a termés a bélsatornába kerül
- madarak
- emlősök
- denevérek
- hangyák

#### **Szél**

#### **Víz**

#### **Maga a növény terjeszt**

#### **Ember**

*Tudományos megnevezése*

#### **Zookoria**

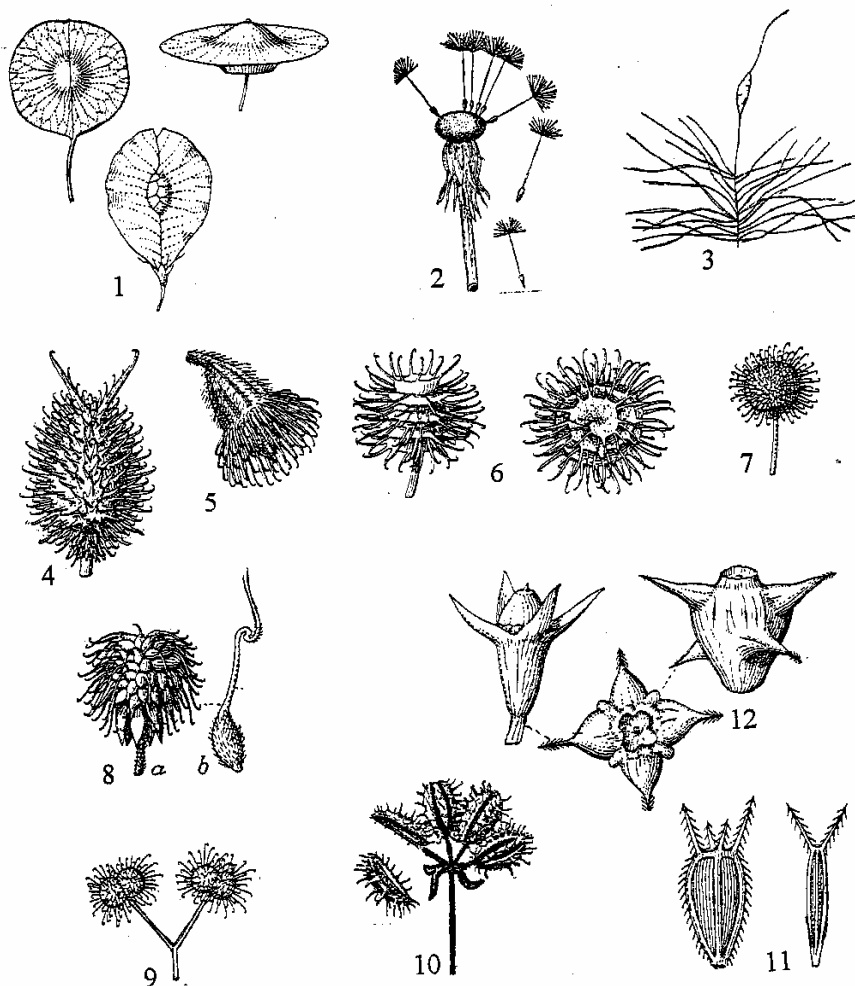
- epizookoria
- endozookoria
- ornitokoria
- mammaliokoria
- kiropterozookoria
- mürmekokoria

#### **Anemokoria**

#### **Hidrokororia**

#### **Autokoria**

#### **Antropokoria**



124. ábra. Különböző módon terjedő termések. 1-3. Anemokoria. 1. *Ptelea trifoliata*-alásfa, *Paliurus vulgaris* és az *Ulmus montana*-hegyi szil lependék termései, 2. *Taraxacum* – gyermekláncfü faj pappuszos kaszatjai, 3. A *Typha* - gyékény fajok terméskocsányán hosszú szőrök fejlődnek. 4-11. Zookoria. 4. *Xanthium strumarium* -szerbtövis., 5. *Agrimonia eupatoria* -párlófű., 6. *Medicago minima* – apró lucerna , 7. *Asperula odorata* –szagos müge- 8. *Geum urbanum* -gyömbérgyökér 9. *Asperula rotundifolia* – kereklevelű galaj, 10. *Orlaya grandiflora* –Orlay turbolya, 11. *Bidens tripartitus* - farkasfog. 12. A *Trapa natans* – sulyom termése karjaival kapaszkodik meg az iszapban. (Guttenberg, Hildebrand, Engler és Huth nyomán)

## 8. A gyökérzet

### 8.1. Felépítése és típusai

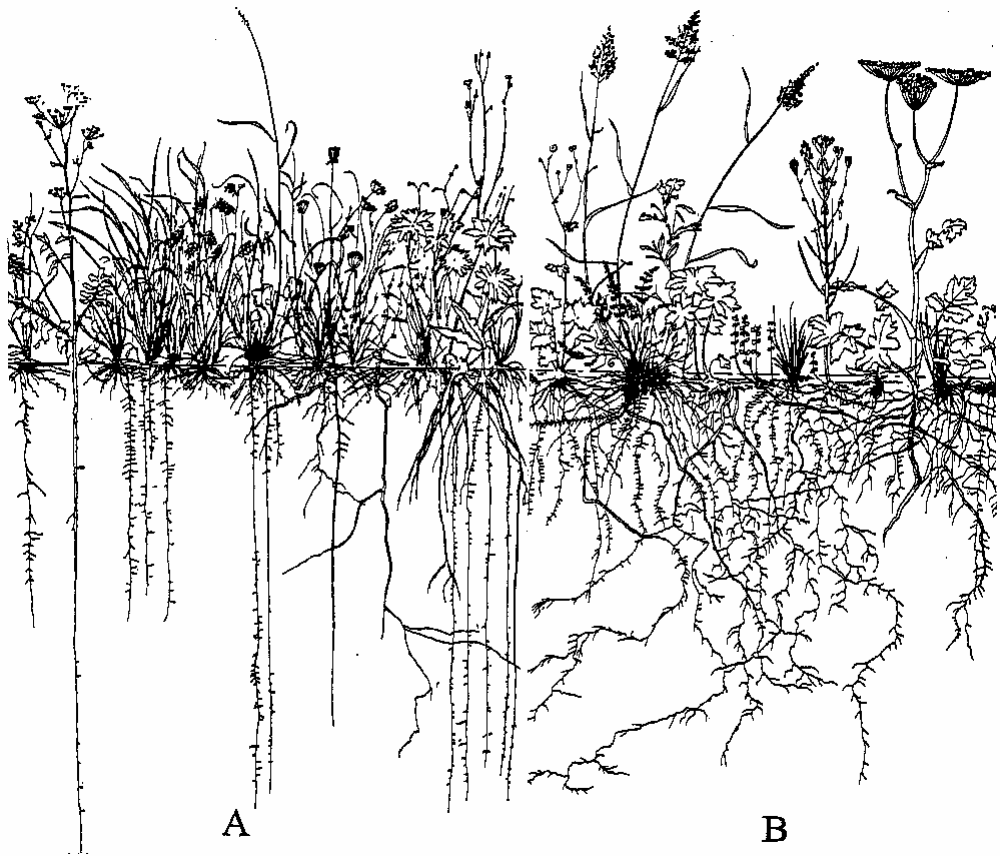
A növény rögzítő, táplálékfelszívó, hormonokat termelő szerve. Módosulásai során más funkciókat is elláthat. Rendesen pozitív geotrópos. Csaknem minden növénynek van valamilyen gyökere, de e tekintetben is vannak kivételek: Egyes fán élő növények (epifitonok) és vízinövények gyökérképződése a csírázás pillanatától blokkolt, pl. a *Tillandsia* fajok, a tócsagazok (*Ceratophyllum*ok) és a rencék (*Utricularia* fajok) esetében. Néhány évelő fajnál rügyek is fejlődhetnek rajta (pl. akác - *Robinia pseudo-acacia* és a szedrek - *Rubus* fajok esetében), de levelek közvetlenül sosem.

A növényeknek több gyökérből álló gyökérzete, vagy más szóval gyökér rendszere van. Terjedelme és architektúrája, összefüggésben a talaj feletti részek strukturáltságával, fajra jellemző, de nagymértékben alakítja a talaj szerkezete, tápanyag ill. vízellátottsága is (125. ábra).

A felszívó működésében legfontosabbak a többszörösen elágazó rendszer legvékonyabb gyökérágai, az elsődleges szövetekből felépülő **hajszálgyökörek**. A tápoldat felszívása ugyanis csaknem egészében ezeknek a hajszálgyököreknek (primer gyökereknek) a csúscsmögötti disztális gyökérszörös zónáira korlátozódik. A gyökérszörös zónák struktúrájának és működésének tanulmányozásakor figyelembe kell venni a gyökérszörös szoros kapcsolatát a talajrészecskékkel és a talaj mikroszkópikus szervezeteivel. E zónákon a legtöbb növénynél talajrészecskékből és mikroszkópikus szervezetekből álló gyökérhüvely figyelhető meg, aminek létrejöttében a gyökér által kiválasztott mucinózus anyagok is alapvető fontosságúak. A gyökérhüvely más környezetet jelent a felszívó működésben, mint a kísérletekben használt tápoldatok vagy táptalajok.

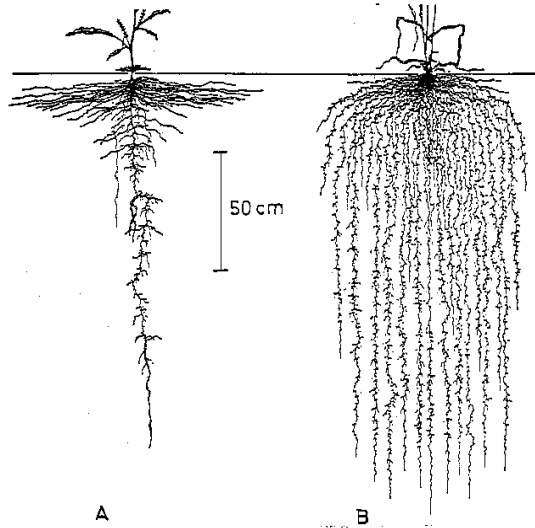
A gyökérzet kialakulása a csíra gyököcskéjének, radikulájának fejlődésével kezdődik. A radikulából fejlődik ki a főgyökér. A főgyökéren másod, harmad stb. rendű **oldalgyökörek** képződnek, létrehozva a primer **főgyökérzetet** (a **primer allorhízás gyökérrendszer**). A nyitvatermők és a zárvatermő kétszikűek fiatal egyedeinek gyökérzete ilyen (126. ábra A).

A primer gyökérrendszerek proximális szakaszai a legtöbb növénynél már az egyedfejlődés korai szakaszában másodlagos szövetekkel gyarapodnak, vastagszanak. A nyitvatermőknél és a legtöbb kétszikűnél a másodlagos szövetekkel gyarapodott és erősített **szekunder allorhízás gyökérrendszer** az általános.



125. ábra. Réti növényfajok gyökérzetének alakulása laza homokos (A) és törmelékes talajban (B). (Raven és társai nyomán)

A fenti gyökérbépződés **homogén**, mert a gyökérrendszerben minden gyökér közvetlenül vagy közvetve a radikula származéka (**homogén radikáció** 127. A ábra).

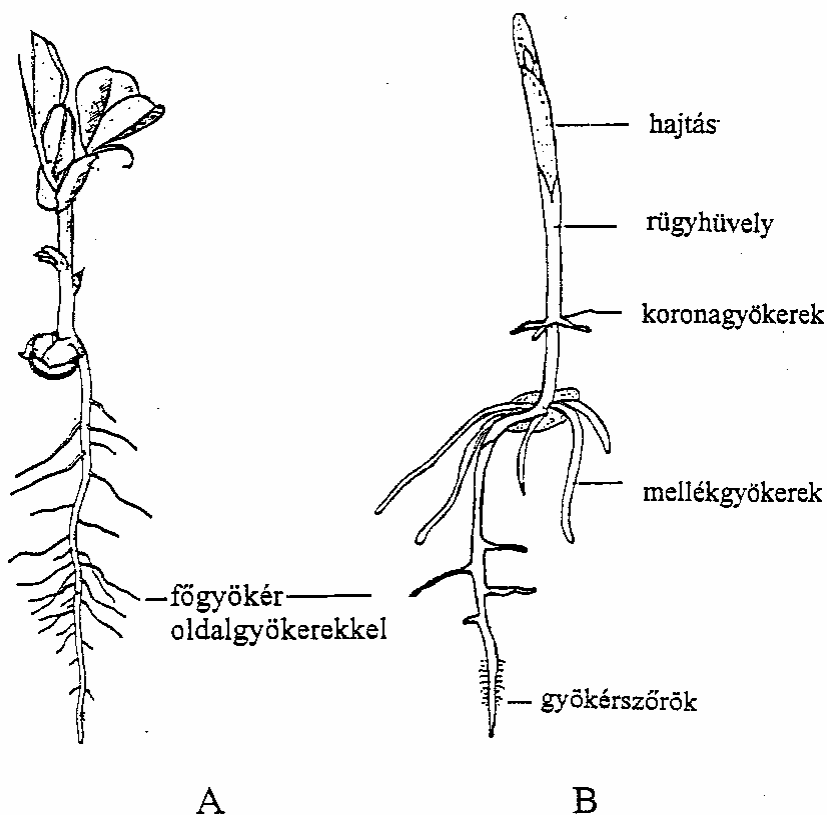


126. ábra. Kétszikű növény főgyökérzete (A) és egyszikű növény mellégyökérzete (B). (Scagel és társai nyomán)

Az egyszikű növények csírázásakor is megindul a főgyökérzet kialakulása. Azonban ezzel párhuzamosan fajoktól függően a csíratengely közepéből (mezokotilból, pl. a pázsitfűveknél), a szikleveél alatti tengelyrészéből (hipokotilból), vagy a legalsó szártag nóduszából is gyökerek fejlődnek. Ezek hajtás eredetű ún. **mellégyökerek**, amelyek közel egyenrangúak, pozitív geotróposan fejlődnek és szintén tovább ágaznak. A kialakuló gyökérzet gyökerei tehát eredetüket tekintve kétfélek, a **radikáció heterogén** (127. B ábra). A fajok egy részénél a különböző eredetű gyökerek a növény élete végéig együtt szolgálják a növényt. Másoknál a radikulából fejlődő gyökérzeti rész már az egyedfejlődés korai szakaszában elpusztul, és átadja a helyét és szerepét a mellégyökereknek. Ekkor beszélünk **mellégyökérzetről (homorhizás gyökérzetről)**. A legtöbb egyszikű növénynek ilyen gyökérzete van (126. ábra B). A mellégyökérzet gyökérágai, a hajtás eredetű gyökerek általában nem képesek másodlagos vastagodásra.

Homogén radikációval is keletkezhet mellégyökérzet, kitarásra, szaporodásra módosult szervek esetében. A hagymát vagy a tarack csomóit, de

a szamóca legyökerező indáit is egyenrangú hajtás eredetű gyökerek rögzítik.



127. ábra. Homogén (A) és heterogén (B) radikáció. A) veteményborsó (*Pisum sativum*), B) kukorica (*Zea mays*) csiranövények. (Troll nyomán)

A gyökerekre és a gyökérzetre általában jellemző, hogy összehúzódásra, **kontrakcióra** képesek. A jelenség valószínűleg sokkal általánosabb, mint az a köztudatban van. A gyökérkontrakciónak már a csiranövények megtapadásában is szerepe van. A két- és többéves lágyszárú növényeknél a gyökérzet kontrakciója biztosítja a rügyek talajba kerülését a kedvezőtlen időszakra. Egyes fajok hagymái sokszor igen mélyre kerülnek a teljes gyökérzet kontrakciója következtében. A kontrakció mögött elsősorban a gyökér kéregsejtjeinek összeesése vagy szélesedése van. A szállítóelemek hullámosak lesznek, de funkciójukat

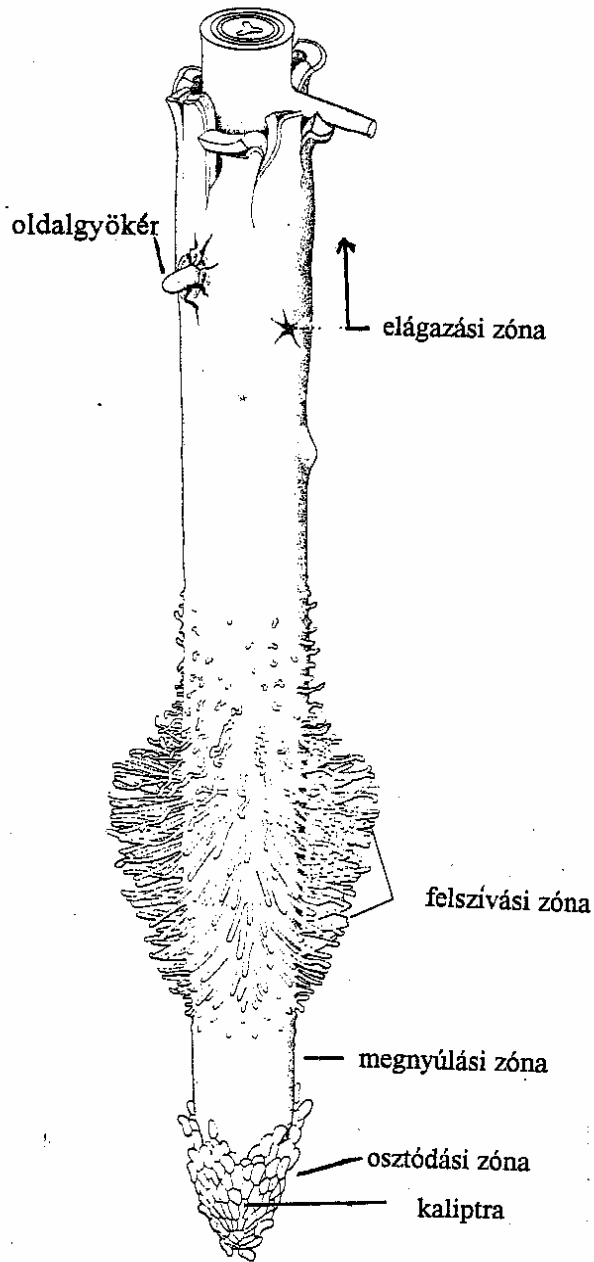
nem veszítik el. A kontrakció a parenchima sejtekben gazdag gyökerekre jellemzőbb, úgymint a csíranövény primer gyökerére, a raktározó gyökerekre, és az egyszikűek másodlagosan nem vastagodó mellégyökereire.

A növény hajtásrendszerén akár magasan a föld felett is fejlődhetnek gyökök, hajtás eredetű gyökök. Egy részük különleges funkcióval rendelkezik, ezért a módosult gyökereknél kerülnek szóba. Ahogyan valamennyi oldalgyökér is endogén fejlődésű (a belső szövetekből indul el a kialakulásuk), úgy ezek a gyökök is ritka kivétellel endogén képződésűek. Képződhetnek virágzatokban a virágok helyén megjelenő hagymákon, lehajló, lehulló, talajközelpbe kerülő hajtásrészekben, sokszor a náduszokban, de az internodiális szakaszokon is. A kertészeti gyakorlatban a növények szaporításakor gyakran indukálnak gyökéreképződést, akár leveleken is. Az így fejlődött gyökök a **járulékos hajtás eredetű gyökök**.

## 8.2. A gyökér (radix) morfológiája

A gyökérzet különböző fejlettségű és korú gyökerekből épül fel. Valamennyi gyökér csúcsától kiindulva a következőképpen jellemezhető (128. ábra):

A gyökér hossznövekedése a disztális részén (csúcsán) található osztódó szövetekkel valósul meg. Az **osztódási zóna** sejtjeinek proximális irányba differenciálódó származéksejtjei a **megnyúlási zónát** alkotják, ahol elsősorban a tengely irányában történő megnyúlást eredményező differenciálódás történik. Új sejtek keletkezésével és a sejtek nyúlásával a gyökércsúcs mélyebbre, új talajközelpbe hatol. A növekedés során a talaj részecskéi sértenék a gyökér csúcsának sejtjeit. Hogy az osztódó sejtek csoportja védve legyen, az osztódószövet disztálisan is lefűz származéksejtet, amelyek közvetve vagy közvetlenül védik a csúcsot. Ezek a sejtek a **gyökérsüveget**, a **kaliptrát** alkotják. A kaliptra sejtjei folyamatosan pusztulnak és újraképződnek. Sejtjeikben jellemzőek a keményítőszemcsék, amelyek szerepet játszhatnak a gyökér pozitív geotrópos fejlődésében. Mindemellett jellemző, hogy a sejtek mucinózus anyagot termelnek. A felületen elpusztuló sejtek mucintartalma segíti a gyökér előrenyomulását a talajban, másrészt a talaj baktérium közösségeinek tápanyagul szolgálva, azok elszaporodásának kedvezve, közvetve a talaj tápanyagainak feltárásához is hozzájárulnak.



128. ábra. Fiatal gyökér disztális végének morfológiája

A gyökér felületi sejtjeinek többsége a gyökér csúcsától néhány milliméterre a gyökértesttől kifelé irányuló növekedéssel differenciálódik. A sejtek vékony felületi sejtfaa fellazul, a vakuólumban növekvő sejtnedvmennyiség kesztyűujjszerű kitüremkedést eredményez, megnövekedett protoplazma és sejtalfelülettel. Az így keletkező gyökérszőrsejtek akár centiméter hosszúságúak is lehetnek. A **gyökérszörös, vagy felszívási zónát** alkotják, amely szabad szemmel is megfigyelhető a tápoldatban vagy szűrőpapíron csiráztatott növények fejlődő gyökerein. A gyökérszörös zónái több ezerszeresére növelik a növény felszívási felületét. A gyökér növekedésével a gyökérszőrsejtek disztálisan újraképződnek, proximálisan pusztulnak (128. ábra).

A gyökérszörös zónától proximális irányba a gyökerekben már jól fejlett szállító szövet található, innen már intenzív a tápoldat szállítása. Folytatódik a gyökér elsődleges vastagodása (a sejtek nagyobbodásával), és az ún. **elágazási zónában** néhány sorban vagy látszólag szabályszerűség nélkül, a gyökér kérgi szövettáját áttörve megjelennek az első oldalgökök. Az oldalgökök száma, növekedési erélye nagymértékben függ a talaj szerkezetétől, vízellátottságától és tápanyagtartalmától. Ebben a zónában a sérülékeny, rövidéletű (3-4 napig élő) gyökérszőrök már elpusztulnak, a bőrszövet sejtjei védő és felszívó funkciót már nem látnak el. A bőrszövet szerepét az alatta fekvő kéregsejtek veszik át, miközben parás falúakká differenciálódnak. Kialakul az **exodermisz**. Az egyszikűeknél a növény életében mindvégig az így kialakult védőréteg borítja a proximális gyökérfelületeket. A kétszikűek gyökere másodlagosan képződő szállítószöveti elemekkel belülről vastagszik. A vastagodás következménye a kívül eső kéregsejteknek a leszakadozása. A kéreg felszakadásához a belső képződésű oldalgökök is hozzájárulnak. Ezért egy kétszikű gyökér felületén az elágazási zónától fölfelé szakadozott, leváló kéregdarabok figyelhetők meg. Egy idő után a kéreg helyén, a gyarapodó szállítószöveten, másodlagos bőrszövet, **periderma** keletkezik. Ez a szövet általában simább felületű a száron képződő peridermával összevetve.

### 8.3. Gyökérmódosulások

A gyökérrendszer egyes gyökerei, és a hajtáson fejlődő gyökerek is módosulásokon mehetnek át, az alapfunkcióktól eltérő működést végezhetnek.

**Raktározó gyökerek** (129. ábra). A raktározás a legtöbb gyökér esetében megfigyelhető, többnyire a kéreg vagy a szállítószövet parenchima sejtjeiben. Egyes fajoknál azonban a raktározó szövet olyan mértékben megnövekedhet, hogy ez a gyökerek külső megjelenésében is megnyilvánul. Ezek a raktározó gyökerek. Az évelő növényfajok áttelelését biztosítják.

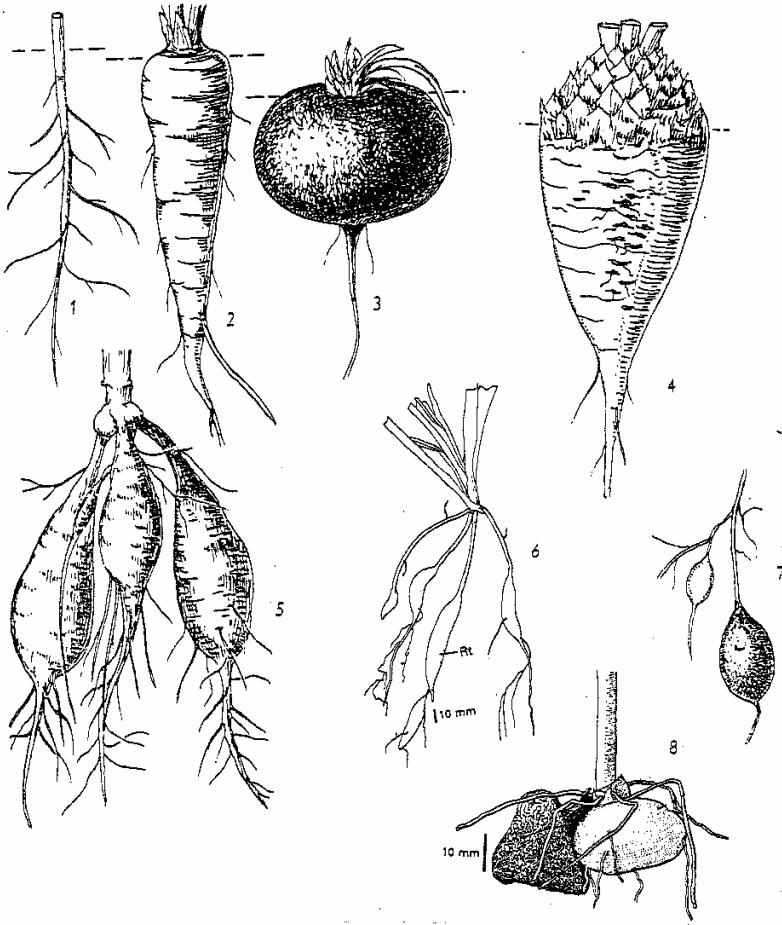
**Raktározó karógyökér.** A főgyökér tengelye feltűnően vastag a terjedelmes raktározószövet kialakulása miatt. Az egyes típusokban a raktározás a gyökér más- más szövettájában figyelhető meg:

- A gyökér másodlagosan vastagszik és a raktározás a másodlagos szállítószövetnek a megszokottnál nagyobb számban képződő faparenchima sejtjeikben történik. Fás növényeink esetében gyakori.
- Másodlagos vastagodáskor terjedelmes ún. parenchimatikus hánccs jön létre, ahol a növény a hánccs parenchima sejtekben halmoz fel különböző anyagokat. Két és többéves kétszikű lágyszárúaknál gyakori, pl. a gyermekláncfűvek (*Taraxacum* fajok) karógyökere, a sárgarépa (*Daucus carota*) és a petrezselyem (*Petroselinum crispus*) karógyökere.
- A gyökér fejlődésének kezdeti szakaszában kialakuló szállítószöveten kívül, egymást centrifugálisan követő kambiumhengerek parenchimatikus szállítószövetet hoznak létre, különálló nyalábokkal. Itt a nyalábok közötti parenchimasejtek raktározhatnak. Ezzel találkozunk a cukorrépa (*Beta vulgaris*) répatestében. Meg kell jegyezni, hogy a répatest kialakításában a gyökéren kívül a hipokotil és a legelső internódiумok (répa feje) is részt vesznek.

**Gyökérgumó.** A gyökér lokális megvastagodása. Létrejöhet fő- oldal- és mellékgyökereken is. Gömbösek a gyökérgumók pl. a mogyorós lednek (*Lathyrus tuberosus*) gyökérzetén. Hengeresen vastagodott gyökérágakkal bíró gyökérzet a koloncos gyökérzet. Erre példa a salátaboglárka (*Ficaria verna*) vagy a dáliák gyökérrendszere. Legtöbbször a terjedelmes, bőrszövet alatti ké-

reg szövete raktároz. A gyökérgumó a gyökérrendszer szétesésével, ha rügyes szárrész tartozik hozzá, vegetatív szaporítószervvé lesz.

**Iker gumó.** Talajlakó orchideákon minden évben egy gyökérág megvastagszik. Segíti a kitartást. Mellette fellelhető az előző évi kiürült, ráncos, petyhüdt gumó (129. ábra).



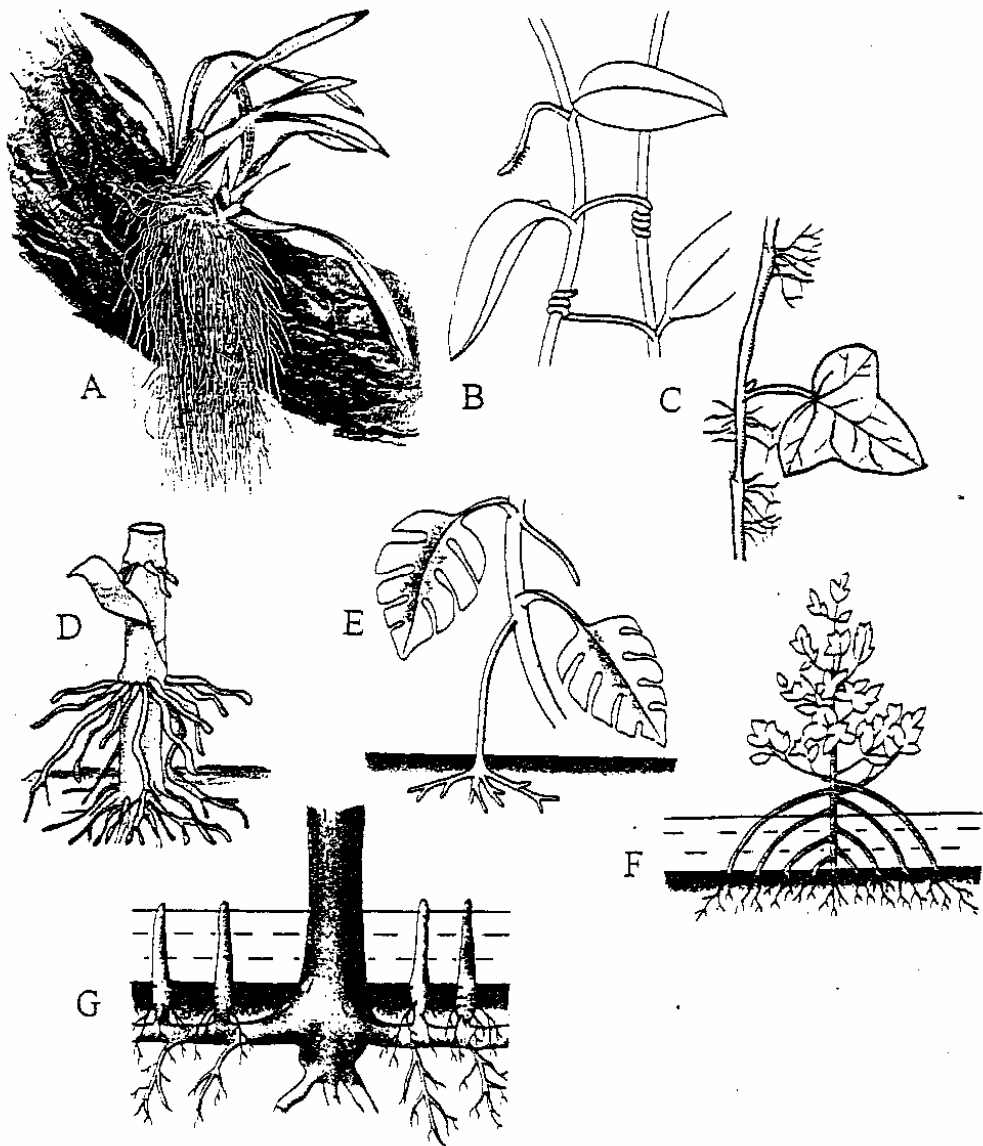
129. ábra. Raktározó gyökerek: 1. orsógyökér - *Cannabis sativa* - kender, 2. karógyökér - *Petroselinum crispum* - petrezselyem, 3. gömbösen vastagodott főgyökér - *Raphanus sativus* - retek, 4. répatest - *Beta vulgaris*, 5. gyökérgumók - *Dahlia variabilis*, 6. koloncos mellégyökérzet - *Chlorophytum comosum*, 7. gömbös gyökérgumók - *Lathyrus tuberosus*, - gumós lednek, 8. iker gumó - *Dioscorea* sp. (Priszter és Bell nyomán)

**Léggökökerek** (130. ábra). Hajtáseredetű, pozitív geotropizmust mutató gyökök a talaj feletti szerveken. További felosztásuk:

- **Valódi léggökökerek.** Epifiton növények, pl. fán lakó orchideák vízfelvétele berendezkedett gyökerei. A gyökök felületén egy elhalt, speciálisan vastagodott falú sejtekből álló burok, a velamen radikum biztosítja a gyökérvégek által adszorbcíóval felvett víz visszatartását. A szintelen rétegen áttetszik a belső fotoszintetizáló szövetek zöld színe.
- **Kapaszkodó léggökér.** Kapaszkodásra módosult gyökér. Pl. a borostyán (*Hedera helix*) szárán sűrűn fejlődő gyökök.
- **Támasztó léggökér.** A szárból kiindulva a talajt elérve támasztó funkciót látnak el, pl. a mangrove vegetáció növényei, *Pandanus* és *Rhizophora* fajok.
- **Koronagyökökerek.** Talajközeli nóduszokból örvösen szerveződő, pányvázó-támasztó gyökök. Pl. kukorica (*Zea mays*).
- **Táplálékszállító léggökökerek.** A szárból fejlődve, a talajba belenőve, ott elágazva a támasztás mellett a tápanyagfelvételen is szerepet játszanak Megfigyelhetők a filodendron (*Monstera spp.*) fajoknál.

**Lézőgyökökerek (pneumatoforák).** Mocsaras, áradásos területek növényeinek felszínközeli gyökereiből negatív geotróposan fejlődő gyökökerek (130. G ábra). Nagy sejtközötti járatokat tartalmaznak, pl. a mocsárciprus fajok (*Taxodium* fajok.) lézőgyökerei.

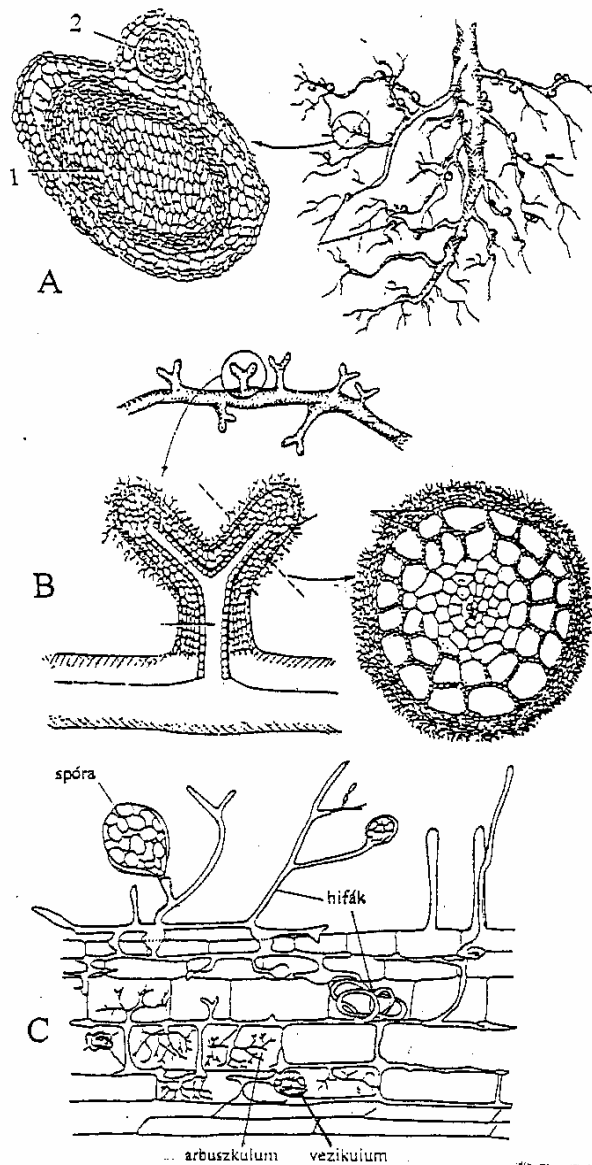
**Gyökértövis.** Hegyes, kemény, korlátolt növekedésű oldalgökér, vagy hajtás-eredetű gyökér. A csúcsmerisztéma sejtjei kemény és vastag falú sejtekké differenciálódnak. Egyes pálmafajokra jellemző.



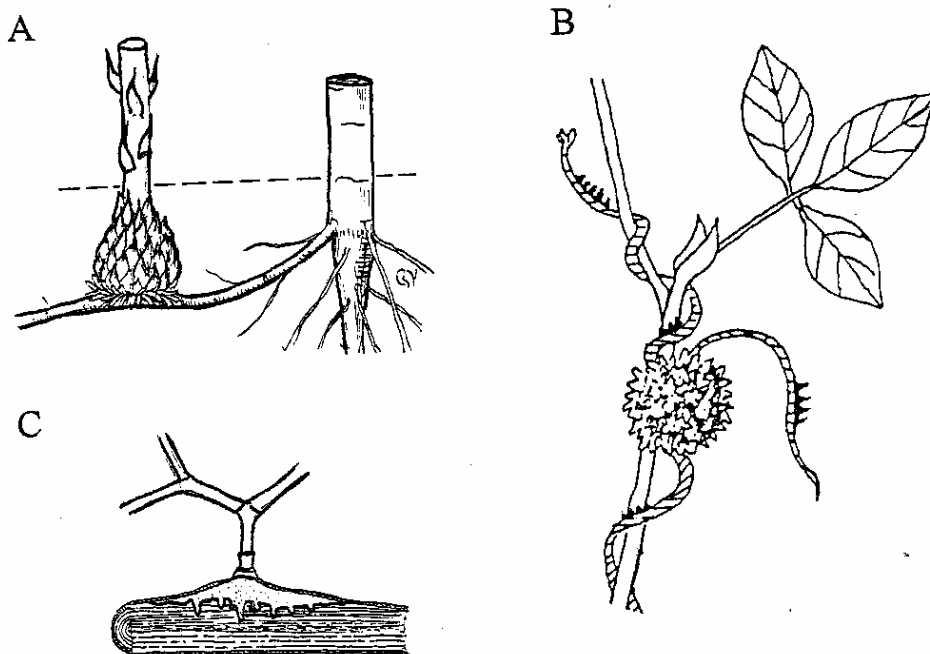
130. ábra. Légygyökerek és légzőgyökerek: A) valódi légygyökerek - *Orchis* sp., B, C) kapaszkodó légygyökerek - *Vanilla planifolia* és *Hedera helix*, D) koronagyökerek - *Zea mays*, E) táplálékszállító légygyökerek - *Monstera* sp., F) támasztó légygyökerek - *Rhizophora* sp., G) légzőgyökerek - *Sonneratia alba*. (Scagel és társai nyomán)

**Gyökerek és más szervezetek kölcsönhatásával létrejövő módosulások (131. és 132. ábrák):**

- **Gyökérgümők.** Pillangósvirágúak (*Fabaceae* család) gyökerein gyakoriak, *Rhizobium* baktériumok (*Eubacteriales* rend)) hatására kialakuló kéregduzzanatok. A gümő sejtjeiben elszaporodó baktériumok nitrogénnel látják el a növényt.
- **Mikodomáciumok.** A gyökérgümökhöz hasonló kinövések a gyökéren sugárgombák hatására. A sugárgomba elnevezés megtévesztő, mert ezek is prokarióra szervezetek, a gombákhoz hasonló felépítésű fonalas baktériumok. Az *Actinomycetales* rendbe tartoznak. A mikodomáciumokban is nitrogén fixálás folyik. Pl. az enyves éger (*Alnus glutinosa*) gyökereiben.
- **Mikorrhiza (gombás gyökér).** A gombahifák és hajszálgyökerek kölcsönhatása gyakori jelenség a növényvilágban. A növények tápanyag felvétele könnyített a gombák segítségével. Cserébe szerves anyagok jutnak a gombába. Két típusuk ismert. Az **ektomikorrhizás** kapcsolat jól felismerhető, mivel a gombahifák egy sokszor színes kérget képeznek a gyökérszőrös zónán, mintegy átvéve a gyökérszőrök szerepét. A gyökér kéregszövetének csak a sejtközötti járataiba hatolnak be a hifák. A nyitvatermő és lombosfák gyökerein általános. Az **endomikorrhizás** kapcsolat inkább a légyszárúak, (pl. orchideák, pázsitfűfélék) körében fordul elő. Ez esetben a hifák bejutnak a kéreg sejtjeibe, ott vezikulumokat vagyés ágszerű elágazásokat, arbuszkulumokat hoznak létre.
- **Hausztóriumok (szívógyökerek).** Élősködő növényeknek a gazda szárába (arankák - *Cuscuta spp.*) vagy gyökerébe (szádorgók - *Orobancha spp.*) hatoló, tápanyagfelvételre módosult gyökerei. A **paraziták** nem fotoszintetizálnak, hánccszövetből táplálkoznak (aranka fajok, szádorgók). A **félparaziták** (a fehér fagyöngy - *Viscum album*) a faszövetből jutnak tápoldathoz. A szívógyökerek száma és struktúrája, a kapcsolat felülete és megvalósulása igen különböző az egyes fajoknál (132. ábra).



131. ábra.. Gyökerek és más szervezetek kölcsönhatásával létrejövő módosulások. A) gyökérgümők: 2. egy vékony gyökér keresztmetszete, 1. a gyökér kéregsejtjeinek gyarapodásával létrejött gyökérgümő, a sejtekben baktériumok. B) ektomikorrhiza, villásan elágazó gombakérges gyökérvég és keresztmetszete. C) endomikorrhiza, arbuszkulumok és vezikulumok a gyökér kéregsejtjeiben. (Rost és társai nyomán)



132. ábra.. Szívógyökerek. A) gyökéren élősködő növény - *Orobanche cumana*, B) a parazita aranka (*Cuscuta sp.*) szívógyökerekkel a gazda hajtásán, C) félpazazita fagyöngy - *Viscum album* - a gazdanövény ágán. (Priszter nyomán)

Végezetül e helyen is kifejezzük köszönetünket minden munkatársunk felé, akik hozzájárultak a jegyzet megvalósulásához. Elsőként Dr. Borbély Györgynek, a Növény-tani Tanszék vezetőjének, mindenirányú, segítő támogatásáért. Köszönettel tartozunk Dr. Nyakas Antóniának lektori munkájáért. Köszönet illeti továbbá Ari Pálmát a jegyzet technikai szerkesztésében nyújtott odaadó segítségéért.

FELHASZNÁLT FONTOSABB FORRÁSMUNKÁK:

**Bartha D.:** Fa és cserjehartározó. Mezőgazda Kiadó, Bp. 1997

**Baloghné Nyakas A. (szerk.):** Mezőgazdasági növény szervezettan. Egyetemi jegyzet. Debrecen, 1996

**Borhidi A.:** A zárwatermők fejlődéstörténeti rendszertana, Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest, 1995

**B. Bracegirdle, P.H. Miles:** An Atlas of Plant Structure, Heinemann Educational Books. London, 1971

**E. G. Cutter:** Plant Anatomy: Experiment and Interpretation. Part I. Cells and Tissues. Edward Arnold Ltd. London, 1969

**Dános B.** Farmakobotanika, Argumentum. Budapest, 1997

**K. Esau:** Pflanzenanatomie. Veb G. Fisher Verlag. Jena, 1969

**Filarszky N.:** Növénymorphologia, Franklin-Társulat, Budapest 1911

**G. Gassner:** Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Nahrungs- und Genussmittel. G. Fisher, Jena, 1951

**Gyurján I.:** Növény szervezettan. Egyetemi jegyzet, ELTE Eötvös Kiadó. Budapest, 1996

**Haraszty Á. (szerk.):** Növény szervezettan és növényélettan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 1978

**Horánszky A., J. Komlódi M.** Növényrendszertani Praktikum. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest, 1991

**Hortobágyi T. (szerk.):** Agrobotanika, Mezőgazdasági Kiadó. Budapest., 1986

**Kurszanov és munkatársai:** Botanika. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1952

**Kárpáti Z., Görgényi L.-né, Terpó A.:** Kertészeti Növénytan I.-II., Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1968

**J .D. Mauseth:** Botany - An introduction to plant biology. Sounders College Publishing, USA, 1991

**Priszter Sz.:** A növényismeret terminológiája, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1961

**Pásztor Gy.:** Növényismereti gyakorlatok. Egységes jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977

**Sárkány S., Szalai I.:** Növénytan gyakorlatok I. Növényismereti gyakorlatok. Egységes jegyzet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1964

**R. F. Scagel és munkatársai:** Plants - An Evolutionary Survey. Wadsworth Publishing Company. Belmont- California, 1984

**C .Starr, R. Taggart:** Biology. The unity and diversity of life. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, 1981

**E. Strasburger:** Botanische Practicum. Gustav Fischer Verlag. Jena, 1897

**W. Troll:** Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie, Veb Gustav Fischer Verlag. Jena, 1957

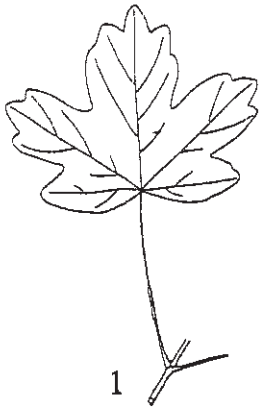
**G. Vogel, H. Angermann:** SH atlasz, Springer-Verlang, Bp., 1992

1. számú melléklet. Gyakori fa- és cserjefajaink lomblevelei. (Simon, Bartha és Horánszky-Járainé Komlódi nyomán)

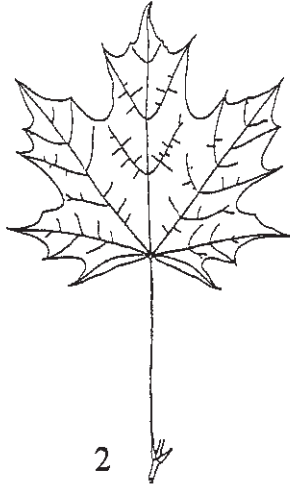
<i>Tudományos név</i>	<i>magyar név</i>
<i>Acer campestre</i>	mezei juhar 1
<i>Acer platanoides</i>	korai juhar 2
<i>Acer pseudoplatanus</i>	hegyi juhar 3
<i>Acer tataricum</i>	feketegyűrű v. tatárjuhar 4
<i>Aesculus hippocastanum</i>	fehér vadgesztenye 56
<i>Ailanthus altissima</i>	bálványfa 63
<i>Alnus glutinosa</i>	enyves éger 35
<i>Amygdalus nana</i>	törpemandula 46
<i>Berberis vulgaris</i>	sóskaborbolya 49
<i>Betula pendula</i>	közönséges nyír 17
<i>Carpinus betulus</i>	gyertyán 20
<i>Castanea sativa</i>	szelídgesztenye 43
<i>Cerasus avium</i>	vadcseresznye 25
<i>Clematis vitalba</i>	közönséges iszalag 54
<i>Cornus mas</i>	húsos som 29
<i>Cornus sanguinea</i>	veresgyűrű som 30
<i>Corylus avellana</i>	közönséges mogyoró 38
<i>Cotinus coggygria</i>	cserszömörce 14
<i>Crataegus monogyna</i>	egybibés galagonya 39

<i>Crataegus laevigata</i>	cseregalagonya 40
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	ezüstfa 45
<i>Euonymus europaeus</i>	csíkos kecskerágó 32
<i>Euonymus verrucosus</i>	bíbircses kecskerágó 31
<i>Fagus sylvatica</i>	bükk 18
<i>Forsythia suspensa</i>	aranyvessző 33
<i>Fraxinus excelsior</i>	magas kőris 61
<i>Ginkgo biloba</i>	páfrányfenyő 55
<i>Gleditsia triacanthos</i>	lepényfa 67
<i>Hedera helix</i>	borostyán 37
<i>Juglans regia</i>	közönséges dió 65
<i>Ligustrum vulgare</i>	közönséges fagyal 50
<i>Lonicera xylosteum</i>	ükörke lonc 28
<i>Lonicera caprifolium</i>	jerikói lonc 51
<i>Platanus hybrida</i>	közönséges platán 5
<i>Populus alba</i>	fehér nyár 34
<i>Populus nigra</i>	fekete nyár 16
<i>Prunus spinosa</i>	kökény 47
<i>Pyrus pyraeaster</i>	vadkörte 13
<i>Quercus cerris</i>	csertölgy 11
<i>Quercus petraea</i>	kocsánytalan tölgy 9
<i>Quercus pubescens</i>	molyhos tölgy 10
<i>Quercus robur</i>	kocsányos tölgy 8
<i>Quercus rubra</i>	vörös tölgy 12
<i>Rhamnus catharticus</i>	varjútövis 27
<i>Rhus typhina</i>	ecetfa 64

<i>Ribes uva-crispa</i>	köszméte 6
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	fehér akác 66
<i>Rosa canina</i>	gyepúrózsa 59
<i>Rosa gallica</i>	parlagi rózsa 60
<i>Rubus cacsius</i>	szeder 58
<i>Rubus ideus</i>	málna 57
<i>Salix alba</i>	fehér fűz 48
<i>Salix caprea</i>	kecskefűz 24
<i>Salix cinerea</i>	rekettyefűz 26
<i>Sambucus nigra</i>	fekete bodza 62
<i>Sorbus aria</i>	lisztes berkenye 23
<i>Sorbus torminalis</i>	barkócafa 36
<i>Spiraea media</i>	sziklai gyöngyvessző 52
<i>Syringa vulgaris</i>	orgona 15
<i>Tamarix tetrandra</i>	tamariska 53
<i>Tilia argentea</i>	ezüsthárs 44
<i>Tilia cordata</i>	kislevelű hárs 41
<i>Tilia platyphyllos</i>	nagylevelű hárs 42
<i>Ulmus glabra</i>	hegyi szil 22
<i>Ulmus laevis</i>	vénicfa 21
<i>Ulmus minor</i>	mezei szil 19
<i>Viburnum opulus</i>	kányabangita 7



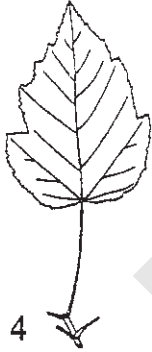
1  
*Acer campestre*



2  
*Acer platanoides*



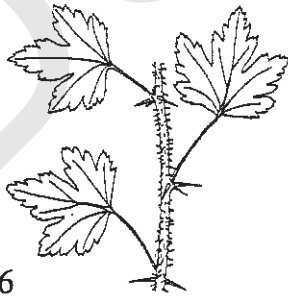
3  
*Acer pseudoplatanus*



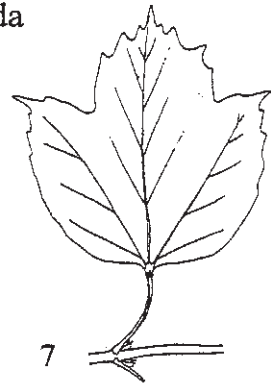
4  
*Acer tataricum*



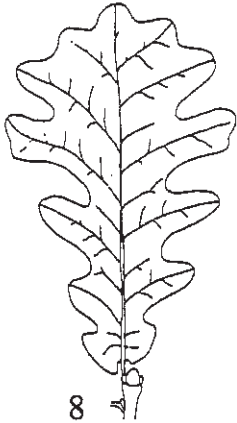
5  
*Platanus hybrida*



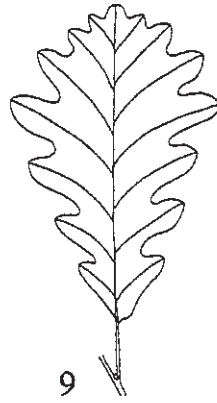
6  
*Ribes uva-crispa*



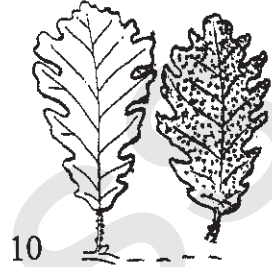
7  
*Viburnum opulus*



8  
*Quercus robur*



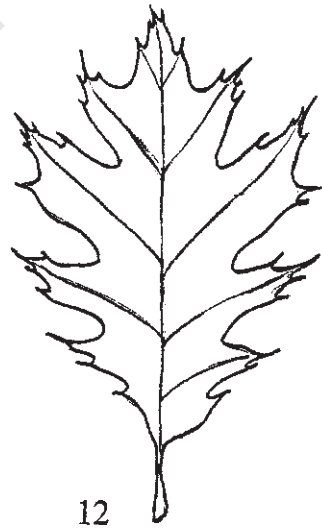
9  
*Quercus petraea*



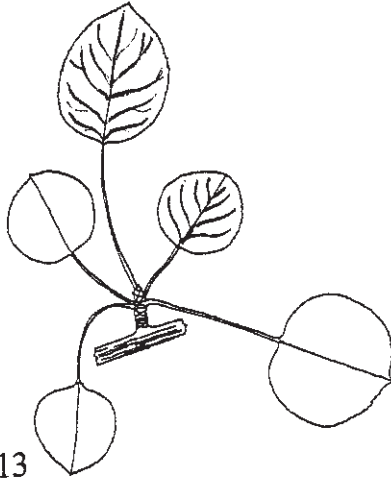
10  
*Quercus pubescens*



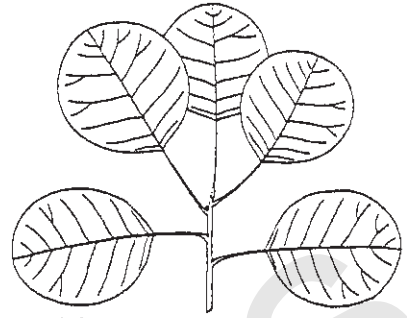
11  
*Quercus cerris*



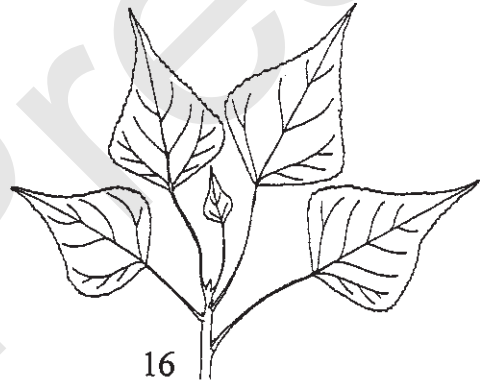
12  
*Quercus rubra*



13  
*Pyrus pyraeaster*



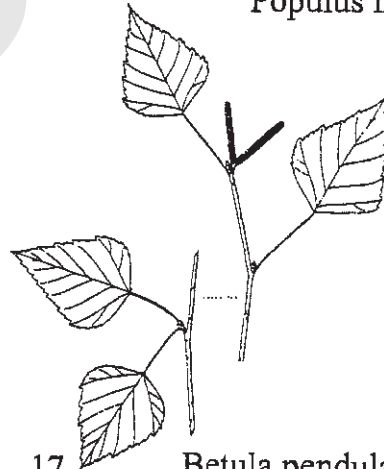
14  
*Cotinus coggygria*



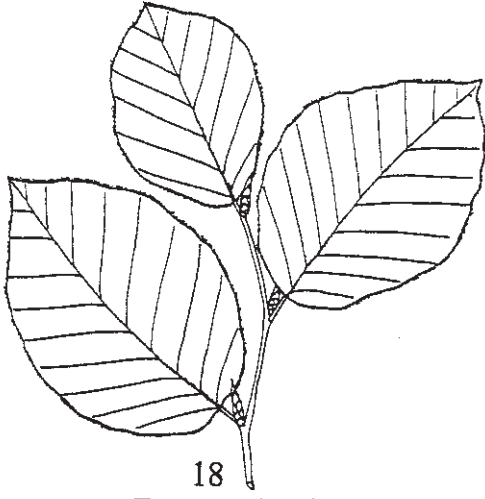
16  
*Populus nigra*



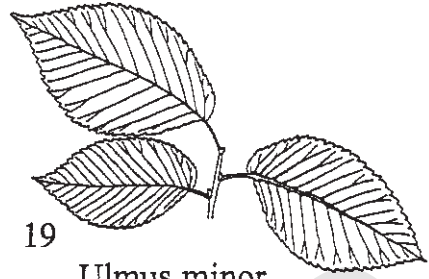
15  
*Syringa vulgaris*



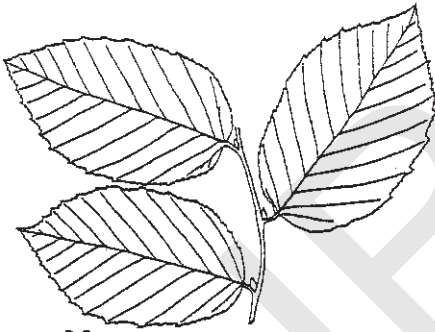
17  
*Betula pendula*



18  
*Fagus sylvatica*



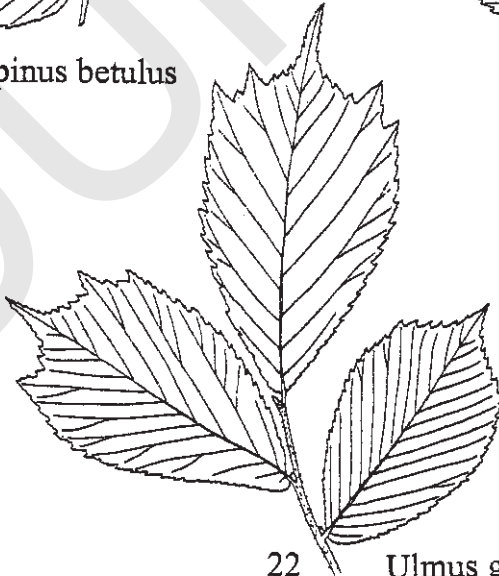
19  
*Ulmus minor*



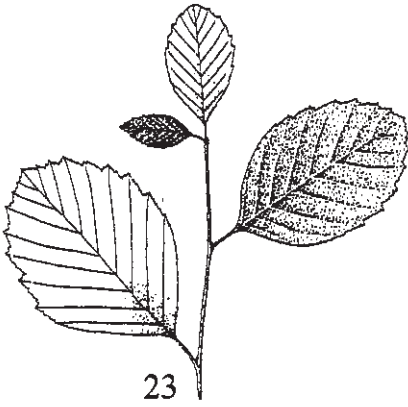
20  
*Carpinus betulus*



21  
*Ulmus laevis*



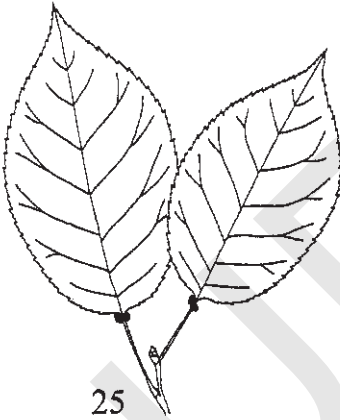
22  
*Ulmus glabra*



23  
*Sorbus aria*



24  
*Salix caprea*



25  
*Cerasus avium*



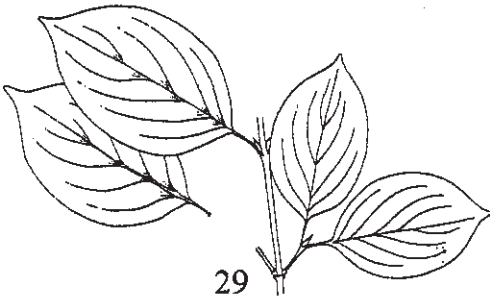
26  
*Salix cinerea*



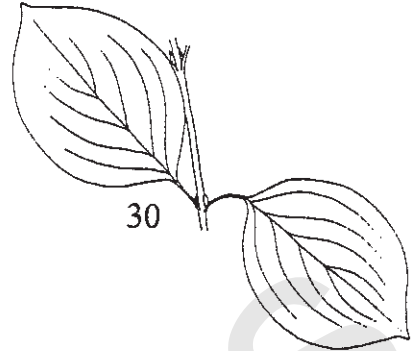
27  
*Rhamnus catharticus*



28  
*Lonicera xylosteum*



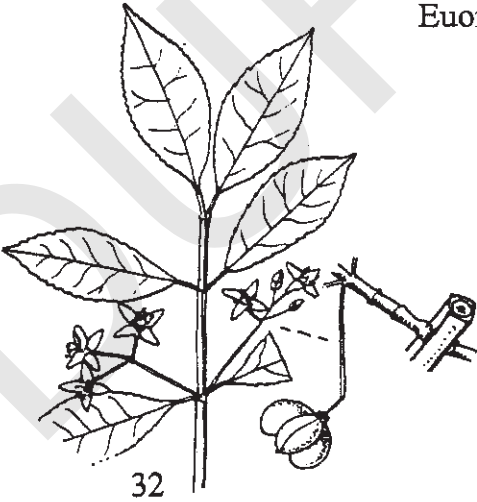
29  
*Cornus mas*



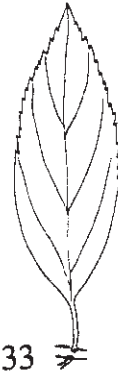
30  
*Cornus sanguinea*



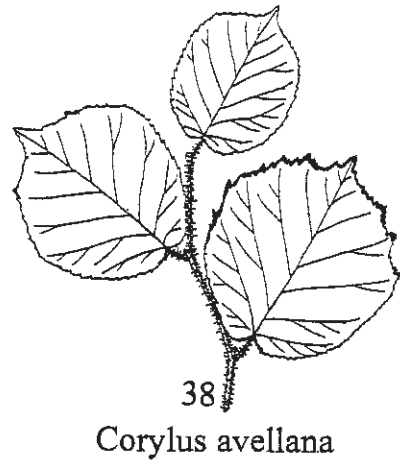
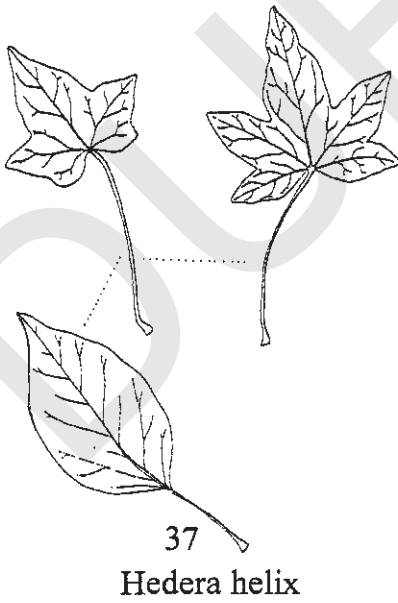
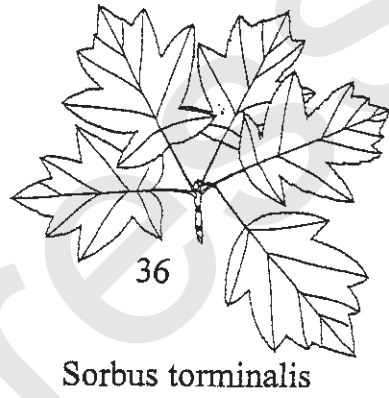
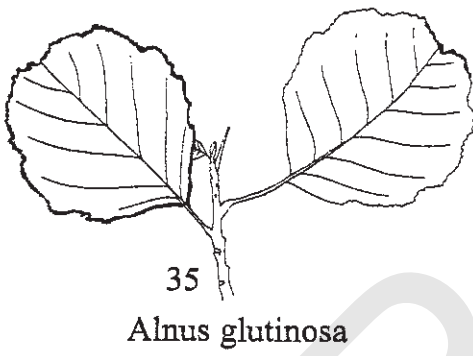
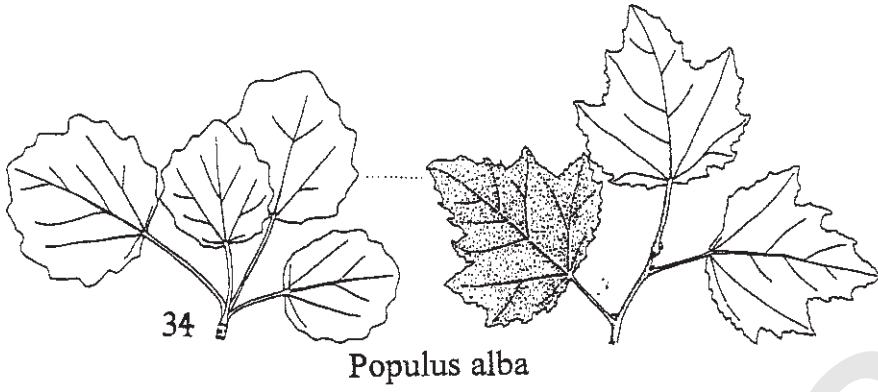
31  
*Euonymus verrucosus*



32  
*Euonymus europaeus*



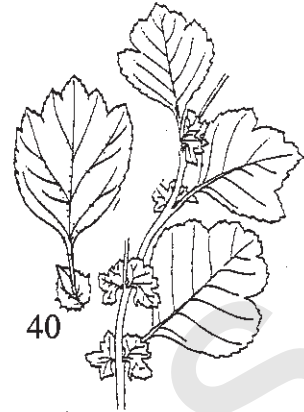
33  
*Forsythia suspensa*





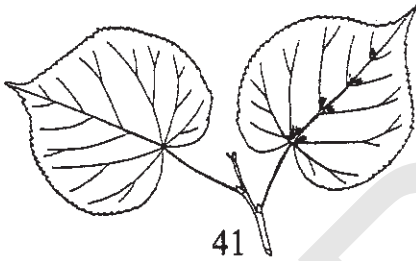
39

*Crataegus monogyna*



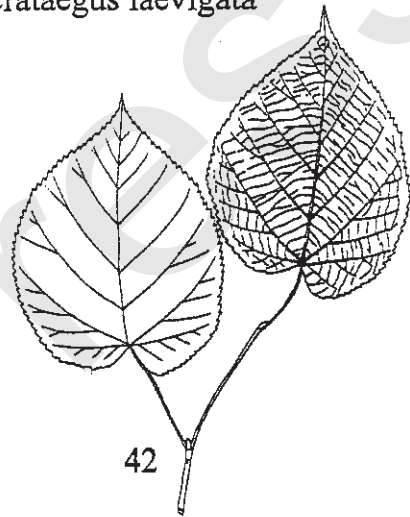
40

*Crataegus laevigata*



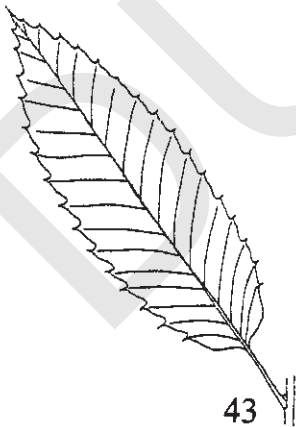
41

*Tilia cordata*



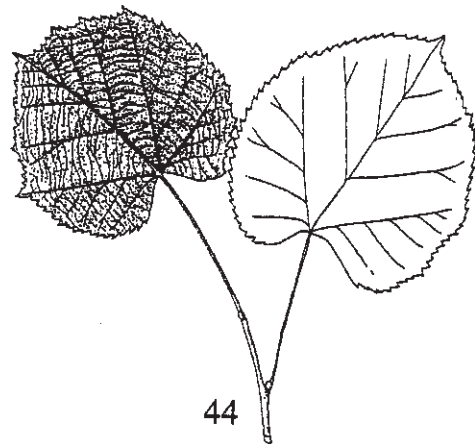
42

*Tilia platyphyllos*



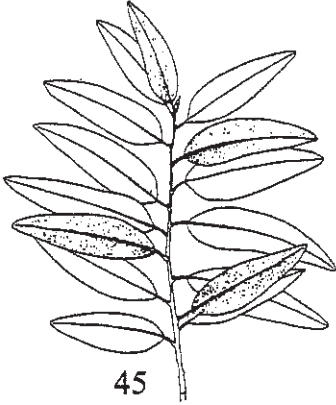
43

*Castanea sativa*



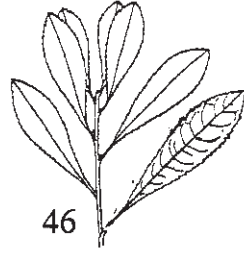
44

*Tilia argentea*



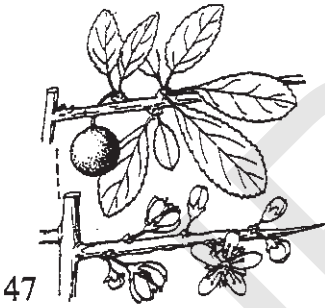
45

*Elaeagnus angustifolia*



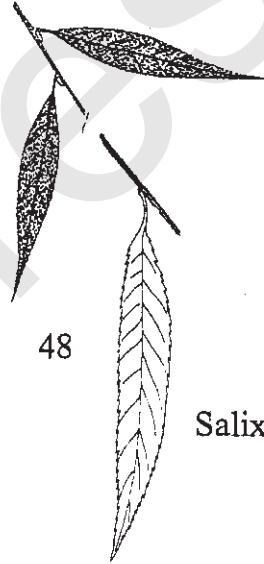
46

*Amygdalus nana*



47

*Prunus spinosa*



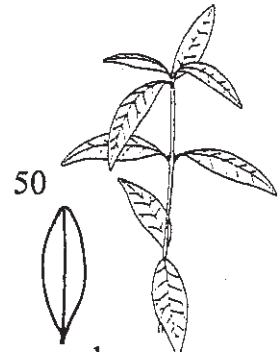
48

*Salix alba*



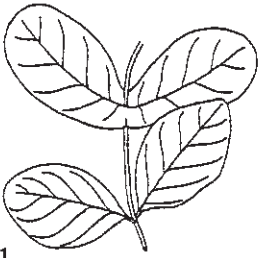
49

*Berberis vulgaris*



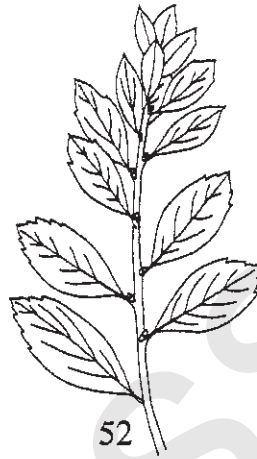
50

*Ligustrum vulgare*



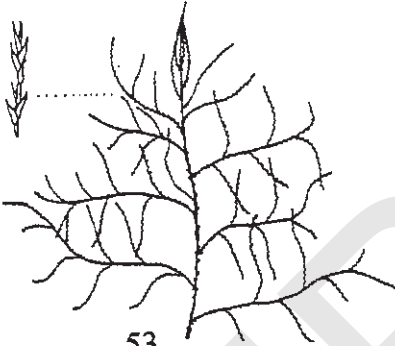
51

*Lonicera caprifolium*



52

*Spiraea media*



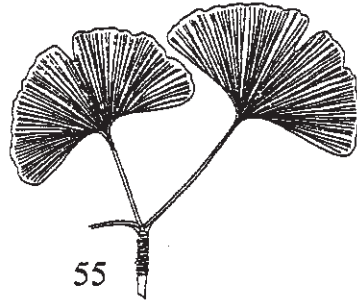
53

*Tamarix tetrandra*



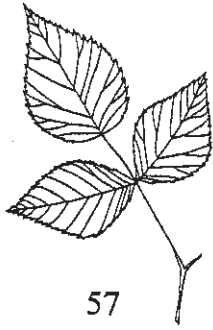
54

*Clematis vitalba*



55

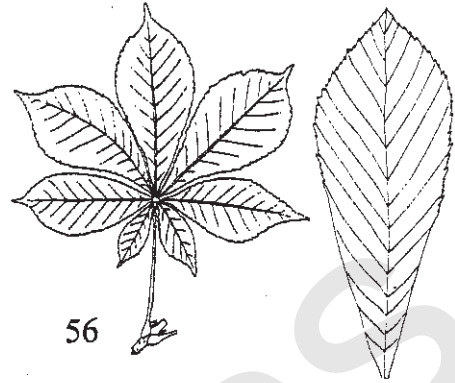
*Ginkgo biloba*



57

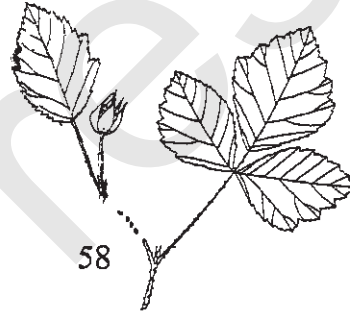


Rubus ideus



56

Aesculus hippocastanum



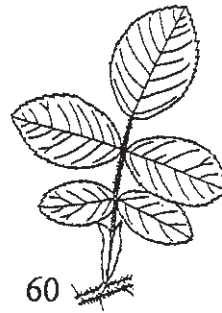
58

Rubus caesius



59

Rosa canina



60

Rosa gallica



61

*Fraxinus excelsior*



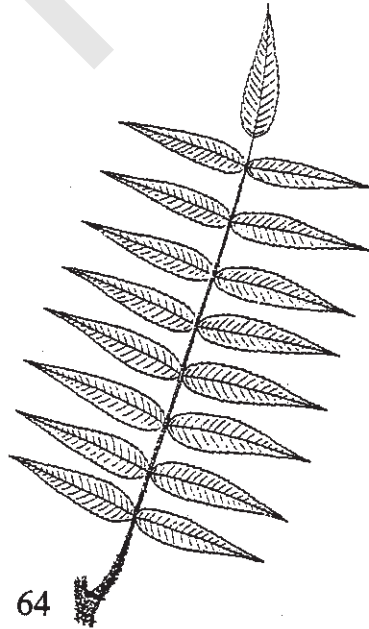
62

*Sambucus nigra*



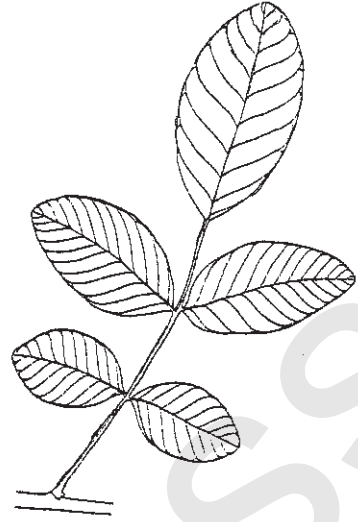
63

*Ailanthus altissima*



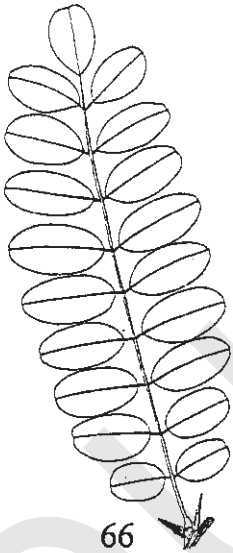
64

*Rhus typhina*



65

*Juglans regia*



66

*Robinia pseudo-acacia*



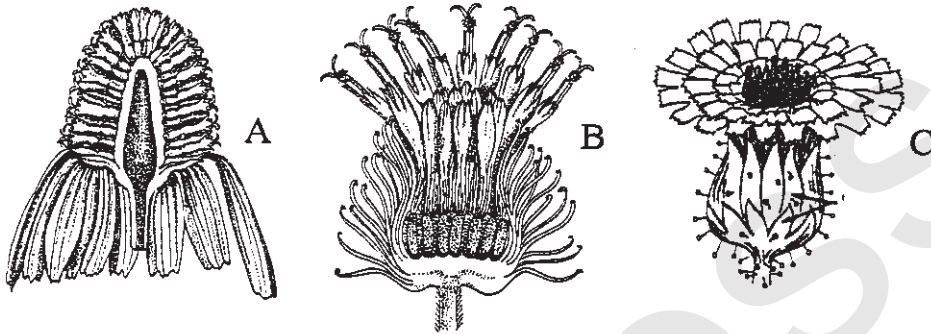
67

*Gleditsia triacanthos*

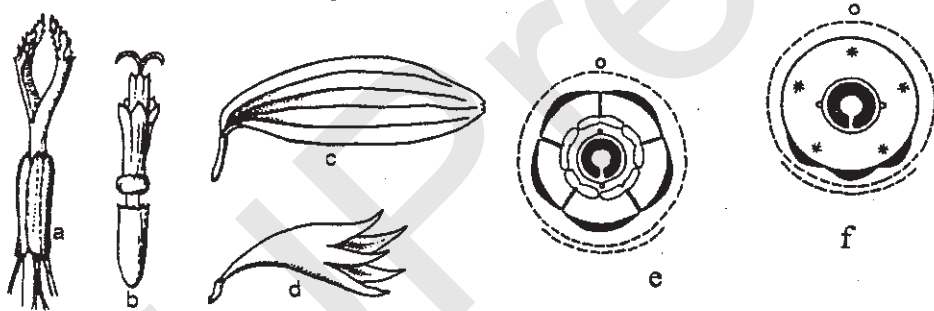
2. sz. melléklet. Nagyobb fajszerű zárvatermő rendek ill. családok generatív hajtásainak bemutatása

**Asterales** - Fészekvirágzatúak

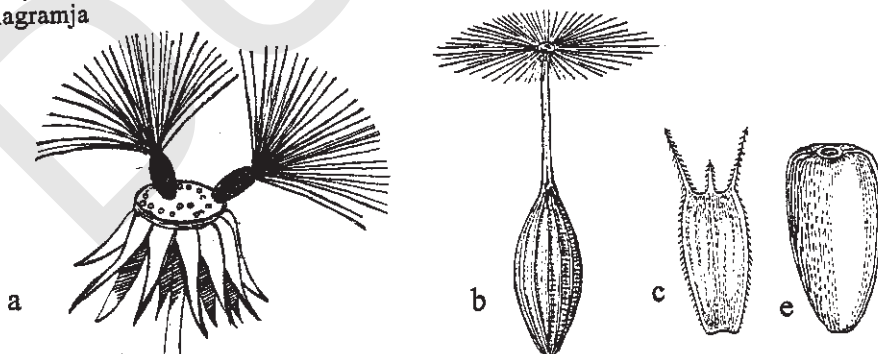
*Asteraceae* - Fészkesek:  $\uparrow K 5 C(5) A(5) G(2)$  és  $\ast K 5 C(5) A(5) G(2)$



Fészekvirágzatok: A) Kerti pipitér (*Anthemis nobilis*), B) nagy bojtorján (*Arctium lappa*), C) csorbóka (*Sonchus sp.*)

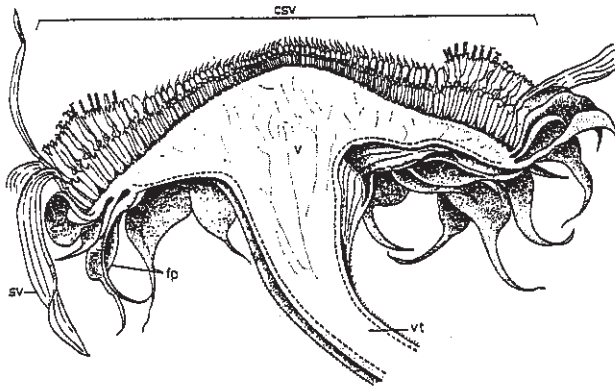


Virágok és virágdiagramok: a) csőporzó és a belőle kiálló bibe, b) csöves virág, c) nyelves virág, d) meddő csöves virág, e) csöves virág diagramja, f) nyelves virág diagramja

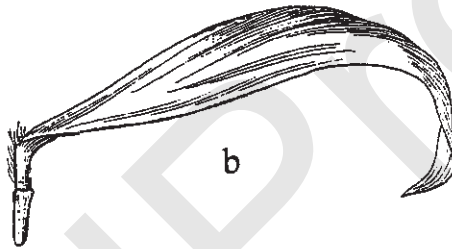


Termések: a) *Sonchus sp.* vacska fészekpikkelyekkel és két bóbítás kaszattal, b) *Lactuca virosa* hosszúcsőrű bóbítás kaszat, c) a farkasfog (*Bidens tripartitus*) kapaszkodószőrös fogas kasztja, e) A napraforgó (*Helianthus annuus*) bóbíta nélküli kasztja

## Asterales - Fészekvirágzatúak

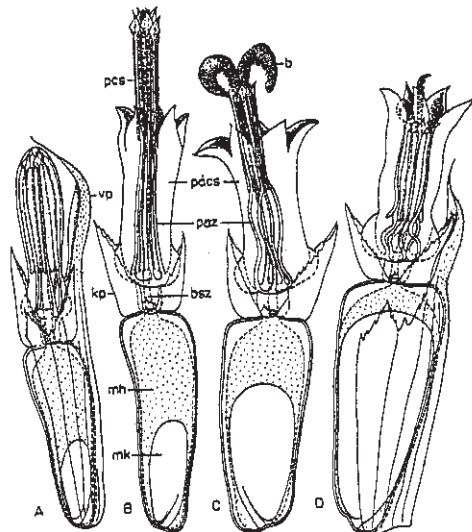


A *Helianthus annuus* fészekvirágzata, Pataky Sz. rajzai. A fészekvirágzat hosszszelvényi képe: vt) virágzati tengely, v) vacok, fp) fészekpikkely, sv) sugárvirág, csv) különböző fejlettségű csöves virágok



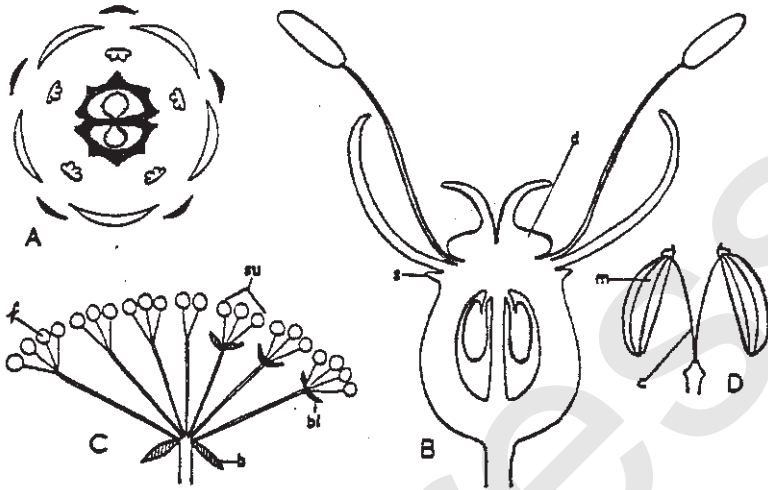
Zigomorf nyelvcsőrű virágok: a) fertilis virág. b) sterilis virág

Különböző fejlődési állapotban lévő csöves virágok: A) sárgabimbós, B) porzóérett, C) termőérett, D) megtermékenyített - pcs) portokcső, vp) vacokpikkely, kp) kaszatpikkely, mh) magházüreg, mk) magkezdemény, pács) pártacsó, paz) porzószál, bsz) bibeszál, b) bibe



## Araliales-Borostyánvirágúak

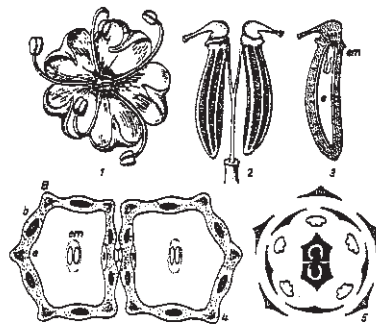
Apiaceae - Emyősök: \* K 5 C 5 A 5 G(2)



A) Virágdiagram, B) virág modelljének hosszmetsete, d: sztilopodium, s: csészelevél (gyakran redukált vagy hiányzik), C) egy összetett ernyő modellje, f: egy virág, su: emyőcske, bl: gallérka, b: gallér, D) két termésfélre hasadó (ikerkaszat) termés, m: résztermés, c: terméstartó



Csomorinka (*Cicuta virosa*) habitusképe összetett ernyő virágzattokkal, termésé és üreges gyöktörzse

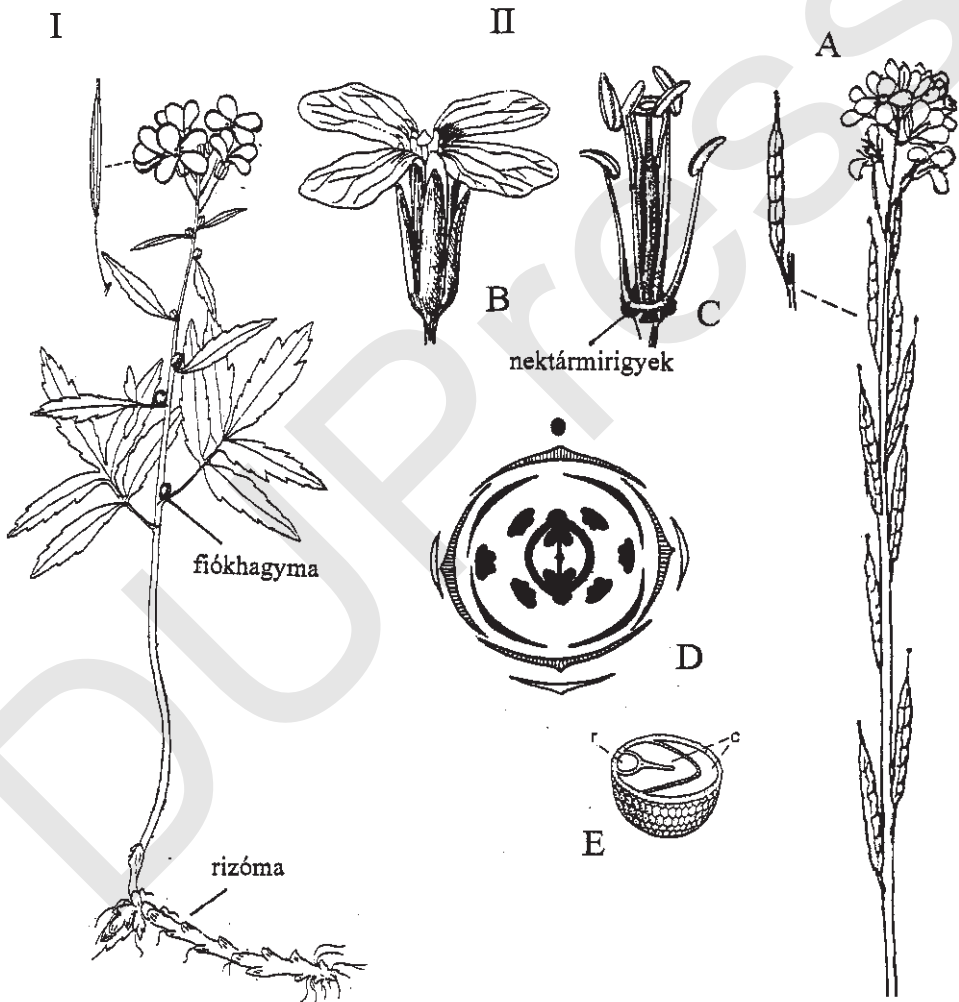


A kömény (*Carum carvi*) virága (1), ikerkaszat termésé (2), termésének hosszmetsete (3), az ikerkaszat termés keresztmetsetben és a virágdiagram (5). e: endospermium, em: embrió, B: főborda, b: barázda

## Capparales- Kaprivirágúak

Brassicaceae - Keresztesvirágúak: + K 2+2 C 4 A 2+4 G (2 vagy 4)

- virágaik (rendszerint fehérek vagy sárgák) fürtbe, sátorozó fürtbe, vagy sátorba tömörülnek
- a virágtengelyen nektárt kiválasztó kiöblösödések, nektármirigyek találhatóak
- termésük becő és becőke, bennük hártós replum peremén ülnek a magvak
- magjaik nem tartalmaznak magfehérjét, a tartaléktápanyagok raktározása elsősorban olaj formájában a sziklevelekben történik



I. Hagymás fogasír (*Dentaria bulbifera*), virágzó növény. II. Fekete mustár (*Brassica nigra*): A) fürt virágzata és becője, B) egy virága, C) négyfőporzós porzótagja a felső állású termővel, D) virágdiagramja, E) magjának keresztmetszete a totális csíra részeivel. c) sziklevelek, r) gyököcske

## Caryophyllales- Szegefűvirágúak

*Caryophyllaceae* - Szegefűfélék: \* K 5 vagy (5) C 5A 5+5 G (5 vagy 3 vagy 2)

- virágaik főként bogas virágzatokba tömörülnek
- termésük tok, ritkán bogyo



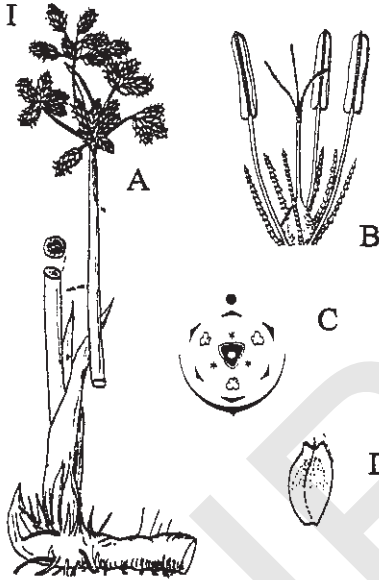
Konkoly (*Agrostemma githago*) generatív hajtásrendszere virágokkal és elvirágzás utáni kocsánnyal. a) Toxikus hatóanyagot tartalmazó apró, gömbölyű magja. b) A maradó csészében lévő fogakkal nyíló toktermése axilis placentációval.

Szappanfű (*Saponaria officinalis*) végálló bogas virágzata. c) Egy virágának kinagyított képe rojtos mellékpártával, két bibeszálú termővel, axilis placentációjú magházzal. d) Sokmagvú, négy foggal nyíló toktermése.

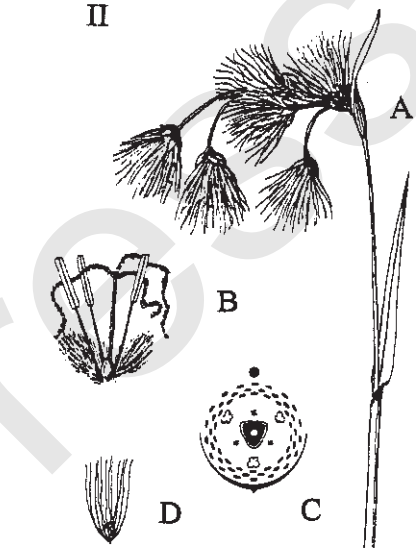
## Cyperales - Palkavirágúak

Cyperaceae - Sásfélék vagy Palkafélék : \* P 3+3 A 3+0 G(3)

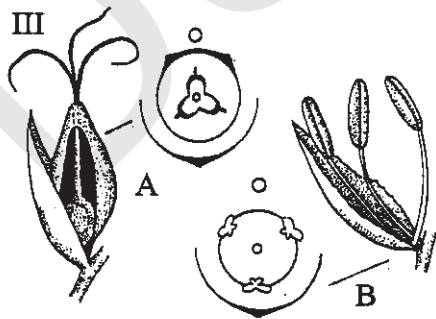
- a családban jól nyomonkövethető a virágok egyszerűsödése, a szélmegporzáshoz való alkalmazkodás
- a virágok pelyvavélél tövében fejlődnek, lepelleveleik sertékké, szőrökké redukálódnak, vagy hiányoznak
- a virágok füzér virágzatot alkotnak
- termésük tömlőbe zárt szemtermés, a szütyőtermés (utrikulusz)



I. Tavi káka (*Schoenoplectus lacustris*), A) virágzó növény, B) kétivarú virága 6 horogszerű sertékkal fedett redukált lepellevelekkel, C) virágdiagramja, D) termése



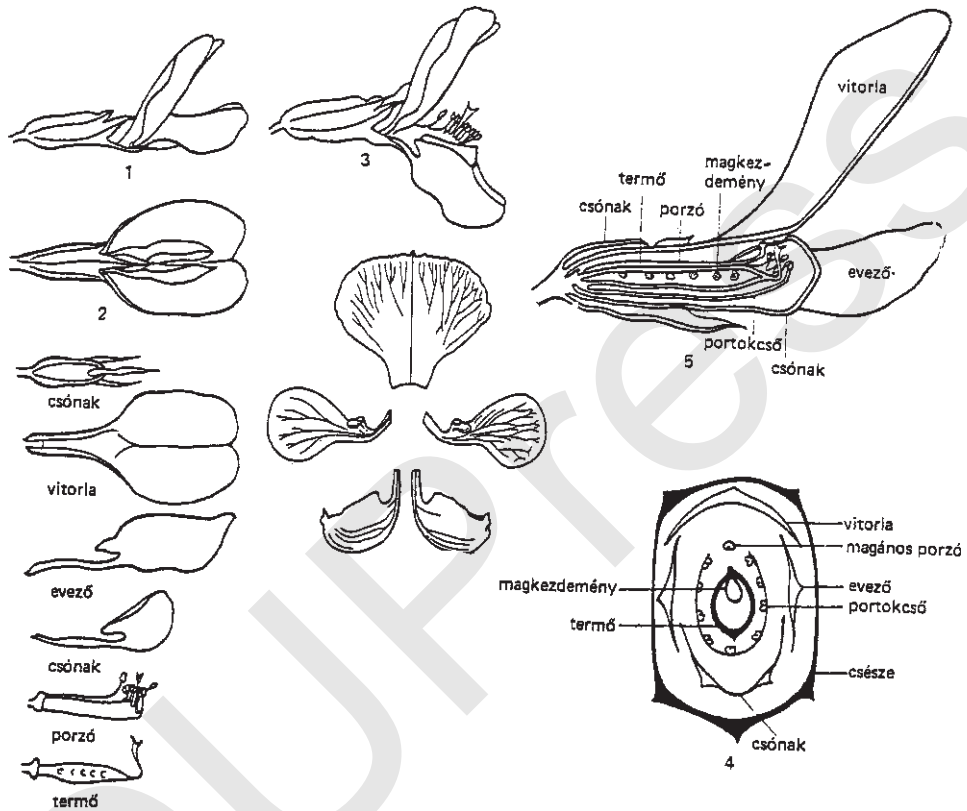
II. Széleslevelű gyapjúsás (*Eriophorum latifolium*), A) virágzó növény, B) kétivarú virága a fehér repítőszőrökké módosult lepelsertékkal C) virágdiagramja, D) termése



III. *Carex* sp. (sások): A) termős virág, tömlőbe zárt termő egy pelyvavélél hónaljában és a virágdiagram, B) porzós virág, pelyvavélél hónaljában három porzó és a virágdiagram, C) füzértípusok: 1. vegyes füzér, 2. porzós füzér 3. termős füzér

## *Fabales*- Hüvelyesek

*Fabaceae* - Pillangósvirágúak:  $\uparrow K(5) C 5$  vagy  $C(2):3 A(9):1 G(1)$



A pillangós virág felépítése: 1. a virág oldalról, 2. a virág alulról, 3. a virág szét-nyitva, 4. virágdiagram, 5. a virág hosszmetzetben

**Lamiales- Ajakosvirágúak**

*Lamiaceae* - Ajakosak:  $\uparrow K(5) C(5) A 2+2 G(2)$



**Pofók árvacsalán (*Lamium orvala*).** a) Virágos hajtás, b) makkocska termések a maradó csészében, két fellevéllel, c) egy elaioszómás résztermés, d) a virág rajza hosszszelvényben, e) virágdiagram, f) szöveti elrendeződés az ajakos növények négyélű szárának keresztmetszetén. (Hegi nyomán)

**Lamiales**-Ajakosvirágúak

Lamiaceae - Ajakosak:  $\uparrow$  K(5) C(5) A 2+2 G(2)

*Salvia* sp.:  $\uparrow$  K(5) C(5) A 2+0 G(2)



I. Orvosi zsálya (*Salvia officinalis*). a) virágos hajtása, k) makkocskája, g) virága, h) a virág rajza hosszszelvényben

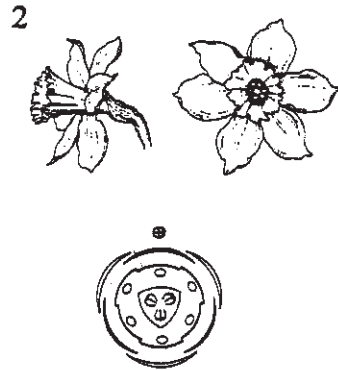
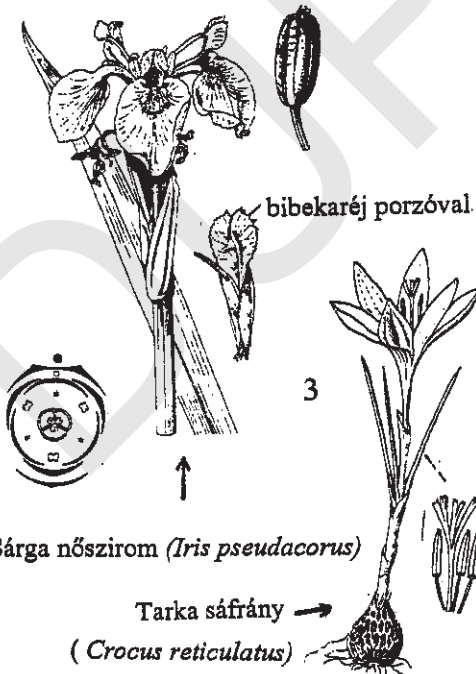
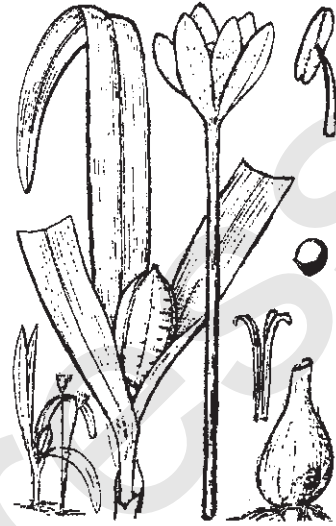
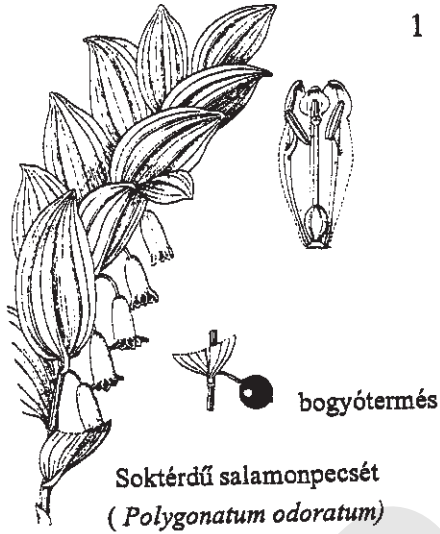
II. Kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris*). a) a virágzó növény, b) hímnős virág, c) termős virág, d) forrt csésze a kihajló kétágú bibeszállal, e) termő, f) porzó. (Hegi nyomán)

## Liliales - Liliomvirágúak

1. *Liliaceae* - Liliomfélék: \* P 3+3 A 3+3 G(3)

2. *Amaryllidaceae* - Amarilliszfélék: \* P 3+3 A 3+3 G(3)

3. *Iridaceae* - Nőszirmfélék: \* vagy ↑ P 3+3 A 3+0 G(3)



Nárcisz (*Narcissus pseudonarcissus*)

## Ranunculales - Boglárkák

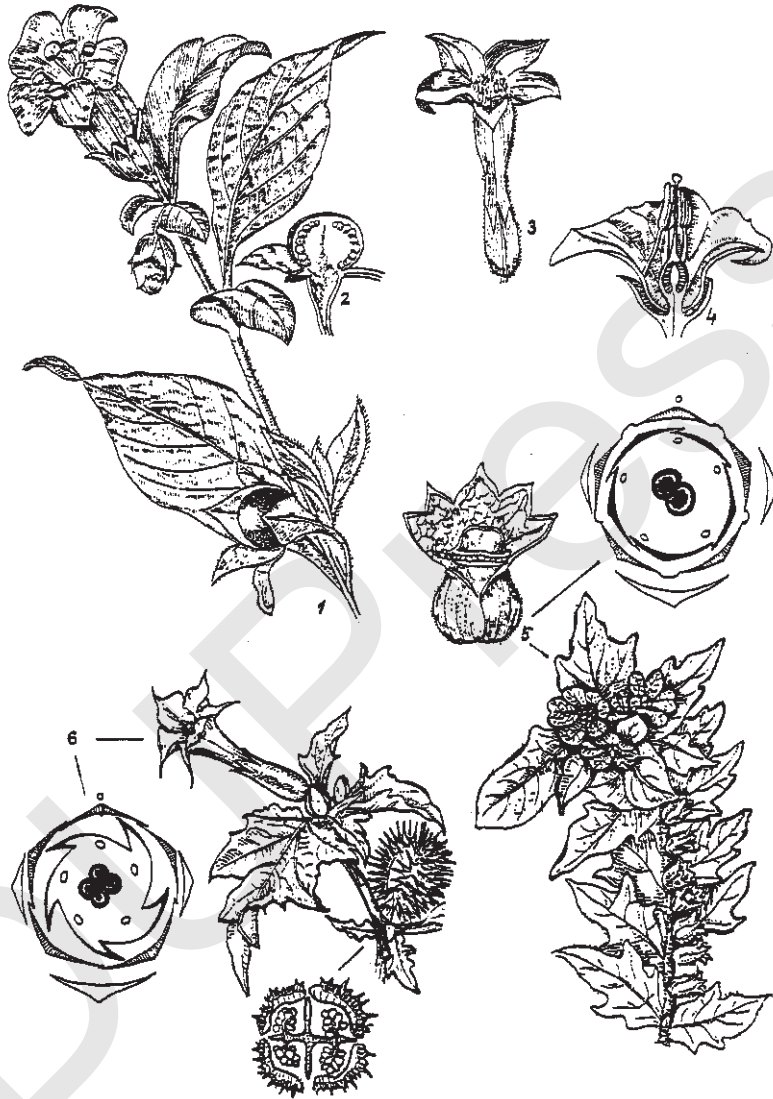
Ranunculaceae - Boglárkafélék: \*P 3+3 vagy K 5 C 5 A<sub>∞</sub> G<sub>∞</sub>



A) Kúszó boglárka (*Ranunculus repens*) és virágának hosszmetsete, B) Mezei szarkaláb (*Consolida regalis*) és virágának hosszmetsete, C) Sisakvirág (*Aconitum sp.*) virágos hajtás, virágának hosszmetsete és virágdiagramja, D) spirociklikus virág hosszmetsetben és alaprajzban, k-l) aszmag és aszmagcsokor, n) tüszőtermés, m-o) tüszőcsokrok (Dános nyomán)

## Solanales-Burgonyavirágúak

Solanaceae - Burgonyafélék: \* K(5) [C(5) A(5)] G(2)



Nadragulya (*Atropa belladonna*) virágos, termékes hajtása (1), bogyó termése hosszmetsetben (2). A dohány (*Nicotiana tabacum*) virága (3). A burgonya (*Solanum tuberosum*) virága hosszmetsetben (4). A beléndek (*Hyoscyamus niger*) termése a csészével, virágának diagramja és virágos hajtása (5). A maszlag (*Datura stramonium*) virágdiagramja és virágos hajtása (6).

**Solanales- Burgonyavirágúak**

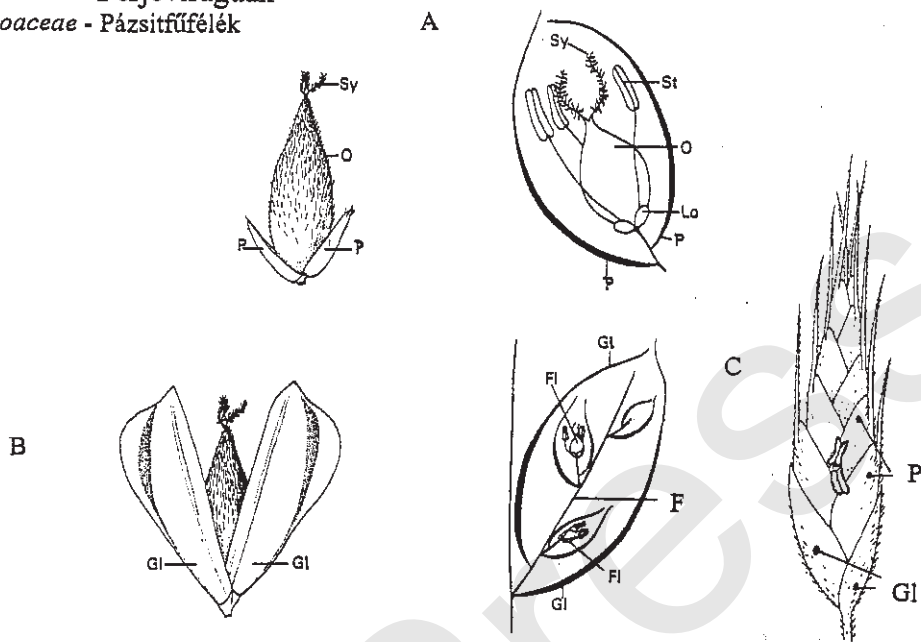
*Scrophulariaceae* - Tátikafélék: \* K(4-5) C(4) A 2 vagy 4 vagy 5 G(2)

Szürke veronika (*Veronica incana*) füzér virágzata. a: virágos hajtás, b: egy virág nagyítva

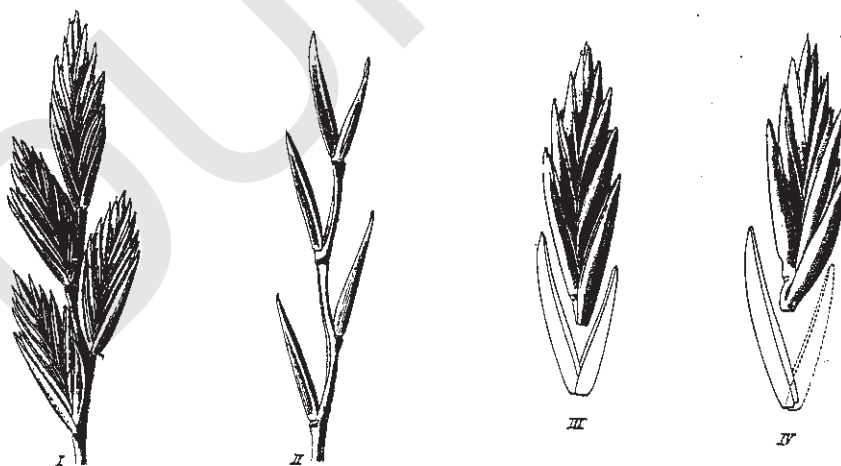


Piros gyűszűvirág (*Digitalis purpurea*) füzérvirágzata és hajtásrészlete

**Poales-Perjevirágúak**  
**Poaceae - Pázsitfűfélék**



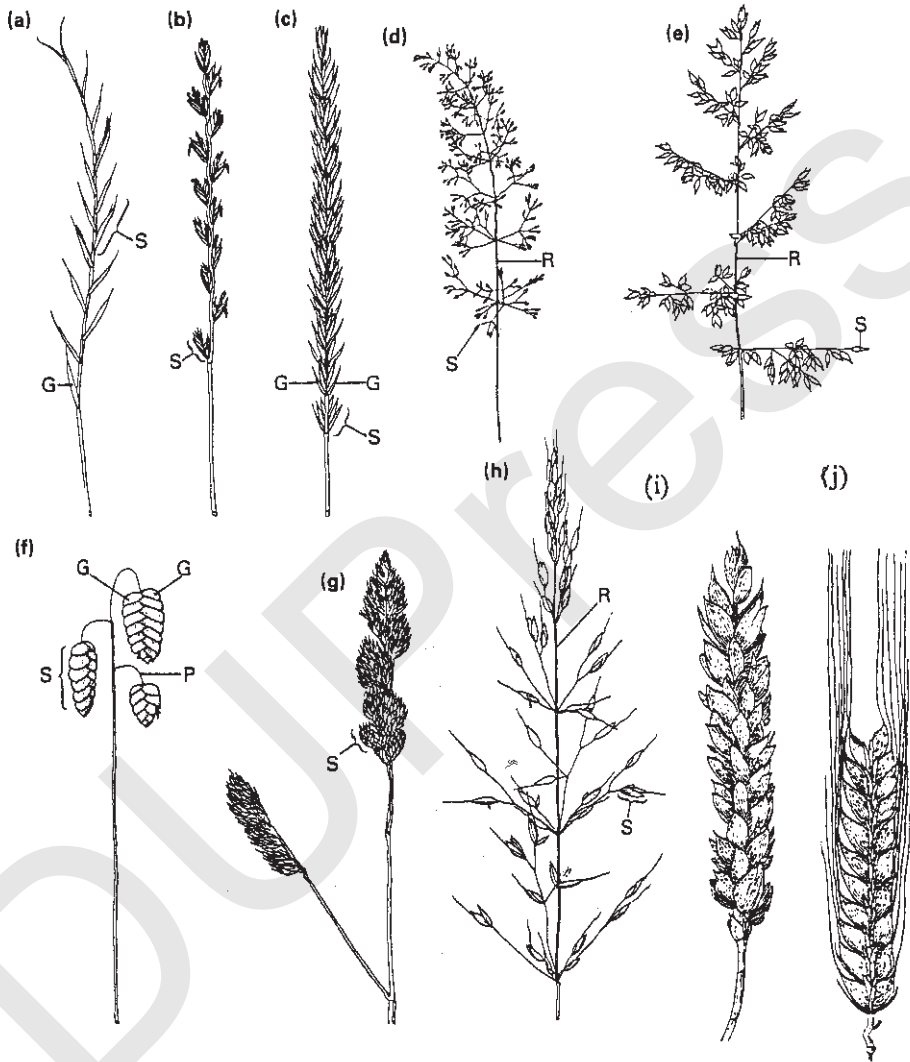
**Virágok és kalászkák:** A) A kanáriköles (*Phalaris phalaroides*) virága és pázsitfű virágmodell. B) A kanáriköles egyvirágú füzérkéje, C) Többvirágú füzérke modellje és a puha rozsok (*Bromus mollis*) többvirágú füzérkéje. Gl) gluma, P) palea, F) a füzérke tengelye, Fl) flosz, Lo) lodikula, O) ovarium, St) sztámen, Sy) tollas sztilusz. (Bell nyomán)



I. Angolperje (*Lolium perenne*) kalászának distális része négy füzérkével. II. A kalászsó és a kalászpaddák a pelyvával, virágok nélkül. III. Végálló füzérke két pelyvával, IV. Az oldalhelyezett füzérkéken csak egy pelyvavél fejlődik ki. (Troll nyomán)

## Poales - Perjevirágúak

Poaceae - Pázsitfűfélék



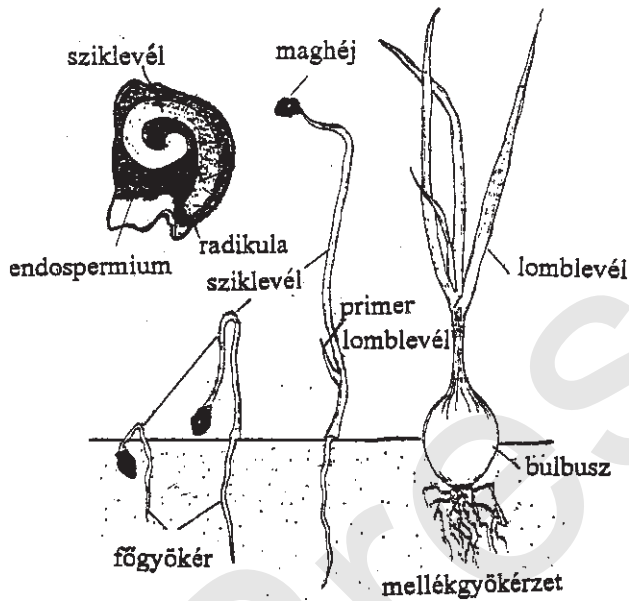
**Virágzattípusok a családban:** a) szőrfű (*Nardus stricta*) - laza kalász, b) angolperje (*Lolium perenne*) - többvirágú füzérkékből felépülő laza kalász, c) tarackbúza (*Agropyron repens*) - sűrű kalász, d) sovány tippán (*Agrostis tenuis*) - laza buga, e) selyemperje (*Holcus lanatus*), f) rezgőfű (*Briza maxima*) - füzéres fűrt, g) csomós ebír (*Dactylis glomerata*) - csomós buga, h) franciaperje (*Arrhenatherum elatius*), i) kenyérbúza (*Triticum aestivum*) - tömött kalász, j) kétsoros árpa (*Hordeum distichum*) - tömött kalász. G) gluma, S) füzérke, R) virágzati tengely. (Bell és Strasburger nyomán)

*Poales* - Perjevirágúak

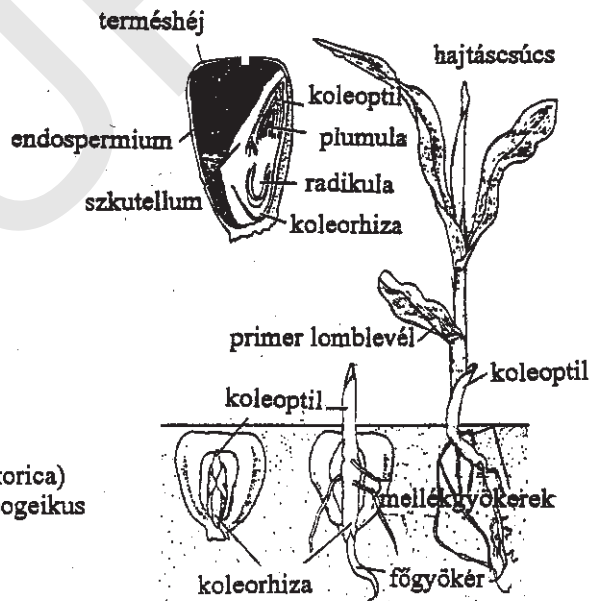


A zab (*Avena sativa*). a) laza buga virágzat, b) három füzérkéje, c) egy kétvirágú füzérke, d) egy virág, e) virág a toklászok nélkül. (Pokorný nyomán)

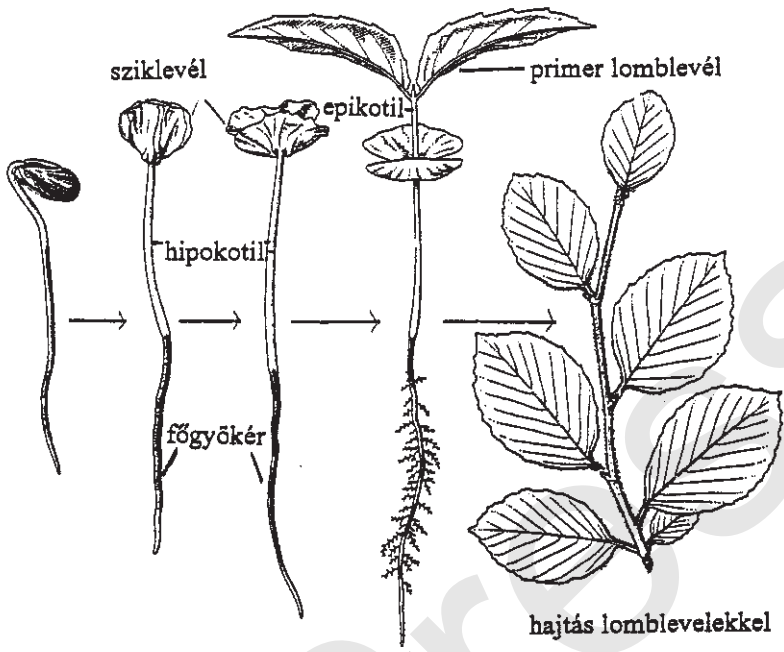
3. számú melléklet. Néhány zárva termő faj magja, csírázása és csíranövénye



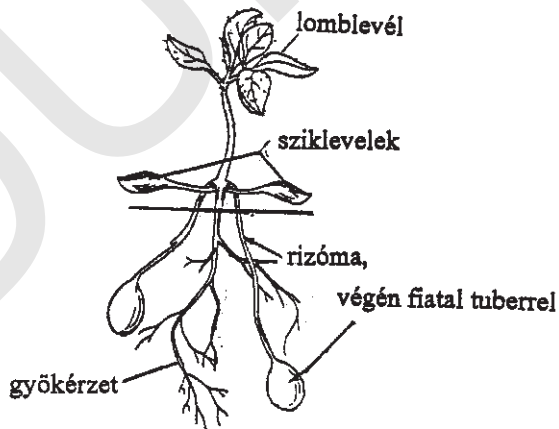
*Allium cepa* (vöröshagyma) magja, epigeikus csírázása és a kifejlett növény kicsinyített rajza az első évben



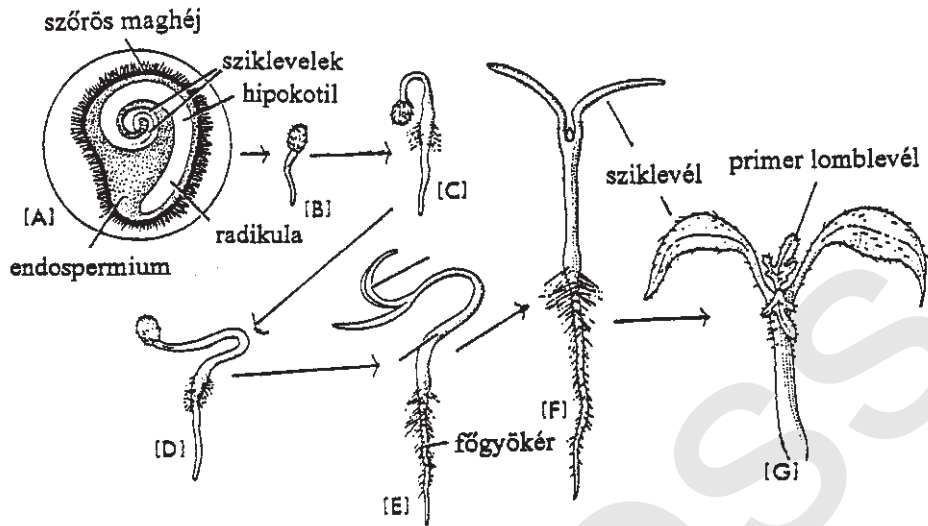
A *Zea mays* (kukorica) szemtermése és hipogeikus csírázása



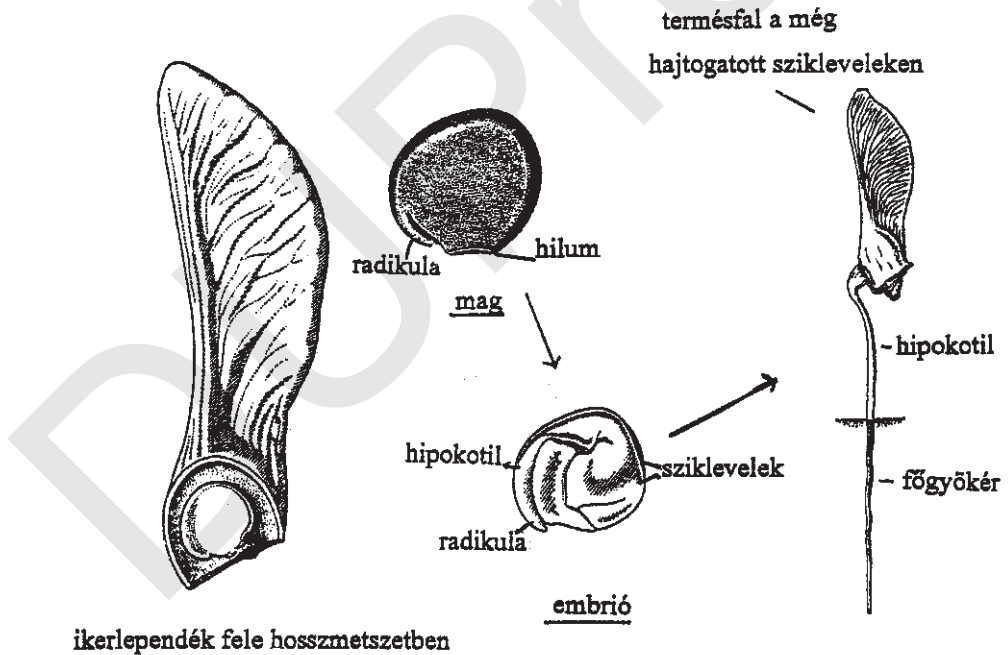
*Fagus sylvatica* (bükk) különböző fejlettségű csíranövényei és hajtása a kifejlett lomblevelekkel



*Solanum tuberosum* (burgonya) magról kelt fiatal egyede

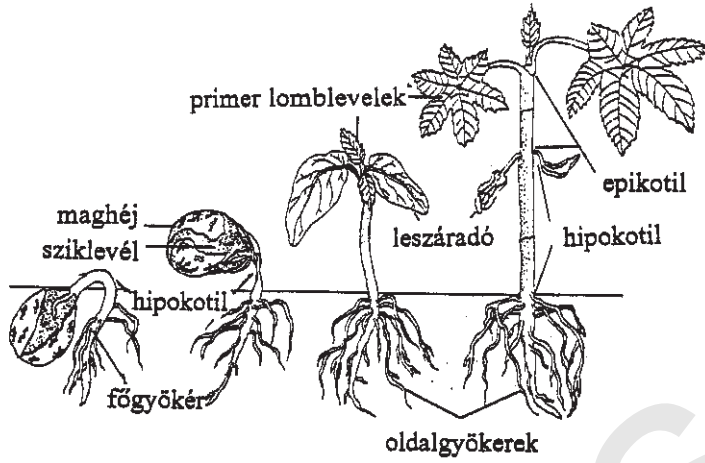


*Lycopersicon esculentum* (paradicsom) magja és epigeikus csírázása

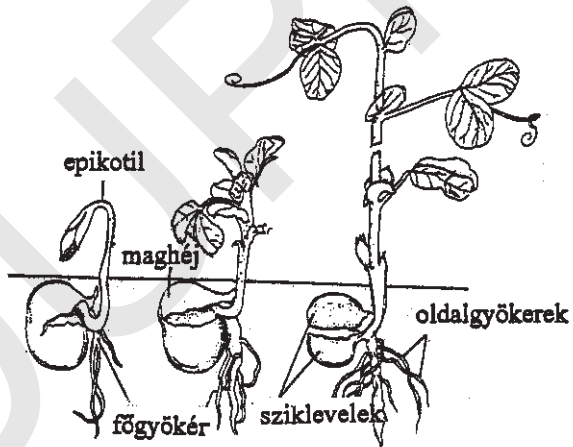


ikerlependék fele hosszmetsetben

*Acer platanoides* (korai juhar) ikerlependék termésének fele, magja, embriója és csíranövénye a terméscfallal



*Ricinus communis* (ricinus) magjának epigeikus csírázása



*Pisum sativum* (vetemény borsó) magjának hipogeikus csírázása