

SEJTTAN, SZÖVETAN, NÖVÉNYÉLETTAN SEGÉDLET Előadás- és gyakorlati segédlet

Mezőgazdasági mérnökök hallgatók számára

Összeállította és szerkesztette:
Dr. Tóth Csilla

A tananyag elkészítését a „NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért” az EFOP-3.5.1-16-2017-00017 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

**Szerkesztő:
Dr. Tóth Csilla**

**Lektor:
Dr. Csabai Judit**

Kézirat lezárva: 2018. július 03.

ISBN

Kiadja

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

***„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”***

1. SEJTAN

A NÖVÉNYI SEJT FELÉPÍTÉSE

Az élővilágban a sejt szerződésnek két formája van, a **prokarióta** és az **eukarióta** szerződés. A prokarióta sejtekben a maganyag és a citoplazma nincs elválasztva egymástól, míg az eukarióta sejtekben a maganyagot egy komplex nukleáris membrán választja el a citoplazmától. A sejt evolúció során mindkét szerződési forma sikeres volt, de amíg a prokarióta sejtek mindvégig megtartották egyszerű formájukat, az eukarióta sejtek bonyolult formákat hoztak létre. Az eukarióta sejtek evolúciójában fontos lépés volt a többsejtű szerződési formák megjelenése, ami azután elvezetett a ma élő növények és állatok kialakulásához.

A többsejtű állatokban alapvetően két sejtpopuláció különíthető el, a **szomatikus** vagy testi sejtek, és a **germinatív sejtek** vagy ivarsejtek (**gaméták**). Az ivarsejtek az embrionális fejlődés korai szakaszában elkülönülnek az embrió testét felépítő szomatikus sejtektől. A szomatikus sejtek **mitótikusan** osztódnak, s az utódsejtek mindegyike a fajra jellemző **diploid (2n)** kromoszómakészlettel rendelkezik. Az ivarsejtek osztódása az ún. **érési** vagy **meiótikus osztódás**, melynek során az utódsejtek a fajra jellemző kromoszómakészletnek csak a felével rendelkeznek, vagyis **haploidok (n)**.

A sejtosztódás (mitózis vagy meiózis) az eukarióta sejtek életének leglátványosabb szakasza. Kialakulnak a **kromoszómák**, melyek mozgása jól követhető az osztódások egyes szakaszaiban. Az osztódási fázisokat látszólag nyugalmi szakaszok követik, de ezekben a nyugalmi szakaszokban fontos molekuláris és funkcionális változások történnek a sejtekben. A sejt életében az osztódási és az ún. nyugalmi fázisok ciklikusan változnak. Az eukarióta **sejtek ciklusa** öt szakaszból, az **M, G0, G1, S és G2 szakaszokból áll**. Az egyes szakaszok hosszát, s így a sejt életfolyamatainak ciklikus változását az ún. **ciklin-függő kinázok** szabályozzák. Az egyes szöveteket felépítő sejtek **életciklusa** különböző hosszúságú. Általában azok a sejtek, amelyek a környezeti hatásoknak jobban kitett szövetek, pl. hámszövetek felépítésében vesznek részt rövidebb életciklussal rendelkeznek, ezért gyorsabban osztódnak. Azok a sejtek viszont, amelyek a szervezetben védettebb helyen vannak, mint pl. egyes kötőszöveti sejtek vagy az izomsejtek, hosszú életciklussal rendelkeznek, vagyis ritkábban osztódnak. Extrém esetben, amikor a szövetek, szervek egyensúlyi működésének alapfeltétele a sejtek állandósága, mint pl. az idegsejtek esetében, a sejtek egyáltalán nem osztódnak, akár egész életüket a ciklus G0 fázisában töltik. Különleges jelek, pl. növekedési faktorok hatására azonban ezek a sejtek is kimozdíthatók ebből az állapotból, s rábírhatók az osztódásra.

A szöveteket alkotó sejtek sejtciklus hosszától függően szoktunk beszélni ún. **statikus sejtpopulációkról**, ahol a sejtek már nem osztódnak. Ilyenek pl. az idegsejtek vagy a vázizomszövet sejtjei. Statikus sejtpopulációknak tekintjük a ritkán osztódó sejteket is, mint pl. a szívizomsejteket vagy a simaizomsejteket.

Stabil sejtpopulációkat alkotnak azok a sejtek, amelyeknek a mitótikus aktivitása alacsony, de bizonyos körülmények, pl. sérülések, regeneráció során ez felgyorsulhat. Ide tartoznak pl. a kötőszövetek rostképző sejtjei, mint pl. a fibroblasztok, oszteoblasztok és a különböző szerveket borító hámszövetek. A **megújuló sejtpopulációk** magas mitótikus aktivitással rendelkező sejteket tartalmaznak. Ilyenek pl. a vérsejtek, a többretegű hámszövetek alsó rétege vagy a bélcsatorna lumenét borító hám.

Az eukarióta sejtek két fő alkotórésze a **citoplazma** és a **sejtmag**. A citoplazmaorganellumok legnagyobb része membránnal körülvett struktúra, de vannak ún. nem-membrán citoplazmaorganellumok is. A **membránorganellumok** közé soroljuk a **plazmamembránt**, a **durva felszínű (DER)** és a **sima felszínű (SER)** endoplazmatikus retikulumot, a Golgi apparátust, a

mitokondriumot, a lizoszomát, endoszomát és a peroxiszomát. A nem membránorganellumok közé soroljuk a mikrotubulusokat, mikrofilamentumokat, átmeneti vagy intermedier filamentumokat, a citoszkeletális organellumokat mint pl. a centriólumot és a riboszómákat.

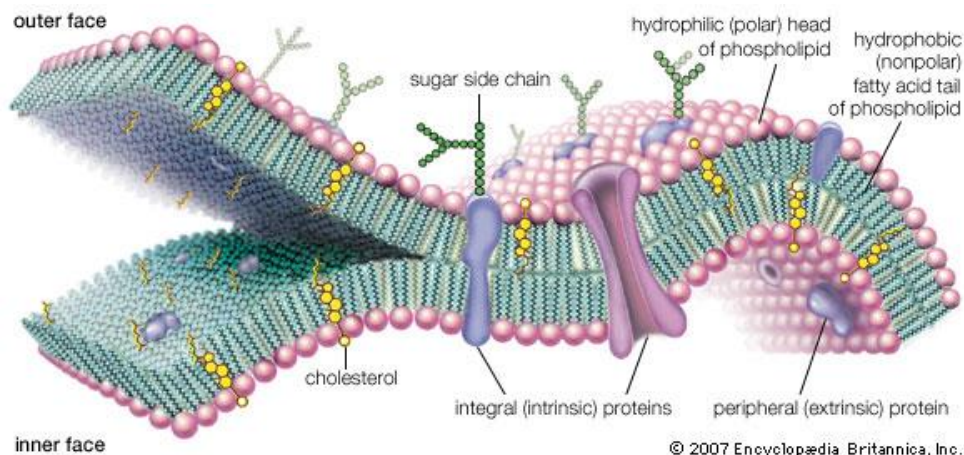
Növényi sejtek esetében a sejt alapvetően két részre tagolható:

- sejttest v. **protoplaszt**: citoplazma és organellumai, sejtmag, szintestek, mitokondriumok
- sejtfa

A soksejtű növények egy szövetének összes protoplasztja alkotja a **szimplasztot** (a sejt élő alkotóinak összessége). Az egyes protoplasztokat **plazmodezmoszok** kapcsolják egységes szimplaszttá. A szimplasztton kívüli sejtfa és a sejtközötti járatok alkotják az **apoplasztot** (élettelen sejtalkotók összessége).

A **protoplaszt** az életfolyamatok színtere, benne megvalósul az életfolyamatok zavartalansága, az enzimreakciók időbeni egymásutánisága. Rendezettséget mutat – ezt a sejt belső hártái, a membránrendszerek biztosítják.

BIOLOGIAI MEMBRÁNOK



A biológiai membránok körülveszik a sejtet, a sejten belül kiterjedt membránrendszert alkotnak (pl. endoplazmatikus retikulum), sejtorganelumokat határolnak (Golgi-készülék, lizoszómák, vakuólumok, mitokondriumok, színtestek, sejtmag). Funkciójuk a zárt reakcióterek elhatárolása, biokémiai transzport-rendszerek biztosítása (anyagáramlás a membránon át).

A plazmamembrán elsődleges feladata, hogy elkülönítse a sejt belső környezetét a külső környezettől. Emellett még számos sejtélettani funkcióban játszik meghatározó szerepet. A plazmamembrán teljes vastagsága általában 8-10 nm. Az állati sejtek legnagyobb részénél a plazmamembrán külső felszínén egy szénhidrát réteg, az ún. **glikokalix** található. A glikokalix cukormolekulái kovalens kötéssel kapcsolódnak a plazmamembrán **fehérjéihez** és **lipidjeihez**.

A plazmamembrán szerveződését az ún. **félfolyékony mozaik modell** (SINGER és NICHOLSON, 1972) segítségével érthetjük meg. A plazmamembrán, a biológiai membránok általában foszfolipidekből, koleszterinből és fehérjemolekulákból épülnek fel. A membránt felépítő lipidmolekulák két rétegben helyezkednek el úgy, hogy a zsírsavláncuk egymás felé néz. Ennek következtében a membrán belső része hidrofób, vagyis víztaszító. A plazmamembrán citoplazmatikus és extracelluláris felszínét a lipidmolekulák poláris, feji vége képezi. A membránfehérjék egy része, az ún. **integráns membránfehérjék** hidrofób részeikkel beágyazódnak a lipid kettősrétegbe, vagy sok esetben át is érik azt. A plazmamembrán extracelluláris felszínén a fehérjékhez és a lipidekhez szénhidrát molekulák kapcsolódnak, így azok **glikoproteineket**, illetve **glikolipideket** alkotnak.

A **membránproteineket** funkciójuk alapján hat csoportba szokták sorolni. A **pumpák** az ionok aktív transzportját irányítják. A **csatornafehérjék** elektromos vagy koncentrációgrádiens mentén biztosítják bizonyos ionok mozgását. A **receptor proteinek** specifikus kötőhelyeket biztosítanak az extracelluláris térben lévő anyagok (ligandok) számára. Receptorproteinek közvetítik pl. a különböző hormonok vagy antitestek hatását. A **transzducer proteinek** részt vesznek a receptor-ligand kötődésben, illetve a másodlagos hírvivő molekulák aktiválásában. Vannak membránhoz kötött **enzimek**, mint pl. egyes ATP-ázok. Ezen kívül a különböző **struktúrfhérjék** a sejteknek egy viszonylag állandó szerkezetet biztosítanak.

A biológiai membránok permeábilisak az olyan molekulákra, amelyek nélkülözhetetlenek a sejt számára, ugyanakkor az olyanokra is, amelyek feleslegessé váltak. A kis molekulák, úgy mint az oxigén, a széndioxid és a víz szabadon áramolhatnak a membrán két oldala között, de a nagyobb molekulák – pl.: aminosavak, cukrok – áramlása szigorúan szabályozott folyamat (szelektív permeabilitás).

A PROTOPLASZT MEMBRÁNJAI

a. Egyszeres elemi membránok („unit” membrán) – a citoplazma organellumaira jellemzőek. Ezek lehetnek (megjelenésük alapján):

- sík membránszerkezetek
- vezikulumok (hólyagok)
- vakuólumok (sejtnedvüreg)
- tubulusok (csövek)
- ciszternák (lapos hólyagok)

b. Félmembránok: a két lipidréteg közti apoláros-apoláros kölcsönhatás felbomlik, köztük olajok, zsírok halmozódnak fel. – szferoszóma

c. Kettős membránok – két párhuzamosan futó elemi membránból állnak:

- sejtmag,
- plasztiszok-,
- mitokondriumok membránjai.

A membránok folytonosságát a sejtek között a **plazmodezmoszok** biztosítják. Ezek 30-60 nm-es membránnal bélelt, a sejteket a sejtfalakon át egymással összekötő plazmafonalak. Közepükön helyezkedik el az ún. **dezmotubulus**, amely a szomszédos sejtek endoplazmatikus hálózatainak egy-egy ciszternáját köti össze. A plazmodezmoszokon át zajlik az anyagok transzportja a protoplaszt és a környezete között, közvetíti a protoplaszt felé az annak növekedésében szerepet játszó hormonális jeleket. A plazmodezmoszok kapcsolják össze a protoplasztokat egységes szimplasztá.

CITOPLAZMA

Két részből áll:

- alapállomány (**citoszol**)
- **citoplazma organellumok**

Legkülső rétege a sejthártya (plazmalemma).

CITOSZOL

A citoszol viszkozitása a sejten belül változó. A külső része nagyobb viszkozitású, ezt **exoplazmának** nevezzük, a belső kisebb viszkozitású, ez az **endoplazma**. Ezek az eltérő viszkozitású részek sokszor átalakulhatnak egymásba.

A citoszol ezen tulajdonságával kapcsolatban van az öt annyira jellemző citoplazmaáramlás. (A plazmamozgás a citoplazmaorganellumok elmozdulásán vehető észre, valójában a citoplazma alapállománya áramlik.) Ennek több típusa van:

- Rotáció: a nagy központi vakuólumú sejtekben figyelhető meg, a fal mellé szoruló plazma mindig egy irányba áramlik.
- Cirkuláció: a több vakuóllummal rendelkező sejtekre jellemző, a citoplazma a vakuólumok között húzódó plazmaszálakban is mozog.
- Citoplazma folyás: a sejt egy részének tartalma egy adott irányba mozdul el. Növekvő gomba, algafonalak jellemző áramlástípusa.
- Amőboid mozgás: sejtfa nélküli sejtekre jellemző – mixamőbák
- További típusok: kovamoszatok plazmaáramlása, agitáció (plazma remegése), szökőkútszerű mozgás (pollentömlő, gyökércsúcs)

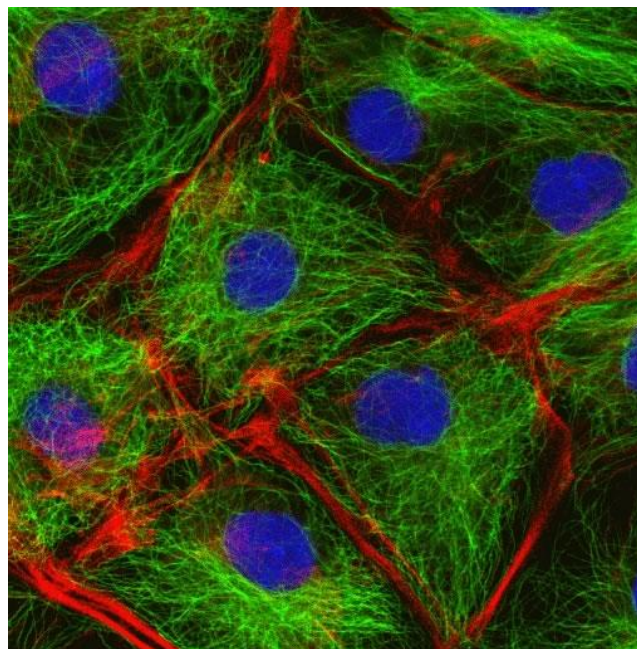
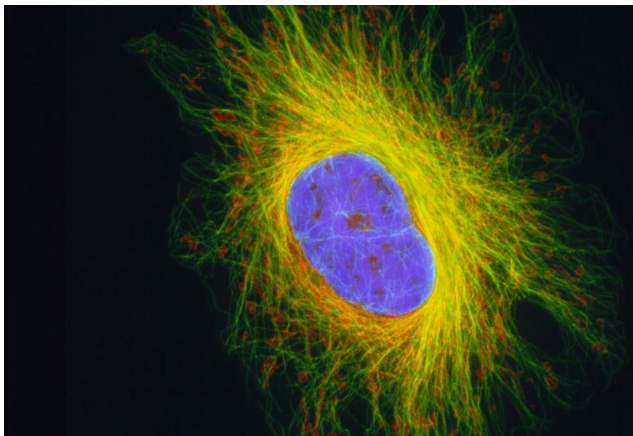
A citoplazma három fázisú diszperz rendszer:

- 1. fázis: víz – oldószer, biokémiai folyamatok kiindulási- és végterméke. Egy része kolloidokhoz kötött ún. **kötődő vízként**, más része kolloidokhoz nem kötődően, mint **szabad víz** fordul elő.
- 2. fázis: kolloidok.
- 3. fázis: szervetlen és szerves vegyületek vizes oldata és a lipid szemcsék emulziója.

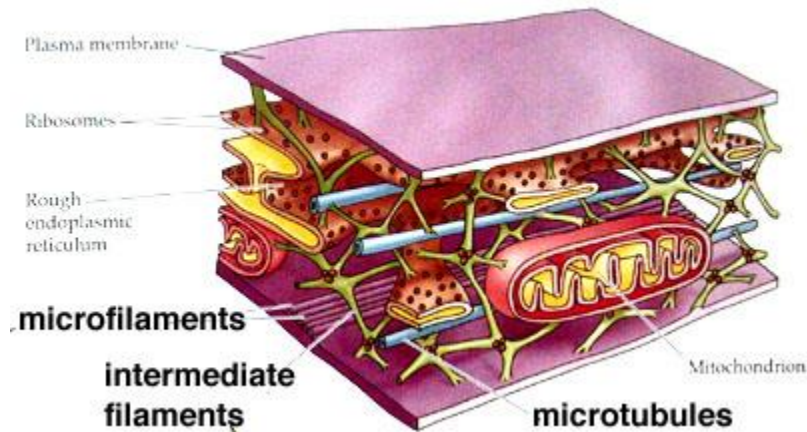
CITOSZKELETON

A citoszolban fibrilláris, globuláris, tubuláris és membranózus struktúrák ismerhetők fel.

- **fibriláris alkotók** – fehérjeshálók. A citoszol vázát, a **citoszkeletont** alkotják.
- **globuláris alkotók** – lehetnek lipid-cseppek, riboszómák
- **tubuláris struktúrák** – mikrotubulusok, a centriólumok, az ostorok és az alapi testek. Ezeket a fenti szerkezetek nem határolja membrán!
- **membranózus struktúrák** – a legfeltűnőbb citoplazma alkotók, egyszeres elemi membránnal határoltak.



MIKROTUBULUSOK

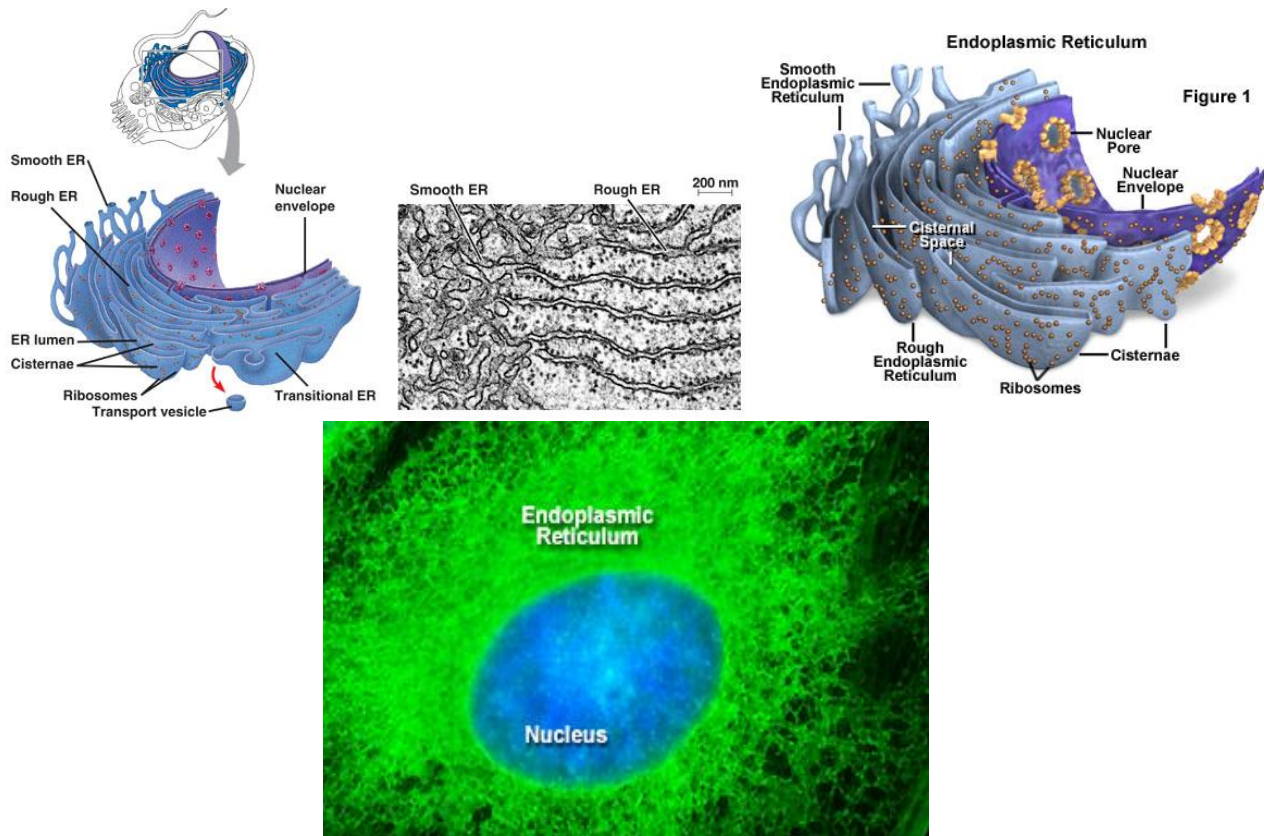


A mikrotubulusok kb. 22 nm átmérőjű, henger alakú struktúrák. A citoplazmatikus előfordulásuk mellett a mikrotubulusok különböző **mikrotubuláris organelumokat** is létrehoznak. Rövid mikrotubulus triplettek hozzák létre pl. a **centriólumokat**, valamint a **csillók bazális testét**. Ugyancsak mikrotubulusok építik fel a **csillókat**, **ostorokat**, a **magorsófonalakat**. A mikrotubulusok **alfa- és béta-tubulin fehérje dimérekből** épülnek fel. A mikrotubulusok **dinamikus sejtorganelumok**, folyamatosan épülnek fel és bomlanak le (**polimerizációs-depolimerizáció**), a sejt igényeitől függően. A mikrotubulusok polimerizációs-depolimerizációs egyensúlya különböző anyagokkal (vinblasztin, kolchicin) vagy különböző környezeti hatásokkal (pl. hőmérséklet) befolyásolható. Ha a mikrotubuláris rendszer sérül, leáll a sejtosztódás, sérül a vezikuláris transzport. A szekréciós vezikulák szállításáért az ún. mikrotubulusokkal asszociált fehérjék (kinezin, dinein) a felelősek, amelyek **molekuláris motorként** működve ATP-t hidrolizálnak, s az így felszabaduló energia terhére képesek irányítani a vezikulák mozgását.

MIKROFILAMENTUMOK

A nem izom típusú sejtek citoszkeletonjának meghatározó komponensei az **aktin mikrofilamentumok**. Ezek általában 5-7 nm átmérőjűek, s gyakran képeznek kötegeket a plazmamembrán közelében. Ezek a membránnal asszociált mikrofilamentumkötegek fontos szerepet játszanak a membránfehérjék mozgatásában és magának a plazmamembránnak a mozgatásában is. A plazmamembrán aktív mozgása feltétele a sejtosztódásnak, az exo- és endocitózisnak, a különböző sejtnyúlványok kibocsátásának és általában a sejtmozgásnak. Más mikrofilamentumok háromdimenziós struktúrát alkotva meghatározó jelentőségűek a citoplazma áramlás szabályozásában, illetve a sejt állandóságának a fenntartásában. Izomsejtekben az aktin és miozin filamentumok kapcsolódása eredményezi a kontrakciót, de hasonló mechanizmusok játszanak szerepet a nem izom típusú sejtek mozgásában is. Hasonlóan a mikrotubulusokhoz az aktin filamentumok is dinamikus struktúrák, polimerizációs-depolimerizációs egyensúlyuk meghatározó jelentőségű a sejt egyensúlyi állapotának a fenntartásában. Az egyensúly szabályozásában különböző aktinkötő fehérjék és ionok játszanak fontos szerepet.

ENDOPLAZMATIKUS RETIKULUM (ER)



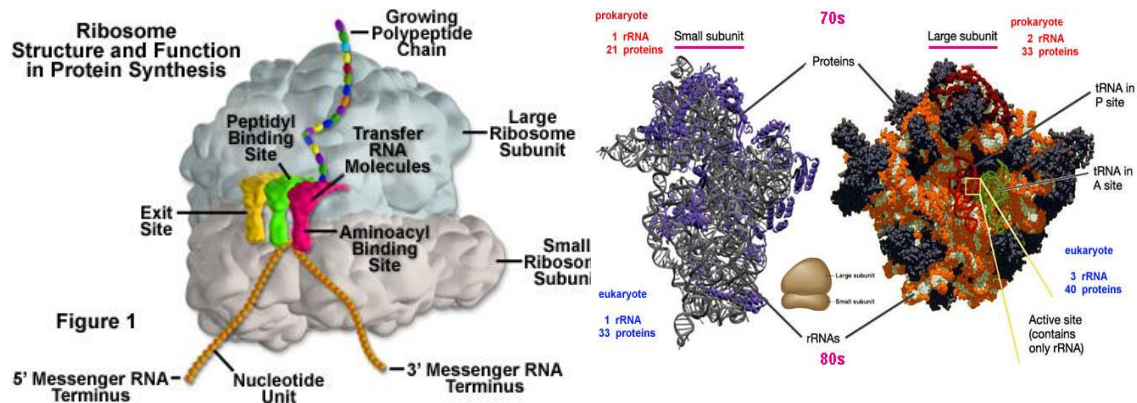
Durva endoplazmatikus retikulum (DER)

Lapos ciszternákból áll - ezek felületén folyik a fehérjeszintézis, a fehérjékhez sokszor már az ER – ben szénhidrátok kapcsolódnak. **Szoros kapcsolat a sejtmaghártyával. Felületét riboszómák borítják, melyek poliszómákká kapcsolódnak össze.** A DER minden sejtben előfordul, de kifejezetten nagy mennyiségben van jelen az intenzív **fehérjeszintézist** végző sejtekben. Bizonyított, hogy a szekréciós fehérjék és a membránproteinek nagy része a DER-hez kötött riboszómákon szintetizálódik. Az összes olyan fehérje, aminek a szintézise a DER-hez kötődik rendelkezik egy hidrofób szignáldoménnel. Ez a szignáldomén irányítja a szintetizálódó fehérjét a DER membránjába. A DER lumenében azután a fehérjékhez oligoszaharid láncok kapcsolódnak. Ezután kivéve azokat a fehérjéket, amelyek a DER struktúrfehérjéi, az újonnan szintetizált fehérjék a Golgi-apparátusba kerülnek. (A riboszómáktól megfosztott ER membránjának 65 % -át fehérjék (elektron szállító rendszer (**citokrómok, reduktázok**), valamint transzfer, szintetizáló enzimek alkotják.)

Sima endoplazmatikus retikulum (SER)

A SER felépítése hasonló a DER-hez, de a SER membránjának citoplazmatikus felszínéhez nem kapcsolódnak riboszómák. Kb. 50 nm átmérőjű csövek (tubulusok) szövedéke, a citoplazma szélén helyezkedik el, növényeknél a szénhidrát- és lipidszintézisben játszik szerepet – intenzív anyagcseréjű sejteket jellemzi jelenléte. Állatok esetében a SER legnagyobb mennyiségben a szteroid szintetizáló sejtekben fordul elő, feltételezzük, hogy fő funkciója a szteroidszintézis. Ezen kívül igen nagy mennyiségben található májsejtekben. Mivel a méregtelenítési folyamatok enzimeit megtalálhatók a SER membránján, ott feltehetőleg a méregtelenítési folyamatokban játszik szerepet.

RIBOSZÓMA



- Fehérjeszintézis központjai.
- Határolóhártyájuk nincs.
- Citoszolban, a kloropasztisz és mitokondrium alapállományában **szabadon**, a durva ER felszínén **kötötten** fordulnak elő.
- Kevés előfordul a Golgi-készülék, a sejtmag, a mitokondriumok és a kloroplasztiszok citoplazmatikus felszínén.
- Az ER –on poliriboszómák formájában csoportosulnak.
- A fiatal sejtekben a citoszol, az idősekben a ER tartalmaz többet.
- A baktériumokban egyféle (**prokarióta**), az állatokban, gombákban és a nem foroszintetizáló növényekben kétféle (**citoplazmatikus és mitokondriális**), a növényekben háromféle (**citoplazmatikus, mitokondriális és kloroplasztisz**) riboszóma fordul elő.
- Két alegységből állnak: egy kisebb és egy nagyobb egységből, amelyek összekapcsolódásához Mg^{2+} ionok szükségesek.
- Az eukarióta riboszóma kis alegységében 1 RNS és 30 fehérje, nagy egységében 3 RNS és 40-50 fehérjemolekula van.
- Közreműködnek a mikrotubulusok tubulinjának, a glikolízis enzimeinek, a riboszómális fehérjék, sejtmagfehérjék szintézisében.
- Membrán nélküli testek, méretük az összes többi sejtalkotó mérete alatt marad.

MIKROTESTEK

Egyrétegű membránnal határoltak ($1\mu\text{m}$), keletkezési helyük: ER. Rövid életűek, a sejt fejlődésének meghatározott fázisaira jellemzőek

Funkciójuk:

- szekréció
- raktározás
- lebontás – oxidázok!

Főbb típusaik:

- peroxiszómák
- glioxiszómák
- szferoszómák

Peroxiszómák

A **peroxiszómák** vagy mikrotestek membránnal körülvett, kb. $0,5\mu\text{m}$ -es struktúrák. Sok sejttípusban előfordulnak, de a leggyakoribbak az állati sejtekben, a májban és a vesében. A peroxiszómák **kataláz** enzimet tartalmaznak, ami a hidrogén peroxid hidrolízisét katalizálja. Így a peroxiszómáknak feltehetően fontos szerepe van a sejtek **antioxidáns védelmében**. Ezen túlmenően a peroxiszómák szerepet játszanak a purinok, D-aminosavak és lipidek degradációjában is. A peroxiszómákban lévő proteinek a citoplazmatikus riboszómákon szintetizálódnak, s valamilyen receptor által közvetített módon jutnak át a peroxiszómába.

Növényeknél:

- **Feladat:** hidrogén-peroxid bontás (kataláz enzim!)
- Levél-peroxiszómák: a fotorespiráció helyei

1.	2.	3.
kloroplasztisz	peroxiszóma	mitokondrium
glikolsav	glicin	szerin+ CO_2

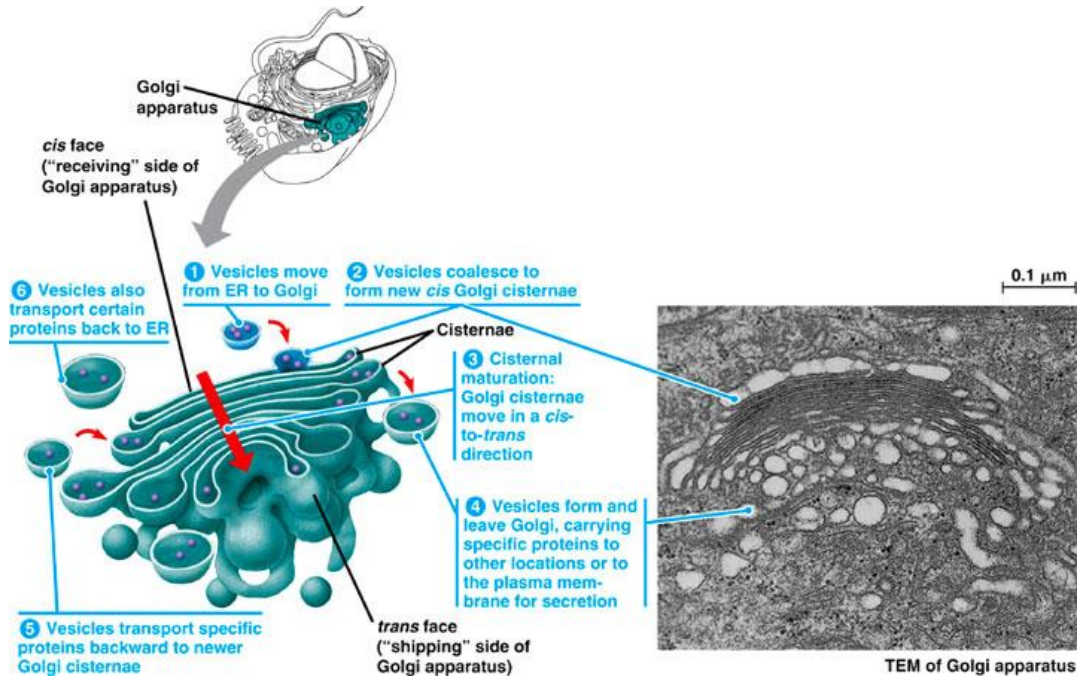
Glioxiszómák

- Enzim: zsírsavak β -oxidációjának és a glioxálsav-ciklus enzimei
- Feladat: raktározott olajok szacharózzá alakítása

Szferoszómák

- Félmembránnal határoltak
- Feladat: zsírok raktározása

GOLGI-APPARÁTUS (Diktioszómák)

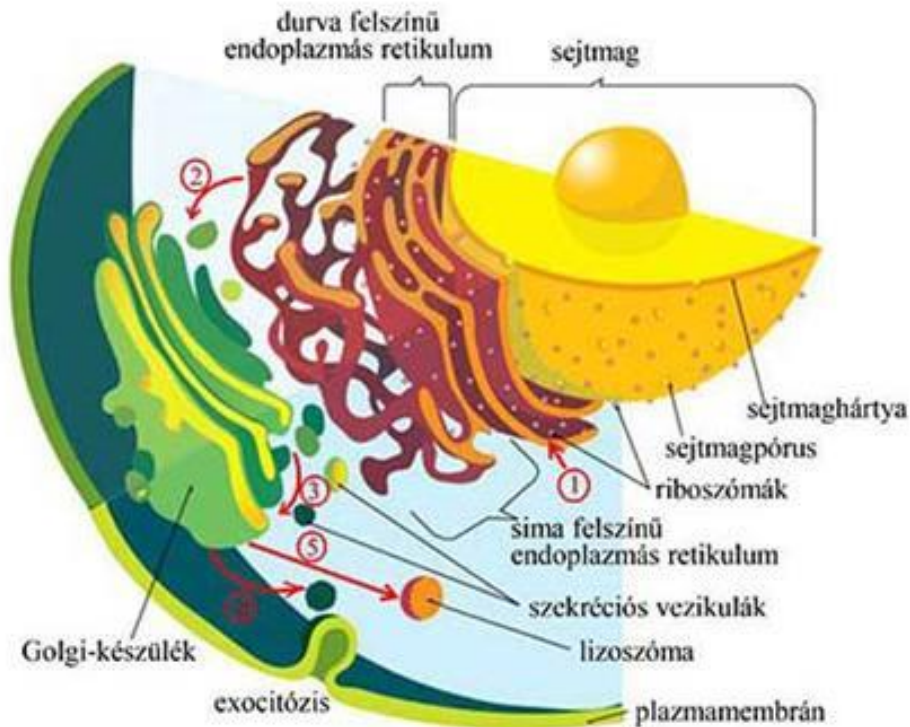


A Golgi-apparátus szintén egy jellegzetes háromdimenziós membránstruktúra, általában a sejtmag közelében helyezkedik el. Nagyon fejlett az aktív szekréciót végző sejtekben. A Golgi lumenében történik meg a fehérjék végső kialakítása (poszttranszlációs módosítás), s innen indul el a szekretórikus fehérjék, valamint a lizoszómális fehérjék **vezikuláris, irányított transzportja**. A Golgi apparátust alkotó ciszternák (4-8) polarizáltak. A **konkáv (cisz – képződési oldal) felszínét formálódó felszínnek** nevezzük. Ide érkeznek a DER vezikulák a frissen megszintetizált fehérjékkel. A **domború oldala (transz – érési oldal) az érő oldal**, innen válnak le azok a vezikulák, amelyek már az érett szekréciós fehérjéket szállítják a plazmamembránhoz. A Golgi rendszer fontos szerepet játszik a lizoszómák kialakításában

Növényeknél feladata:

- szekréciók szintézise és elszállítása a plazmalemmahoz
- glikokalix készítése
- sejtfalalkotók (hemicellulóz, pektin, nyálka, mézga) polimerizációja – szerep a sejtlemez formálásában
- felszínén auxin-receptorok vannak

ENDOMEMBRÁN RENDSZER



Részei:

- sejtmaghártya
- ER
- Golgi-apparátus
- citoplazmatikus vezikulomok

Feladat: anyagtranszport, a membránok képzése és transzportja

1. Kiinduló pont: sejtmaghártya és ER
2. Végállomás: plazmalemma át a sejtfal v. a vakuólum

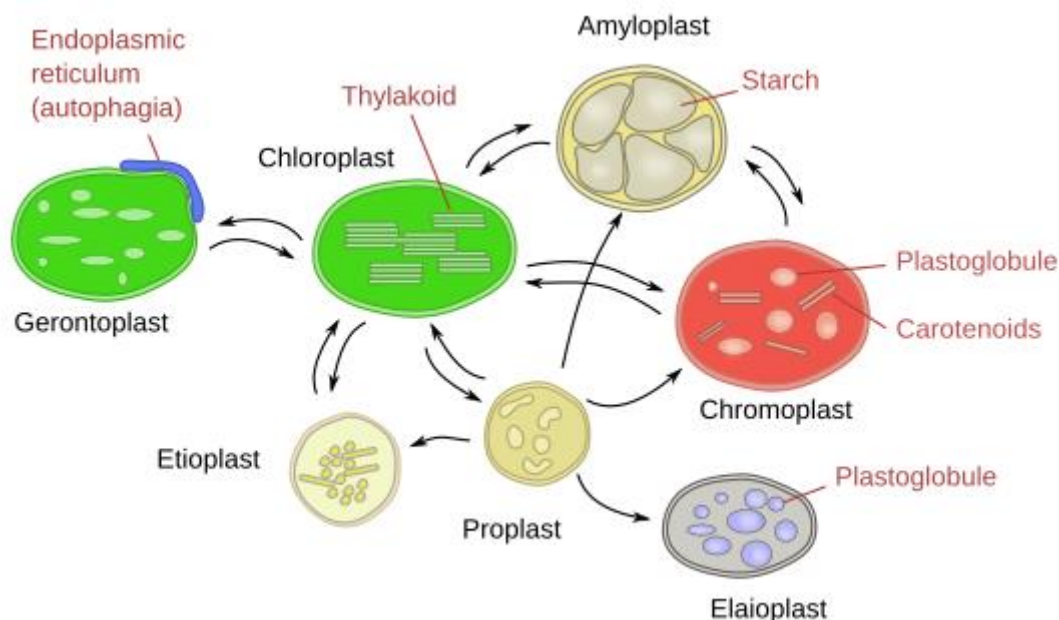
GERL-rendszer

A Golgi-apparátust, az ER-ot és a lizoszómákat magába foglaló, szoros működési kapcsolatot fenntartó rendszert GERL-rendszernek nevezzük (**GOLGI – ER – LIZOSZOMÁK**).

1. **ER** és a **sejtmaghártya** között *közvetlen membránösszeköttetés*
2. Az **ER** és a **Golgi-készülék** között *tubuláris transzferelemek*
3. A **Golgi** és a **plazmalemma** között *vezikuláris transzferelemek*
4. A Golgiról **lizoszómák** fűződnek le, szekréciós termékeik a vakuólumba ürülnek

PLASZTISZOK

Saját örökítőanyaggal bíró, kettős membránnal határolt, eukarióták által bekebelezett prokariótáktól származó sejtalkotók.



PROPLASZTISZOK: a többi plasztisztípus kiindulási alakja, aszerint, hogy további fejlődése fény jelenlétében, vagy sötétben történik folytatódik a differenciálódása.

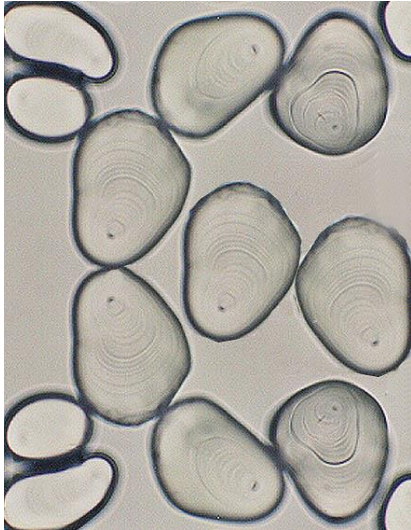
ETIOPLASZTISZOK: sötétben differenciálódnak a proplasztiszokból, belső membránrendszerük fejletlen, fény hatására átalakulhatnak kloroplasztisszá.

LEUKOPLASZTISZOK - AMILO, PROTEINO, ELAIOPLASZTISZOK: keményítőt, fehérjét, zsírt raktároznak, szintelenek, klorofillt nem tartalmaznak, belső membránrendszerük fejletlen. Amiloplasztok a raktározó szervekben és gyökérsüvegben vannak, a proplasztiszokból és kloroplasztiszokból keletkeznek.

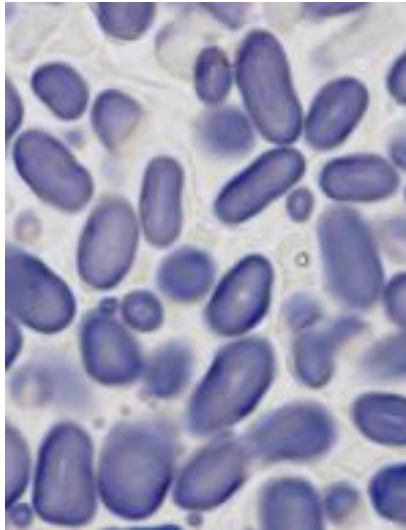
KROMOPLASZTISZOK: A leukoplasztiszokhoz képest fejlettebb belső membránrendszerrel rendelkeznek. Karotinoid festéktartalmuk (karotin, xantofill) adja a levelek és termések piros, sárga színét. Pro-, amilo-, kloroplasztiszokból keletkeznek (őszli lombszíneződés – kloroplasztiszok klorofill-tartalma lebomlik, csak a karotinoidok maradnak meg - GERONTOPLASZTISZ).

KLOROPLASZTISZOK: Zöld szintestek, fotoszintézis központjai. Fejlett belső membránrendszerrel rendelkeznek, a karotin és a xantifill mellett klorofill-a és klorofill-b fotoszintetikus pigmentet tartalmaznak.

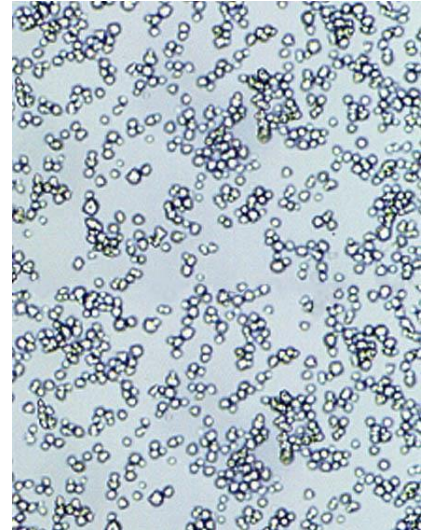
AMILOPLASZT



Egyszerű excentrikus
keményítő
Solanum tuberosum



Egyszerű koncentrikus
keményítő
Phaseolus vulgaris



Összetett keményítő
Oryza sativa

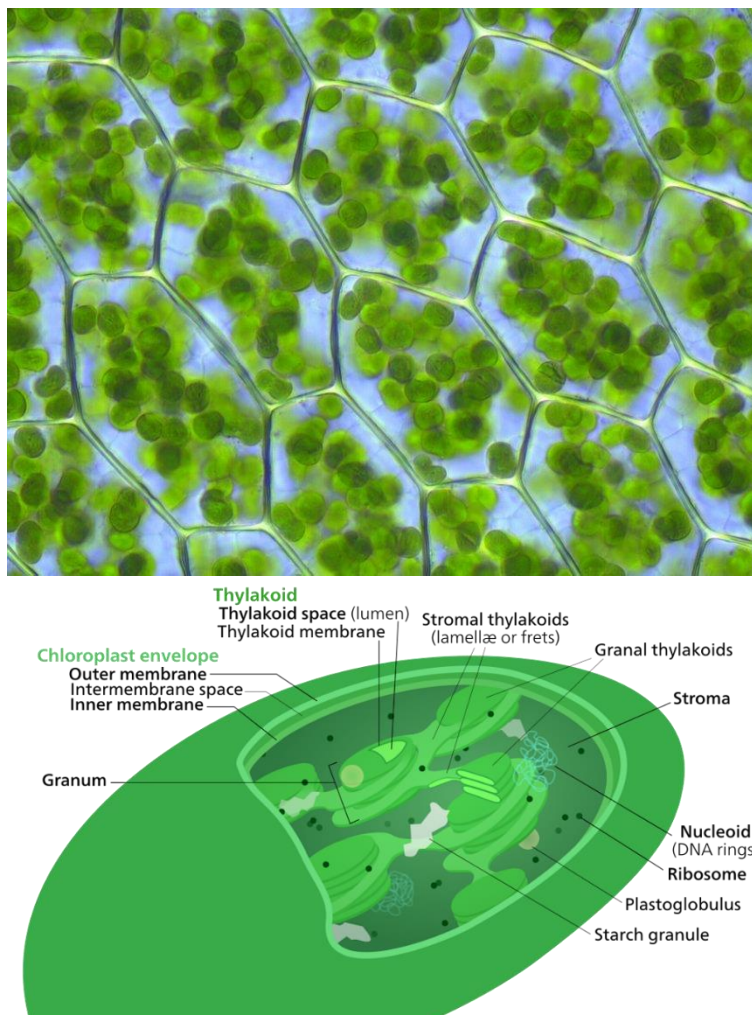
A keményítő az amiloplasztokban kétféle módon kristályosodhat ki:

- **excentrikusan:** a kiválási góc az amiloplaszt szélén helyezkedik el
- **koncentrikusan:** a kiválási góc a plasztisz közepén található.

Az amiloplasztiszokban kiváló keményítő a **kiválási góc száma** szerint lehet:

- **egyszerű keményítő:** az amiloplasztiszban egy kiválási góc található excentrikus v. koncentrikus helyzetben - *Triticum aestivum*, *Solanum tuberosum*, *Phaseolus vulgaris*
- **félig összetett keményítő:** 2-3 kiválási góc körül indul meg a keményítő kiválása, azután a gócok köré, mint központi góc körül folytatódik a keményítő kiválás
- **összetett keményítő:** 200-300 kiválási góc egy amiloplasztiszban, helyszűke miatt a részkeményítőszemcsék deformáltak – *Avena sativa*

KLOROPLASZTISZ

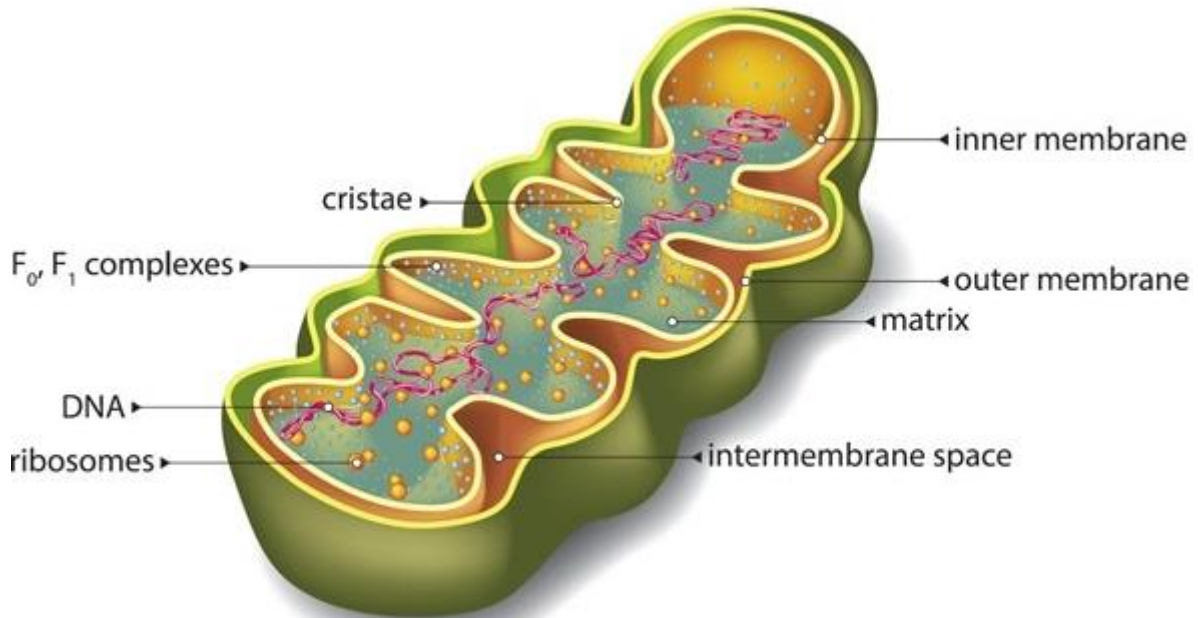


A kloroplasztiszok részei:

- **kettős membrán** (külső-, és belső membrán),
- **alapállomány** (sztróma) – itt játszódik a **fotoszintézis sötét szakasza**, a szénhidrát-szintézis,
- **belső membránok – tilakoidok**: itt találhatóak a fotoszintézis szempontjából lényeges pigmentek (membránhoz kötött klorofill-a, -b, karotin, xantofil), itt lokalizálódik az elektrontranszport-lánc – a membrán két oldala között protongradiens különbség áll fenn, amely ATP szintézisre fordítódik (a **fotoszintézis fényszakasza** a kettős membránokhoz kötött, itt történik meg a fényenergia kémiai energiává történő átalakítása). A tilakoidok alkotják a **gránumokat** (egymásra pénztekercs-szerűen elhelyezkedve). Nem minden kloroplasztisz gránumos, alacsonyabb rendű növényeknél a gránumok hiányoznak, ilyen esetben **lemezes kloroplasztiszt** találunk. A gránum-tilakoidokat sztróma-tilakoidok kapcsolják össze egymással.

A kloroplasztiszok hasadással szaporodnak. Eredetükre utal az endoszimbionta elmélet.

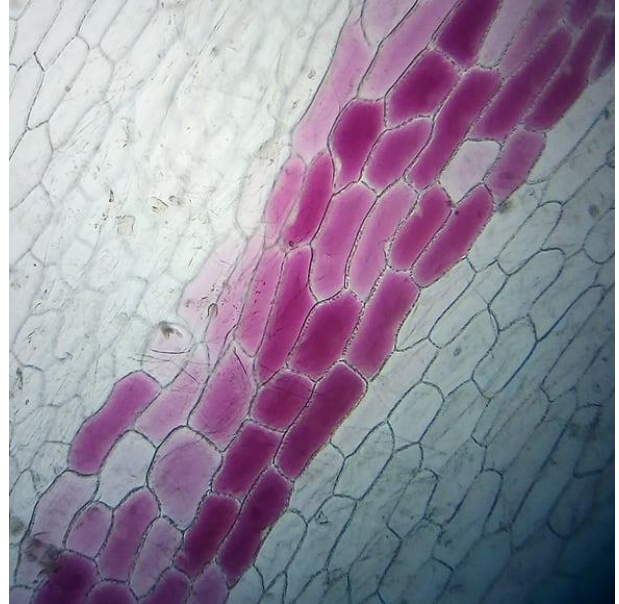
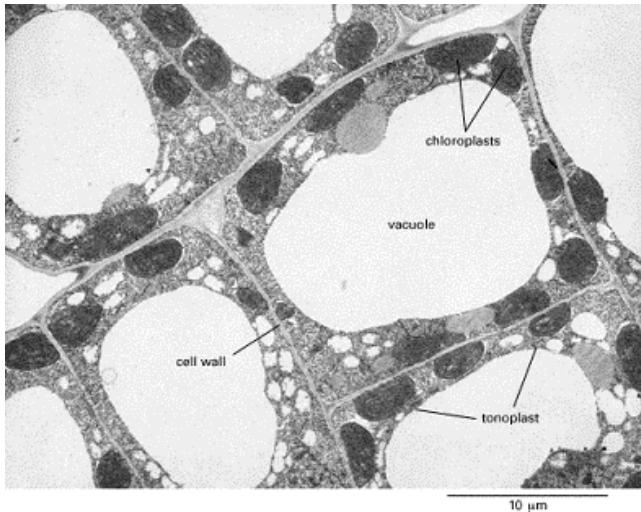
MITOKONDRIMUM



A **mitokondriumok ultrastruktúrája** jelentősen eltér minden más sejtorganelum struktúrájától. Kettős membrán építi fel. A külső membrán sima, kb. 6-7 nm vastagságú. A belső membrán egy kicsit vastagabb, s betüremkedik a mitokondrium belsejébe, ún. krisztákat hozva létre. A belső membrán felszínén ún. **elemi testek** találhatók, amelyek egyrészt ATP-áz aktivitással rendelkeznek, másrészt tartalmazzák az elektrontranszportlánc enzimeit. A mitokondrium belseje, az ún. **mitokondriális mátrix** tartalmazza a **Krebs-ciklus** enzimeit, s ezen kívül DNS-t, RNS-t és riboszómákat is találtak benne.

Az **endoszimbionta elmélet** szerint a mitokondriumok eredetileg, mint prokarióta szervezetek kerültek be az eukarióta sejtekbe (bizonyíték: önálló, ciklikus DNS, hasadással szaporodás, riboszómák a mátrixban). Mivel a mitokondriumok rendelkeznek az oxidatív foszforiláció enzimeivel, azok a sejtek, amelyekben mitokondriumok voltak, a glükózt oxigén jelenlétében **aerob** módon tudták bontani, s így szemben az oxigén nélküli, **anaerob** glükóz bontással, ahol egy molekula glükózból 2 ATP molekulát nyertek, oxigén jelenlétében egy molekula glükóz lebontása után 36 ATP molekula keletkezett. A nyert energiátöbblet a mitokondriummal rendelkező sejteknek hatalmas szelekciós előnyt biztosított a többi sejtrel szemben. Valószínű, hogy ennek köszönhető az, hogy a sejt evolúció során a mitokondriummal rendelkező sejtek túlnőtték a mitokondriummal nem rendelkező sejteket, s ma már szinte minden eukarióta sejtben van mitokondrium. A mitokondriumok bizonyos fokú autonómiájukat a mai napig megtartották, hiszen önálló DNS-ük van és a gazdasejt sejtciklusától függetlenül képesek osztódni. Mivel a mitokondriumok elsődleges feladata az ATP szintézis, a nagy energiaigényű sejtekben óriási mennyiségben fordulnak elő. Az ATP szintézis mellett a mitokondriumnak nagyon fontos szerepe van a citoplazma ionkoncentrációjának szabályozásában is. A DER mellett a mitokondrium az a sejtorganelum, ami az eukarióta sejtekben képes **Ca²⁺-ot raktározni**, majd jól szabályozott módon azt a különböző életfolyamatok számára rendelkezésre bocsájtani.

SEJTNEDVÜREG (VAKUÓLUM)



A citoplazmától tonoplaszt határolja el. Részei:

- sejtnedv
- alakos tartalmi részek

Mérete az öregedéssel nő.

A vakuólum az endomembrán rendszer legfeltűnőbb alkotója. Olyan sejtalkotónak tekinthető, amely az anyagcserét közvetíti a citoplazma és a sejt üregrendszere között. Tulajdonképpen a lizoszómák differenciálódott formái, melyek a citoplazmában összegyűlnek és vakuólummá egyesülnek.

A vakuólum vizes oldata a sejtnedv, amely szerepet játszik:

- a pillanatnyilag felesleges anyagok raktározásában
- ártalmas gyűjtő- és közömbösítő helye
- mivel töményebb a talajoldatoknál, szerepe van a vízfelvételben – endozmózis
- részt vesz a sejtek turgorállapotának kialakításában
- pusztuló sejtekben a protoplaszt megemésztésében

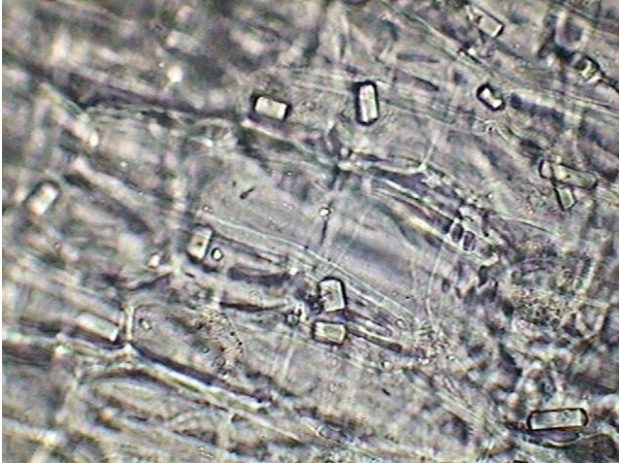
A sejtnedvben sok szerves és szervetlen anyag halmozódik fel:

- ásványi sók
- szénhidrátok
- szerves savak
- aminosavak, fehérjék
- glikozidok
- alkaloidok
- illóolajok, balzsamok, gyanták
- polifenolok
- tejnedv

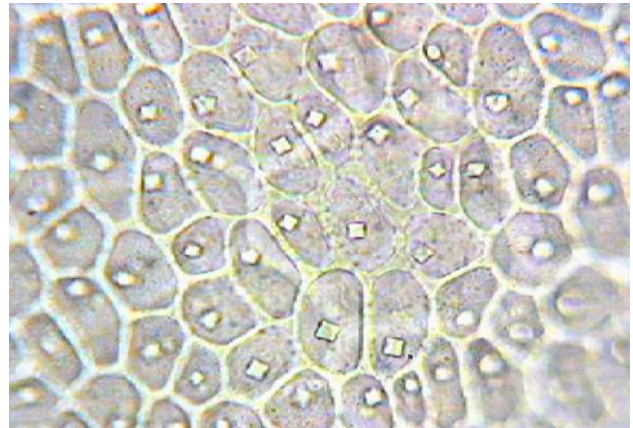
KRISTÁLY-ZÁRVÁNYOK

Kálcium-oxalát

a. Tetragonális oszlopok, piramisok



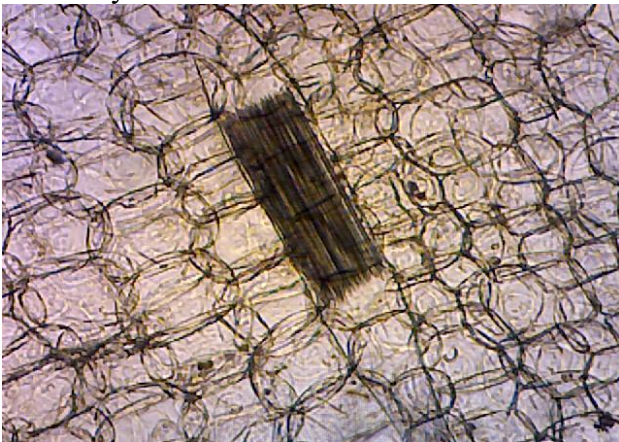
Allium cepa – száraz buroklevél



Vanilla planifolia – epidermisz-nyúzat

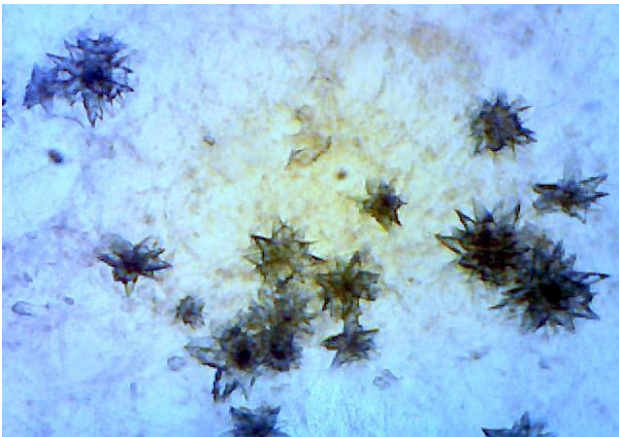
b. Kristályhomok

c. Kristáytűk – rafid



Agave sp.

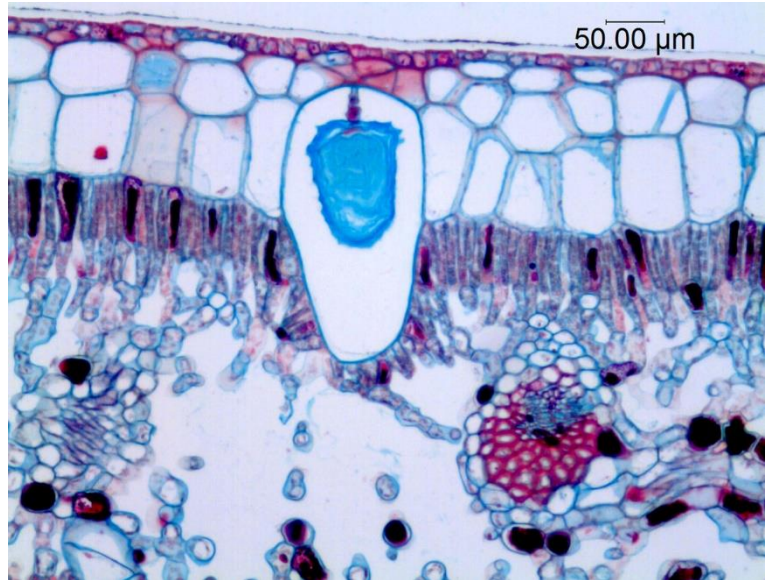
d. Rozetta



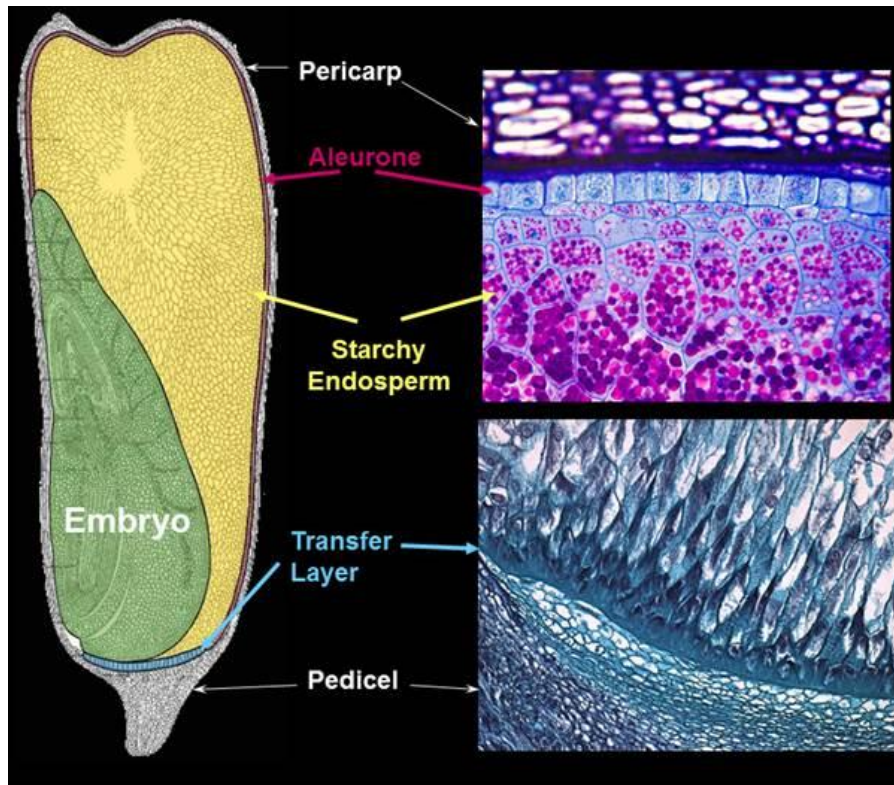
Opuntia sp. – kladódium

Kalcium-karbonát

- a. Sejtüregben mint tartalmi rész (szil, bükk)
- b. Ráakódás sejtüregbe hatoló nyúlványra (Ficus sp.)



AMINOSAVAK ÉS FEHÉRJÉK



A legtöbb aminosav elraktározódik a vakuólumokba és csak N –hiányos körülmények között használdik fel fehérje szintézisre.

A fehérjék egy része is oldott, vagy kristályos formában a vakuólumokban raktározódik, de kristályos fehérjék lehetnek az ER –ben, mikrotetekben, szintetekben, esetleg szabadon a citoplazmában. A fehérjezárványok többsége ER eredűek, de a vakuólumban raktározódnak.

Az aleuron fehérjezárvány, besűrűsödött, beszáradt fehérjetartalmú vakuólumnak tekinthető. Beszáradó magvakban a sejt eredeti, nagy méretű vakuóluma sok apró fehérje-vakuólumra esik szét. Csírázáskor azonban a fehérjezárványok feloldódásával az eredeti, nagyméretű vakuólum alakul ki újra. Pázsitfűfélék szemtermésében az aleuron külön sejtrétegben, az ún. **aleuronrétegben** fordul elő. Ez a réteg a termésfal és a vele összenőtt maghéj, illetve az ez alatt elhelyezkedő hialin réteg alatt helyezkedik el, tulajdonképpen az endospermium legkülső, egy sejtsoros rétege, amely nagyméretű, négyzet alakú sejtekből áll. Ezek a sejtek vannak tele apró, szabálytalan alakú aleuronszemcsékkel.

SEJTNEDV EGYÉB SZERVES ÉS SZERVETLEN ANYAGAI

GLIKOZIDOK

- Sok cukor és nem cukor vegyület **észterei**.
- Gyakoriak közöttük a mérgek (amigdalín: mandula, csonthéjas gyümölcsök magja, digitalin: gyűszűvirágfélék, kumarin: szagos müge, mustárolaj-glükózidok: kereszteses családja)
- Festéanyagok: antocián (piros – kék, sav – bázis), antoxantinok, lipokróm,
- Flavánszármazékok: muskátli, pipacs peralorgonidinje, rózsza, búzavirág cianidinje, mályva malvidinje, petúnia petunidinje.
- Flavonok az antocianidinek oxidációs termékei.
- Cseranyagok: tannin

ALKALOIDOK

Legtöbb mérgező, **heterociklusos, N –tartalmú** vegyület. Pl.: kávé, tea, kakaó koffeinje, kinafa kininje, mák morfinja, kodeinje, narkotinja, papaverinje, kokacserje kokainja, dohány nikotinja, LSD.

ÉTERIKUS ILLÓOLAJOK, BALZSAMOK, GYANTÁK

Politerpének.

Az illóolajok illékonyak (rovarok csalogatása, riasztás) mirigyszőrökben, járatokban, tartókban találhatók.

A gyanták szilárdak. A terpentín a fenyők gyantája, terpentínolajat és kolofóniumot tartalmaz, mindkettőt a festékipar használja. További gyanták a mirha, tömjén, kámfor.

A balszamok a gyanták illóolajos oldatai, folyékonyak a korhadást akadályozzák meg.

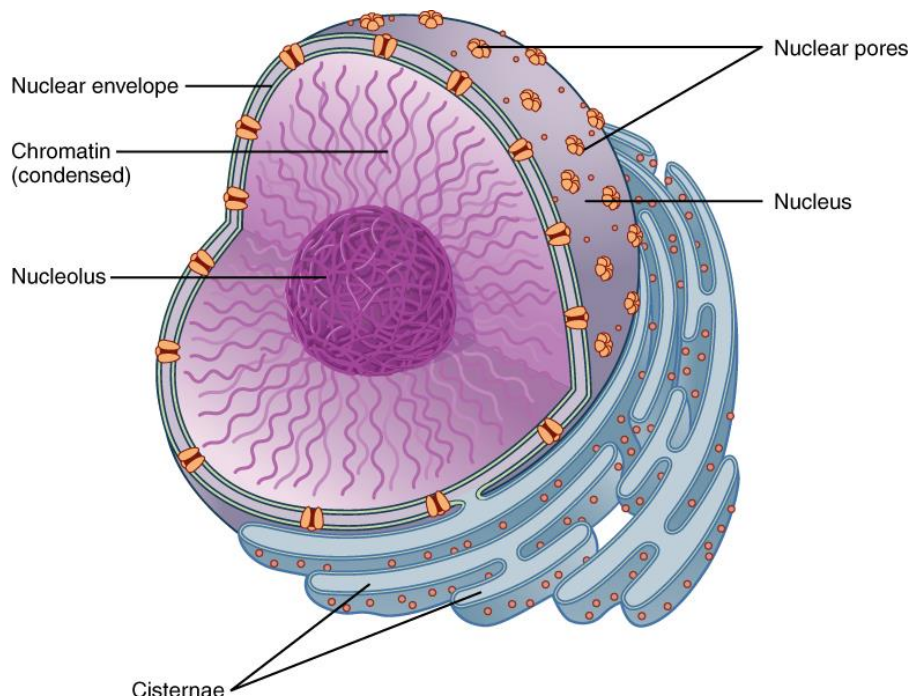
POLIFENOLOK

Alma, krumpli barnulásában játszanak szerepet. Sérüléskor kilépnek a vakuolumokból, a fenoloxidáz enzimek kinonokká oxidálják őket. Az ezután következő polimerizáció vezet a barna melaninhoz.

TEJNEDV

Különböző oldott, emulgált anyagok keverékei. Eperfafélék, kutyatejfélék (pitypang – vulkanizálással gumi), mákfélék (ópium), fészkesvirágzatúak.

SEJTMAG



A sejtmag a génexpresszióban, a sejtosztódásban és a tulajdonságok átörökítésében játszik meghatározó szerepet. Az osztódó sejtekben a DNS-ből és a hozzá kapcsolódó különböző fehérjékből összeszerelődnek a **kromoszómák**. A nem osztódó, ún. **interfázisos sejtekben** az örökítő anyag kevésbé rendezett **kromatin** formában van jelen. A kromatin általában két formában jelenik meg az eukarióta sejtek magjában. A **heterokromatinban** a kromatin állománya kondenzált, míg az **eukromatinban** a kromatin laza, letekeredett állapotban van. Az eukromatin általában a metabolikusan aktív sejtekre jellemző, mint pl. az idegsejtek, májsejtek. Erősen kondenzált inaktív kromatin található pl. a spermium feji részében. A **magmembrán** a mitokondriális membránhoz hasonlóan kettős membrán, a két membrán között **perinukleáris térrel**. A nukleáris membránon kb. 70 nm átmérőjű **pórusok** vannak, s ezeken keresztül különböző anyagok jutnak ki a citoplazmába, illetve onnan be a magba. A külső nukleáris membránon általában riboszómák vannak, s helyenként megfigyelhető, hogy a DER és a nukleáris membrán folyamatosan megy át egymásba.

A **magvacska** vagy **nukleólusz** a sejtmagban található, változó méretű sejtorganelum. Itt szintetizálódnak a riboszómális RNS-ek, s itt kezdődik el a riboszómák összeszerelése is.

Centriólum

A centriólumok főleg a sejtosztódásban játszanak fontos szerepet. Kilenc mikrotubulus triplettből épülnek fel, s ezek egy hengeralakú struktúrát hoznak létre. A sejtosztódás előtt minden centriólum megkettőződik, majd ezután a centriólum párok a sejtek ellentétes pólusára vándorolnak, s a mitotikus orsók organizáló központjává alakulnak. A centriólumoknak nagyon fontos szerepük van a leánysejtek mikrotubuláris rendszerének a kialakulásában is. Ezért a centriólumot, s a körülötte lévő tubulinmolekulákat **mikrotubulus organizáló központként** is ismerik.

1. Sejtmaghártya:

- az ER lapos ciszternájának kitüremkedéséből keletkezett, pórusokkal áttört kettős membrán

- két, egyenként 6-8 nm-es elemi membránból áll, amelyek között 10-40 nm-es membrán közötti tér található
- a maghártyát pórusok járják át. Ezek száma változó, minál aktívabb a sejtmag, annál több pórus található rajta – pórus-komplexek formájában

2. Nukleoplazma:

- alapját fehérjeszálakból álló váz adja
- szoros kapcsolatban áll a maghártya belső oldalán található ún. laminával
- az alapplazmában található kromoszómák anyaga a laminához kötődik, így az részt vesz a DNS-replikációban, a transzkripcióban

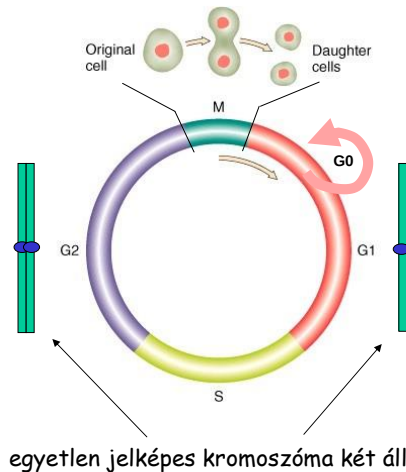
3. Kromatin állomány (kromoszómák)

- nem osztódó magban despiralizálódott fonalak, ún. kromonémák formájában van jelen a sejtmagban – a fellazult struktúrájú magban a kromoszómák összessége a kromatinállomány.
- **DNS:** nukleotid egységekből felépülő polinukleotid. Nukleotid egység áll: dezoxiribóz, foszforsav, nukleotid bázis (purin bázis: adenin, guanin, pirimidin bázis: timin, citozin)
- Térbeli szerkezete: kettős spirál (hélix) (WATSON és CRICK), adeninnel szemben timin, guaninnal szemben citozin bázis áll
- a DNS-hez hiszton fehérjék (bázikus hisztonok) és nem hiszton fehérjék kötődnek (savas hisztonok)

4. Sejtmagvacska

- számuk fajra jellemző
- a riboszómális RNS (rRNS) szintézisének és a citoplazmába jutó riboszóma-alegységek képzési helyei

A SEJTCIKLUS - A SEJTOSZTÓDÁS



$G1 + G0 + S + G2$ = interfázis, a működő sejtek alapállapota.
 $G0$ = a tovább nem osztódó interfázisos működő sejtek állapota.

S = szintézis fázis, a teljes DNS tartalom (ezáltal minden kromoszóma) megkettőződése.

$G1$ és $G2$ = nyugalmi (működő) állapot, a kromoszómák nem láthatók mikroszkóppal.

M = mitózis, sejtosztódás miközben a megkettőződött kromatidák szétválnak.

A sejtciklus két fázisból áll:

- két osztódás közötti fázis – **interfázis** ($G1$, S és $G2$ szakasz)
- sejtmag-osztódási fázis

INTERFÁZIS

Egy mitózis után a sejt növekedési és differenciálódási fázisba tud lépni, ebben állandósult marad, így osztódási képességét elveszíti ($G0$ szakasz).

A másik lehetőség, hogy a sejt újabb sejtciklusba lép. Ez az új ciklus a $G1$ szakasszal (előszintézis szakasza) kezdődik. Ekkor a kromoszómák még egykromatidásak. Az interfázis S -szakaszában következik be a megduplázódásuk (DNS replikáció). Az S -fázis végére így a diploid sejt tetraploid, a haploid sejt diploid lesz. Az S -szakaszt a mitózistól egy nyugalmi fázis, a $G2$ -szakasz választja el. Ekkor a megkettőződött kromoszómák spiralizációja és megrövidülése kezdődik el.

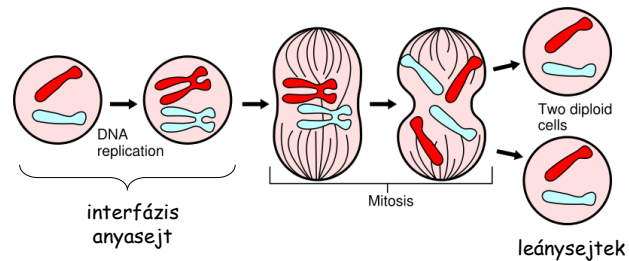
(Ha a sejtben minden kromoszómából két homológ kromoszóma található, a kromoszómaszám kétszeres, azaz a sejt diploid („ $2n$ ”). Ilyen sejtek építik fel az ivartalan nemzedéket és a magasabb rendű növények testét. Amennyiben a sejtek kromoszómaszáma egyszeres, a sejt haploid. Ilyenek a spórák, a belőlük fejlődő ivaros nemzedékek és az ivarsejtek. Előfordul, hogy a sejtosztódás nélkül megduplázódott kromoszómák kromatidái egymástól elválhatnak, és a sejtmagban együtt maradnak. Ilyenkor beszélünk poliploidiaról. A poliploidia révén az evolúció során sok, előnyös tulajdonságú növény jött létre – pl.: közönséges búza hexaploid)

A SEJTMAGOSZTÓDÁS

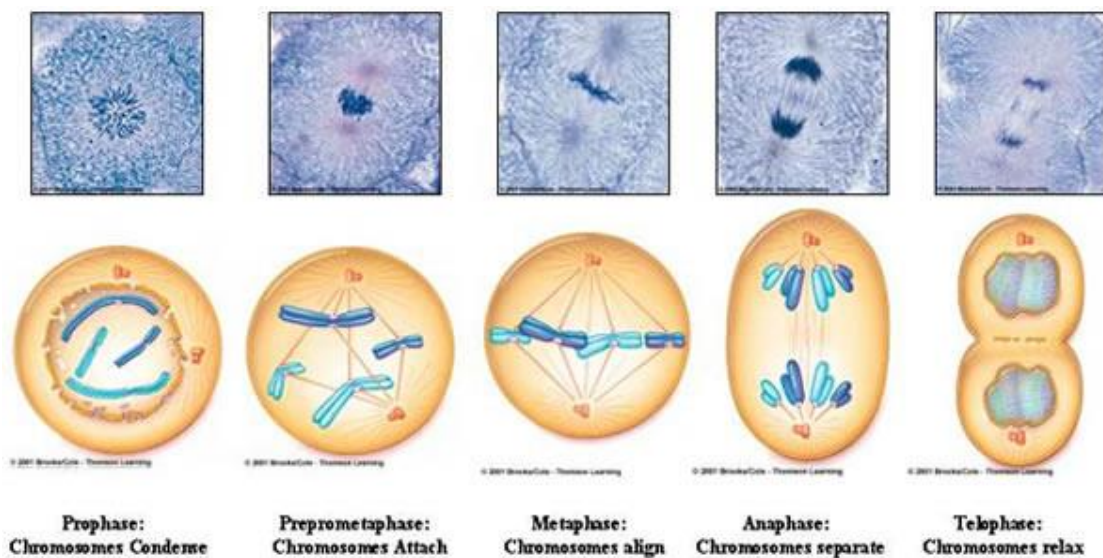
Két módja ismert:

1. AMITÓZIS (közvetlen, v. direkt sejtmagosztódás) – gombákra jellemző
 - a sejtmag membránja közepén kívülről befelé haladva kettéfűzi az interfázisban megkettőződött maganyagot anélkül, hogy a kromoszómák láthatóvá válnának. A citoplazmában nem alakulnak ki magorsó fonalak, kromoszóma-húzófonalak.
2. INDIREKT SEJTMAGOSZTÓDÁS (közvetett sejtmagosztódás)
 - a kromoszómák spiralizációja közben a kromatidák megvastagodnak, láthatóvá válnak
 - a sejtekben vannak mikrotubulusok, kialakul a magorsó- és kromoszóma-húzófonal
 - típusai: mitózis, meiózis

MITÓZIS

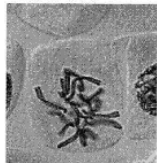
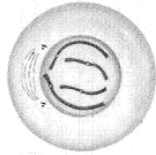


Az anyasejt és a leánysejtek genetikailag egyenértékűek, a kromoszómák száma megegyező.



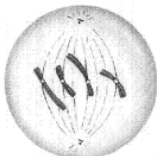
A mitózis fázisai fotón és rajzon

A MITÓZIS NÉGY EGYMÁST KÖVETŐ SZAKASZA



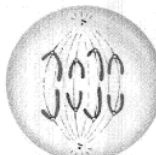
1. PROFÁZIS

- a kromoszómák láthatóvá válnak
- a kromoszómák kettősek, két kromatidából állnak
- a testvér kromatidákat centomerek tartják össze
- a magmembrán lebomlik



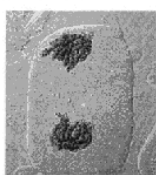
2. METAFÁZIS

- Osztódási orsó alakul ki
- A kromoszómák az egyenlítői síkba rendeződnek
- Az orsó húzófonalai a kromoszómákhoz tapadnak
- A HOMOLÓGOK EGYMÁSTÓL FÜGGETLEN KROMOSZÓMAKÉNT VISELKEDNEK



3. ANAFÁZIS

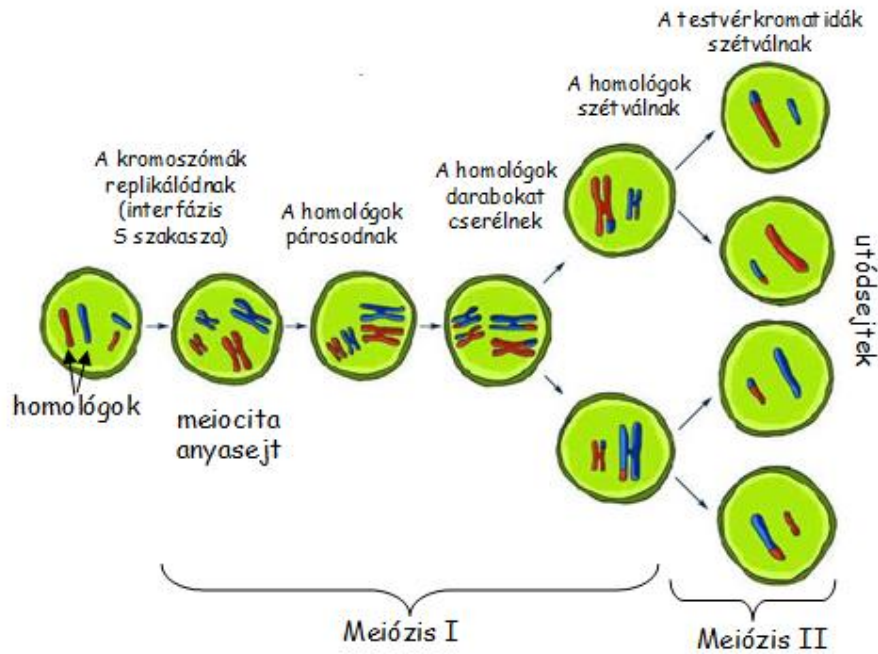
- A testvérkromatidák elválnak egymástól, a leánykromoszómává válnak
- A testvérkromatidák a centromerüknél fogva a pólusok felé vándorolnak



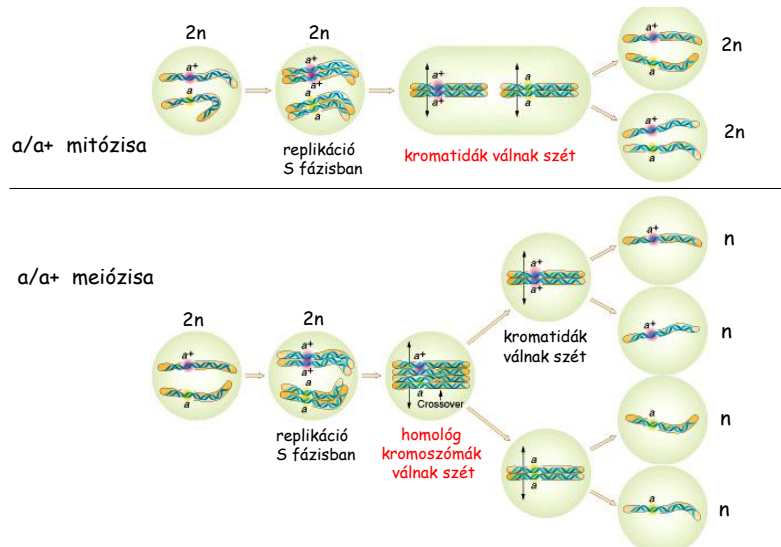
4. TELOFÁZIS

- A kromoszómák szerkezete fellazul
- Az osztódási orsó eltűnik
- Újra alakul a sejtmag hártya
- A sejt citoplazmája is kettéosztódik

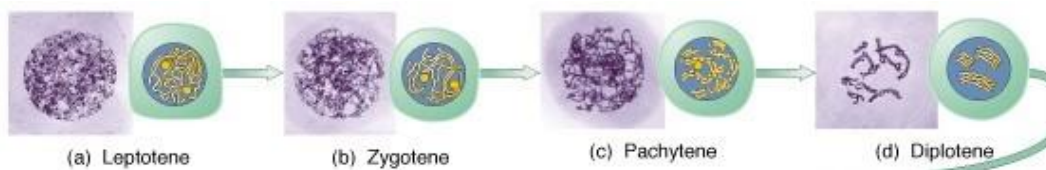
A MEIÓZIS LEGFONTOSABB ESEMÉNYEI



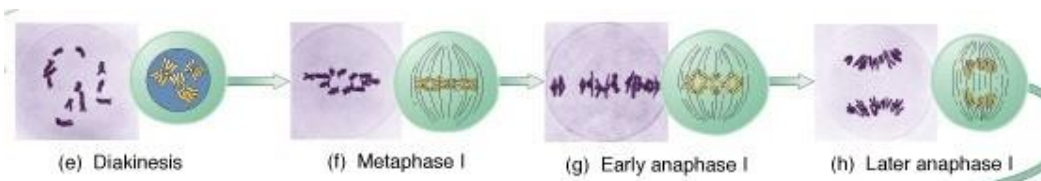
DIPLOID SEJTEK MITÓZISÁNAK ÉS MEIÓZISÁNAK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA



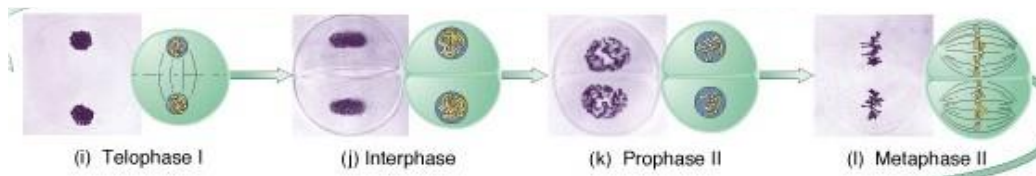
PROFÁZIS I.



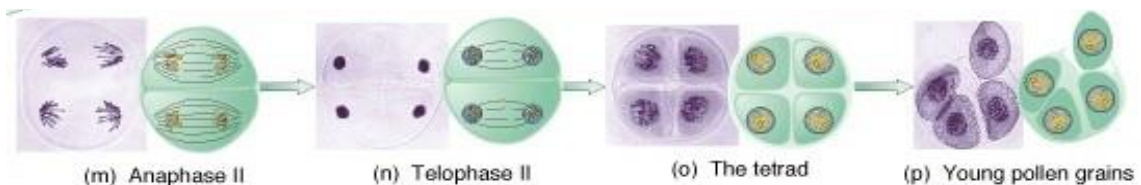
METAFÁZIS I. ÉS ANAFÁZIS I.



TELOFÁZIS I., INTERFÁZIS, PROFÁZIS II., METAFÁZIS II.



ANAFÁZIS II., TELOFÁZIS II., TETRÁD, FIATAL POLLENEK



A KROMOSZÓMA FELÉPÍTÉSE, SZERKEZETE

DEZOXIRIBONUKLEINSAV (DNS)

A kromatinállomány festődését okozza. A molekula egy kötélhágcsóhoz hasonlít (**kettős spirál**), melyet egymás köré csavarodott **polinukleotidláncok** alkotnak. Ezek monomerjei a **nukleotidok**, melyek egy **foszforsavmaradékból**, egy **pentózból (dezoxiribóz)** és egy **szerves bázisból (adenin, guanin, uracil, citozin, timin)** áll. A nukleotidláncok egymással **H – kötések**et képeznek („fokok”).

A DNS információinak RNS – be kell átíródnia. Az RNS –t enzimek feldarabolják, majd más összetételben összeragasztják. Az RNS –en végül fehérjék képződnek, amik vagy a sejt anyagaiba épülnek, vagy enzimek lesznek.

RIBONUKLEINSAV (RNS)

Vázát egy **polinukleidlánc** alkotja, **cukorja a ribóz, timin helyett uracil**. Átíródáskor (**transzkripció**) a DNS egyik szálán RNS szintetizálódik.

- **tRNS** – transzfer RNS: aminosavakat szállít a fehérjeszintézis helyére,
- **rRNS** – riboszómális RNS: rajta folyik a fehérjeszintézis
- **mRNS** – messenger RNS: hírvivő RNS - a DNS információit viszi a riboszómához, majd aminosavsorrendre fordítja.

GÉNEK: Egy fenotípus megjelenéséért felelős kromoszómarészlet. Kromoszómán elfoglalt helyük a lokusz. Együtt alkotják az egyed genetikai információját a genomot.

A gének fehérjét kódoló részei az exonok, ezen kívüli darabjaik az intronok.

KROMATINÁLLOMÁNY: A DNS fehérjékhez (**HISZTONOK**) van kötve. A jól festődő részek a kromatinállomány. A nem bázikus kapcsolódófehérjék a savas hisztonok. A kromatin része még az éppen átíródó RNS és az azt katalizáló enzimek is.

A kromatinállomány 3 lépésben fejlődik nagy struktúrává:

1. Laza gyöngyfüzés szerű állapot: H2A, H2B, H3, H4 hisztonokból felépülő gyöngyöket **NUKLEOSZÓMÁKNAK** hívjuk. A nukleoszómákra a kettős DNS szálak tekerednek fel, 1 feltekeredett szakasz 166 bázispárt tartalmaz. A nukleoszómákat 40 – 60 bázispárt tartalmazó ún. linkerek kötik össze.
2. H1 segítségével a nukleoszómák összetömörülnek, DNS –t nem tartalmazó oldalukkal összetapadnak. **Mg-ionokra** az előbbi lánc spirállá csavarodik, fordulatonként 6 – 7 nukleoszómát tartalmazó fonalat hoz létre .
3. Fonalak hurkokból álló rozettaszerűvé csavarodnak, egy ilyen rozetta 35000 – 85000 bázispárt tartalmaz. Információ átadáskor a rozetta kis hurkai egy nagy hurokká egyesülnek, sejtosztódáskor viszont kis göcök keletkeznek

A nukleoplazmában is egy fehérjéből álló váz található. Ez szoros kapcsolatban áll a laminával, a váz kereszteződési pontjaihoz kötődnek a rozetták.

A DNS aktivitása a nukleoszómalánc kialakulásával csökken, mert a **H1** hisztonok zavarják az információk átíródását, ezért az interfázisban megfigyelhetünk olyan darabokat, melyek részt sem

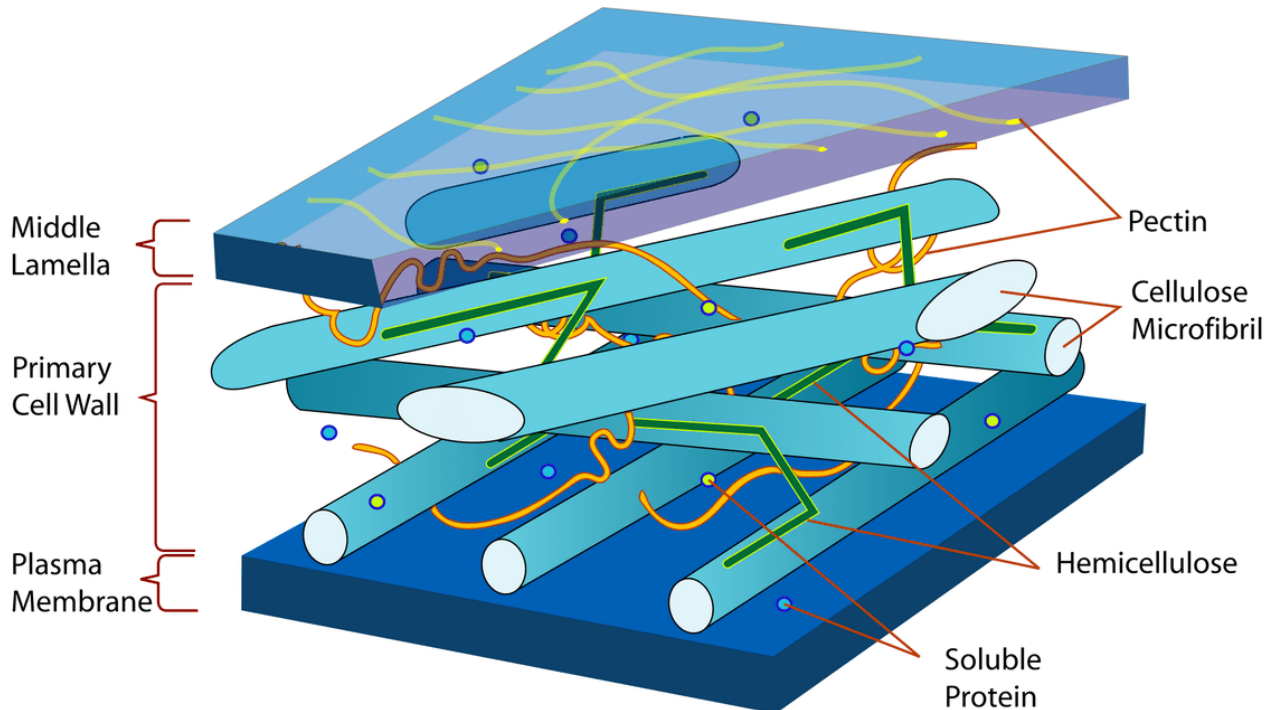
vesznek az információ átírásban, ezek a **HETEROKROMATINOK**, amelyek részt vesznek, azok az **EUKROMATINOK**.

Sejtosztódáskor az egész kromatin pálcikaszerű kromoszómákká tömörül.

Mitóziskor a kromoszómák kettős alakban tűnnek fel, ezek a **kromatidok**, azért, hogy állományukat ketté tudják osztani. A kromatidákat a **centromeron** nevű képlet tartja össze. A kromatidok a **MÁTRIXBAN**, alapanyagban foglalnak helyet.

A centromeron az ún. elsődleges befűződéseként van, osztódáskor a befűződés két oldalán egy – egy korong alakú a kromoszómafonalak megtapadására szolgáló, ún. **KINETOKOR** képződik.

SEJTFAL



A növények protoplasztját a sejtfal veszi körül, a protoplaszt a belső környezettel a sejtfal révén teremt kapcsolatot.

Funkciója:

- szilárdít (szárazföldi növények elterjedése)
- csökkenti a külső környezet hatásait
- viseli a turgornyomás erejét
- véd a kórokozók, kártevőkkel szemben
- **OLIGOSZAHARIN** hormont termel, mely véd a kórokozók ellen

Az új sejtfal alapja a sejtlemez, mely az osztódás végén jön létre (fő anyaga a **Ca-pektát**). A sejtek erre a vázra rakják saját falanyagaikat (appozíció), ettől kezdve a sejtlemezt már középlemeznek nevezzük. A sejtmegnyúláskor képződő falak az elsődleges sejtfalak, a megnyúlás után képződők a másodlagos sejtfalak. Így rétegek jönnek létre, legidősebb a legbelül elhelyezkedő középlemez.

A prokarióták sejtfala mureinből, a gombáké kitinből áll. A növényi sejtfal főbb alkotói a **PEKTIN, HEMICELLULÓZ, CELLULÓZ** és néha **fehérjék is előfordulnak bennük**.

A fal fehérjéi a többi komponenshez egy arabinogalaktán nevű pektinegységen át kötődnek. A hemicellulóz molekulák H-kötésekkel kapcsolódnak a cellulózmolekulákkal és kovalens kötések a pektinekkal, így a fal cellulózzrostjait a pektinekkal a hemicellulóz kapcsolja össze úgy, hogy a cellulózzrostokat a hemicellulóz molekulák, a hemicellulózokat a pektinek veszik körül. Tehát a pektinek szerepe a szomszédos cellulózzrostok összekapcsolása. A cellulóz egységeken belül a molekulákat a H – kötések tartják össze.

A hemicellulózok és pektinek a GOLGI – ből, a fehérje pedig az ER – ből származik. A cellulóz szintetizálásának helye a plazmalemma. A sejt alakját a plazmalemmán belül elhelyezkedő mikrotubulusok szabják meg.

A 20 – 30 nm átmérőjű cellulózegység (**fibrillum**) 15 – 20 elemi rostból áll. Minden rost un. micellumokat hoz létre. A micellumokat a cellulózmolekulák tartják össze. Az ezek közti üregeken csak kismolekulák (víz) juthatnak be. A fibrillumok kötegei a sejtfalrostok.

Az elsődleges sejtfalat pektinszerű anyagok alkotják, a másodlagost cellulóz.

Sejtfalvastagodás típusai:



Centrifugális sejtfalvastagodás

- Ráakódás
 - pl. pollenek
- Beékelődés
 - pl. növényi szőrök



Centripetális sejtfalvastagodás

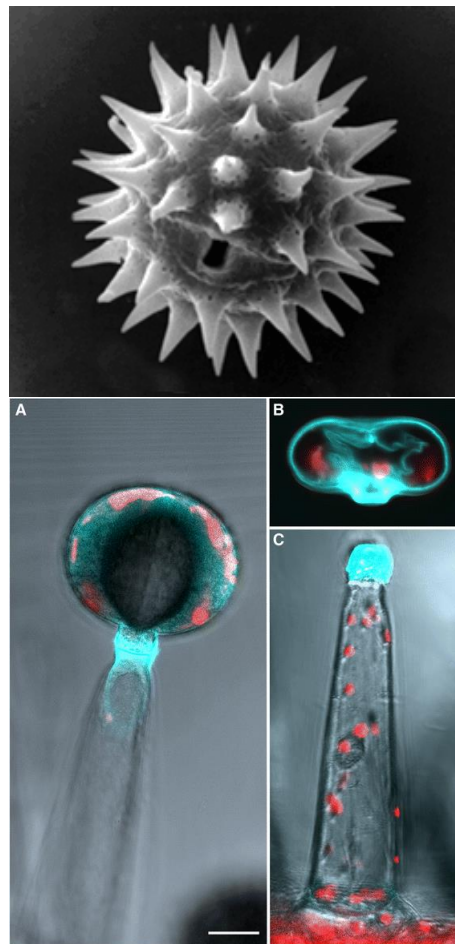
- Helyenkénti
 - pl. csapos, léces, létrás, hálózatos, gyűrűs, spirális - tracheidák
- Részleges
 - pl. lemezes-, sarkos kollenchima
- Általános
 - pl. gödörkés, udvaros gödörkés, csatornás - kősejtek
- Teljes
 - pl. szklerenchima

Centrifugális sejtfalvastagodás

Centrifugális sejtfalvastagodás

Rárákódás – *Helianthus annuus* pollen

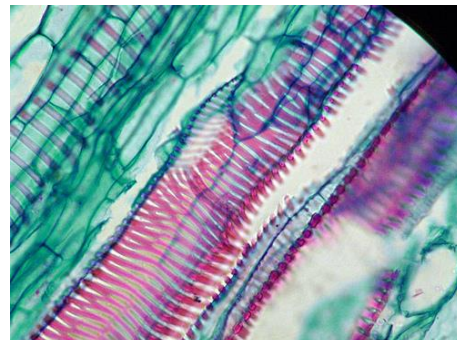
Beékelődés - *Solanum lycopersicum*



Centripetális sejtfalvastagodás

Centripetális sejtfalvastagodás

Helyenkénti sejtfalvastagodás – léces, létrás, spirális
(*Pinus* sp.)



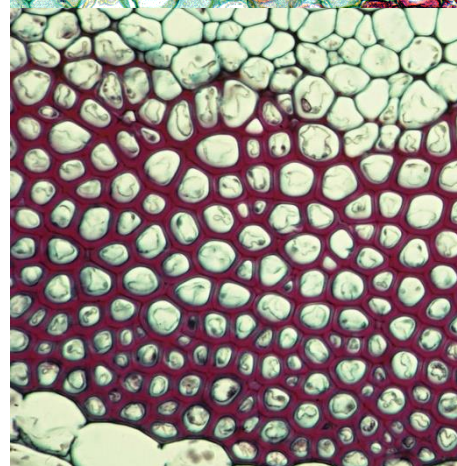
Részleges sejtfalvastagodás – sarkos kollenchima
(*Begonia* sp.)



Általános sejtfalvastagodás – csatornás/kősejt (*Pyrus* sp.)



Teljes sejtfalvastagodás – szkerenchima (*Helianthus annuus*)



INKRUSZTÁLÓ ÉS ADKRUSZTÁLÓ ANYAGOK

Egyes esetekben az öregedéssel nemhogy vastagodás, hanem a fal felszívódása tapasztalható, pl. a tracheák kialakulásánál (**inkrusztáció**). Inkrusztáló anyag a faanyag (**lignin**), **Ca – oxalát, nyálka, mézga**. A másodlagos sejtfalon sokszor kémiai anyagok halmozódnak föl (**adkrusztáció**). Adkrusztáló anyag például a **para, kutikula, viasz**.

FAANYAG

Fenolszármazék. Szilárdít, de a fal vízáteresztő képességét nem változtatja meg. Szerepe van a szárazföldi élet kialakulásában. A tracheidák elhalt sejtfalukban raktározzák és fatestet képeznek.

PARA ÉS KUTIN

A parásodott és kutinizálódott sejtfalak kevésbé engedik át a vizet és gázokat, így csökkentik a párologtatást. A fiatal részeket a kutin, a másod, harmadlagos bőrszövetet a para borítja. Sebeken szintén pararéteg alakul ki, a gyökök endodermisz és a C₄- esek nyalábhüvelyében szigetelő feladatokat lát el.

KALLÓZ

A rostacsődarabokban tölt be szigetelő szerepet. Megakadályozza, hogy a csövekben áramló cukoroldal a beáramló víz miatt felhíguljon. Pollenszemeket vesz körbe, megakadályozva, hogy más sejtekkel plazmakapcsolatot létesítsen. A pollentömlőben a protoplasztot választja el az üres tömlőtől, ezáltal biztosítja a megfelelő turgiditást. Idegen pollen és bibe találkozáskor lezárja a bibét.

VIASZ

A kutikulát borítja. A protoplasztól a sejtfalig vándorolnak. A spórák, pollenek takarását végző sporopollenin a szervesanyagok egyik legellenállóbbja.

KOVA

Pázsitfűfélék, sások, zsúrlók, kovamoszatok sejtfalának alkotója. A csalán szőrei ettől olyan törékenyek.

FAFESTŐ ANYAGOK

Megakadályozzák a fa korhadását.

MÉZGA

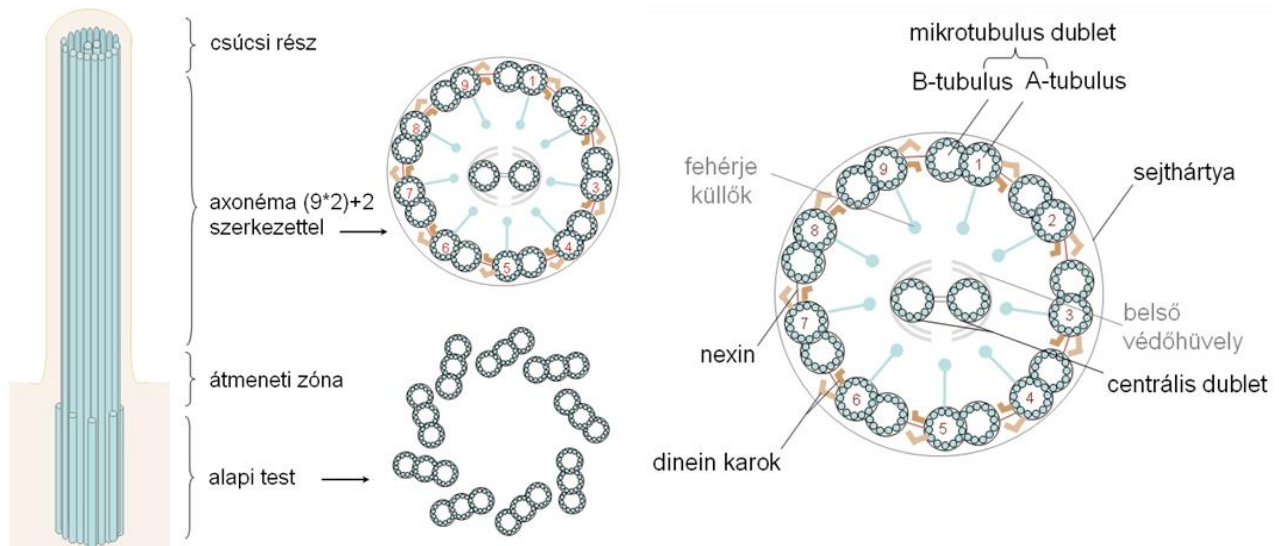
A sejtfalak sérülés hatására elmézgásodhatnak, jelentősége a seblezárás.

NYÁLKA

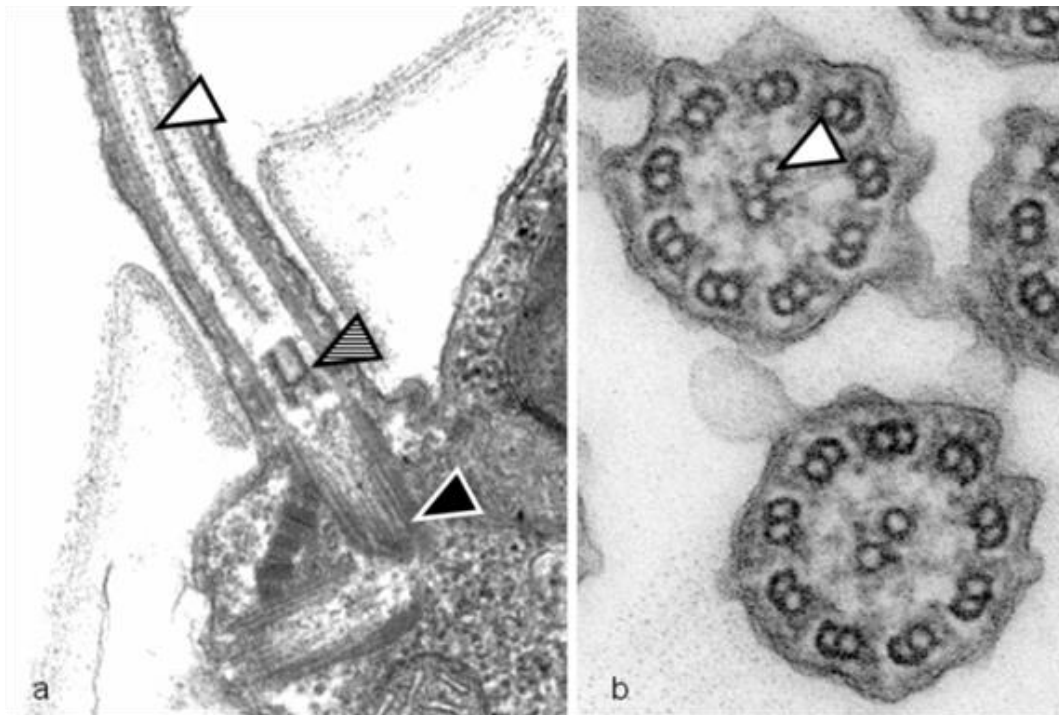
Sok baktérium, alga sejtfala elnyálkásodik, és benne sejtcsoportok épülnek. Egyes növények (len) maghéjának külső sejtfalai is nedvesség hatására nyálkássá válnak.

A MOZGÁSSAL KAPCSOLATOS SEJTSZERVECSKÉK

A CSILLÓK ÉS OSTOROK



A csilló keresztmetszeti képe



a Chlamydomonas-ostor hosszmetsetén látható az alapi test (fekete nyílhegy), az átmeneti zóna (csíkos nyílhegy) és az axonéma a centrális dublettel (fehér nyílhegy) b) Csillós egysejtű ostorkeresztmetszete (fehér nyílhegy mutatja a centrális dubletet)

A csillók és ostorok a sejtek mikrotubulusokból felépülő mozgásszervecskéi, melyek eredetük szerint a centriólumok származékainak tekinthetők. Szerkezetük hasonló, a különbség számukban, hosszukban, a mozgás módjában és szabályozásában van. A csillók száma több száz is lehet egy sejtben, míg ostorból általában egy van. A csillók jóval rövidebbek (5–10 μm), mint az ostorok (150–200 μm), csapásuk gyorsabb és összehangolt. A tipikus csilló a sejtfelszínről kiemelkedő henger alakú nyúlvány, melyet a sejtmembrán borít.

A csillót a belsejében elhelyezkedő, mikrotubulusokból és hozzájuk kapcsolódó fehérjékből álló váz, az axonéma merevíti ki. A mikrotubulusok hosszanti lefutásúak, „plusz” végeik kifelé néznek, „minusz” végeik a bazális testekbe ágyazódnak. Elrendeződésük jellegzetes: a csilló palástjában 9 kettős csőcsoport (dublet), míg tengelyében két különálló cső helyezkedik el. Ezt a szerkezetet az un. 9+2 képlettel írják le. A dubletek tagjait „A” és „B” betűvel jelölik. Keresztmetszetben jól látható minden „A” tagokon két kar, melyek a következő csőpár „B” tagja felé irányulnak. A karok egy jellegzetes motorfehérjéből, a dineinből állnak.

A csillók és ostorok működésük közben változatos mozgást végeznek. Csillók esetében ez rendszerint gyors lecsapásból áll, melyet egy lassabb visszatérés követ, miközben a csilló erősen behajlik és oldalirányban kitér. Az ostorokon általában szinuszhullámok futnak végig. A mozgás molekuláris alapja az, hogy a dineinek a szomszédos csőpárokat egymáshoz képest kissé elcsúsztatják és ez eredményezi a csilló meghajlását.

A csillók jellegzetes szerkezete eredetükből következik. A ciliogenezis első lépése az, hogy a sejtközpont pericentrioláris anyagában bazális testek képződnek. Ezek a centriolumoktól morfológiailag nem különböző, apró, henger alakú testek, melyek fala 9 darab hármastagolású csőcsoportból (tripletekből) áll.

Később a bazális testek a plazmahártya alá kerülnek és ott sorokba rendeződnek úgy, hogy hossz tengelyük a membránra merőlegesen áll. Ezután minden triplet első két tagján polimerizáció indul meg: a bazális test MTOC-ként viselkedik. A növekvő mikrotubuluspárok maguk előtt tolják kifelé a plazmamembránt, így alakul ki a csilló.

Egyes differenciált, nemciklizáló sejteken megjelenhet a csilló egy specializált változata, az elsődleges csilló. Szerkezete 9+0 képlettel írható le, vagyis tengelyében nincsenek csövek és a periferiás dubleteken hiányzik a dinein, a bázisánál található bazális test a centriolum pár idősebb tagjából alakul ki. Az elsődleges csillók mozgásra képtelenek, a vizsgálatok szerint szenzoros funkciót látnak el (pl. érzékelik a környező folyadék áramlást, a környezet kémiai változásait).

2. SZÖVETTAN

OSZTÓDÓ SZÖVETEK, MERISZTÉMÁK (CSÚCS, INTERKALÁRIS, MERISZTEMOIDOK)

Megkülönböztetünk **ősmerisztémát, iniciális sejteket és merisztémát**.

- **Ős-, vagy promerisztéma:** Az embrió hajtás- és gyökértenyészképének osztódó, alig differenciálódott sejtjei. Miattuk képes a növény egész élete során növekedni.
- **Iniciális sejtek:** Ősmerisztémákhoz tartoznak, a zigótán keresztül a folytonosságot tartják fent a szülő és utód tulajdonságai között. Ők hozzák létre az ősmerisztéma sejteket.
- **Merisztémasejtek:** A differenciálódott promerisztémasejtek utódai. A kialakulóban levő szövetek képzői csoportjaik a **hisztogének**.

ELSŐDLEGES MERISZTÉMÁK

Az ősmerisztémákból differenciálódtak. 3 típusuk van:

- **Bőrszövetképző dermatogén)**
- **Alpszövetképző (peribléma)**
- **Szállítószövetképző (prelóma)**

Elsődleges továbbá a csúcsmerisztéma, mely a hajtás és gyökér elsődleges szöveteit hozza létre. Fontos elsődleges merisztéma a közbeiktatott (**interkaláris**) merisztéma, mely a hajtás szártagjainak megnyúlását és a levélhüvelyek, levélhüvelyek növekedését eredményezi.

MÁSODLAGOS MERISZTÉMÁK

A másodlagos merisztémák az érett növényi szövetek osztódásával, **dedifferenciálódásával** jönnek létre. Ilyen a másodlagos bőrszövetet létrehozó **parakambium**, a **nyalábközi** és **sebkambium**, továbbá az **egyszikűek szárvastagodásában** és a **répatest** vastagodásában is szerepet játszó kambiumok.

Az osztódó szöveteket csoportosíthatjuk a kialakított szövet alapján is:

- **bőrszövetképző**
- **szállítószövetképző**
- **alapszövetképző merisztémák**

Csoportosíthatunk helyzetük szerint is:

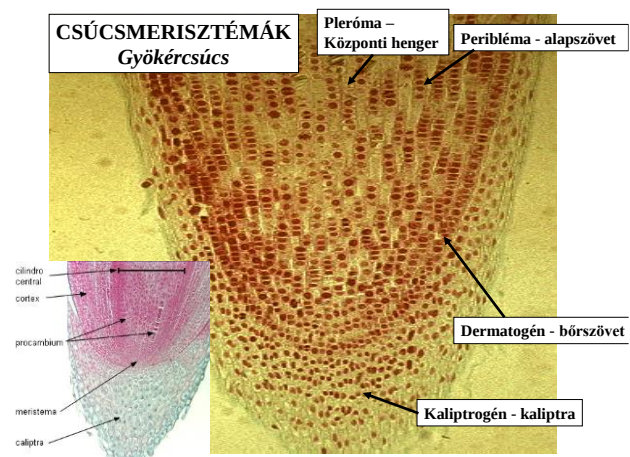
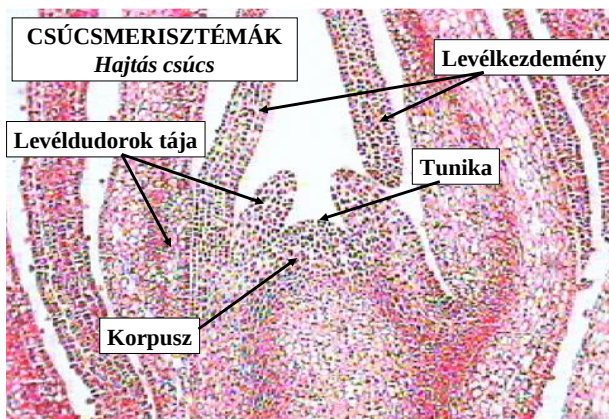
- **csúcs**
- **oldal**
- **interkaláris**
- **merisztemoidokat** különböztetünk meg

CSÚCSMERISZTÉMÁK

A mag csírázásakor a rügyecske és gyököcske osztódó szöveteinek differenciálódását teszi lehetővé. Kezdetleges formája már a harasztokban is megvan.

A nyitvatermők hajtástenyészcsúcsa többretegű osztódó sejtekből áll.

A zárvatermők hajtástenyészcsúcsának differenciálódáselmélete a **TUNIKA – KORPUSZ** elmélet. A tenyészcsúcs tetején levő sejtsor a tunika, amely osztódva gyarapítja a felszínt. Az általa létrehozott sejtek eredményezik a **protodermát**, melyből a hajtás bőrszöveve ered. A tunika alatti sejtsorozat a korpusz, mely az epidermisz kivételével a hajtás egészét alkotja. A tunikasejtek osztódása váltja ki a korpuszsejtek osztódását, az oldalhajtások a tenyészcsúcsától távol, valamely levélkezdemény hónaljában alakulnak ki, melyek intenzív osztódással új tenyészkeletet alakítanak ki.



A gyökér tenyészcsúcsának promerisztema sejtei iniciálistsejtekből differenciálódnak. A kétszikűekben **3**féle promerisztema található:

- **dermokaliptrógén**
- **kéreg**
- **központi henger promerisztemája**

A dermokaliptrógén a **bőrszövetképző dermatogént** és a **gyökérsüveget** képi.

Az egyszikűekben is háromféle promerisztema alakult ki:

- **gyökérsüveget**
- **kérget, dermatogént**
- **és központi hengert képző promerisztema**

Belőlük alakul ki aztán az epidermiszt, központi hengert képző **kaliptrógén, dermatogén, peribléma** és **preloma**.

INTERKALÁRIS MERISZTÉMA

Legismertebbek a *Poaceae* fajok szártagjaiban és levélhüvelyében vannak. Elősegítik a szalmaszár megnyúlását. Az interkaláris merisztémasejtek általában a csomók fölött, a szártagok alsó (**bazális**) részén vannak és osztódnak, az osztódás miatt a szárban rexigén sejtközötti járatok keletkeznek.

Az interkaláris merisztémák a csúcsmerisztémákból lesznek, a vegetációs időszak utolsó osztódó sejtjei, leállásukkal a szár növekedése megszűnik.

Kétszikűekben is vannak ilyen merisztémák, a tölevélrózsás növények gyors szárbaszökését eredményezi és vannak a fiatal levelekben is.

MERISZTEMOIDOK, SEBKAMBIUM

Az oldalszerveket alakítják ki. A sejtek körül osztódásgátló periféria van, mely csak rügyvesztéskor tűnik el.

Másodlagos osztódó szövet a sebkambium is, mely parásodott falú sejteket képez a sérüléseken. Az oltás, szemzés technikája is a sebkambium miatt valósulhat meg.

ALAPSZÖVET RENDSZEREK

A bőr- és szállítószövetekbe nem tartozó részek. A gyökérben a **periblémából**, a hajtásban az **alapmerisztémából** képződik. Lágyszárúakban hozzájárul a szilárdításához. A hervadás az alapszöveti sejtek vízvesztésével magyarázható.

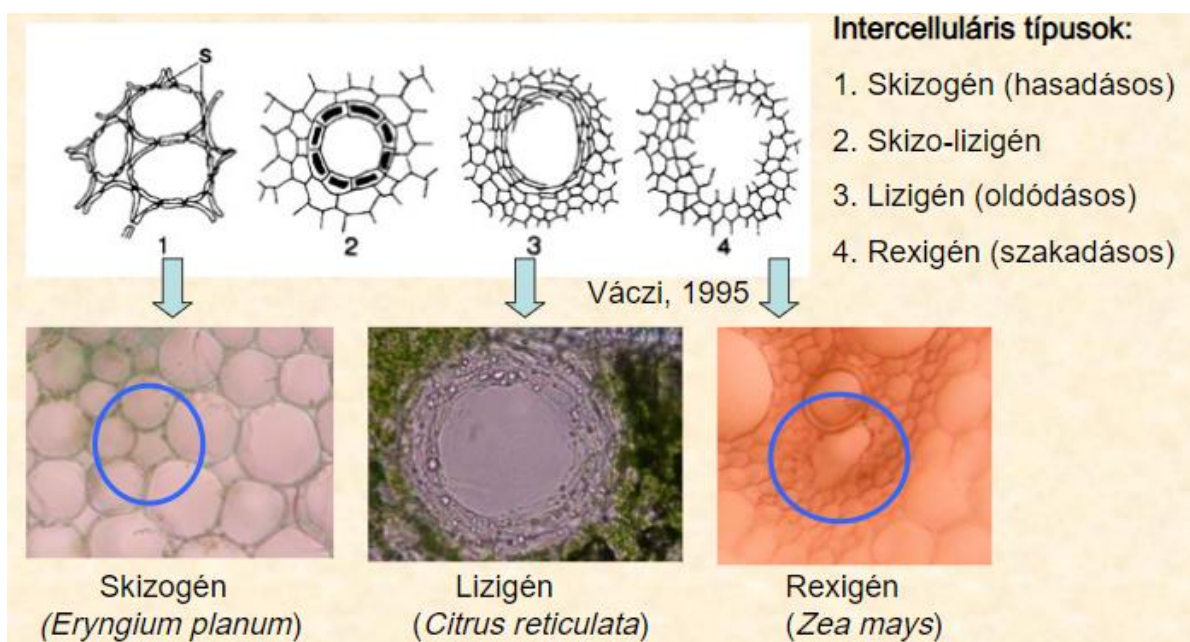
VALÓDI ALAPSZÖVETEK

Vékony sejtfal, élők, plazmát tartalmaznak. Parenchimasejtek szoros kapcsolatai alkotják. Jól regenerálódnak. Sebzéskor bennük sebkambium fejlődik. Alapszövet alkotja a levél mezofillumának, gyökér és szár kéregrészenek, módosult szerveknek, kétszikűek sziklevelének, magvak endospermiumának fő tömegét.

A parenchimasejtek közti kapcsolatban nagy szerepe van a pektinrétegnek, ha a pektin víz hatására megduzzad, a sejtek alkotta szövet lazábbá válik, esetleg szétesik. Gyümölcséréskor a **pektináz** enzim bontja a pektint, a burgonya, birs főzés hatására ezért puhul meg.

Az alapszövetekre jellemzők a sejtközi (intercelluláris) járatok, melyeknek 4 alapvető típusa van :

- **szkizogén**
- **lizigén**
- **szkizolizigén**
- **rexigén intercelluláris**



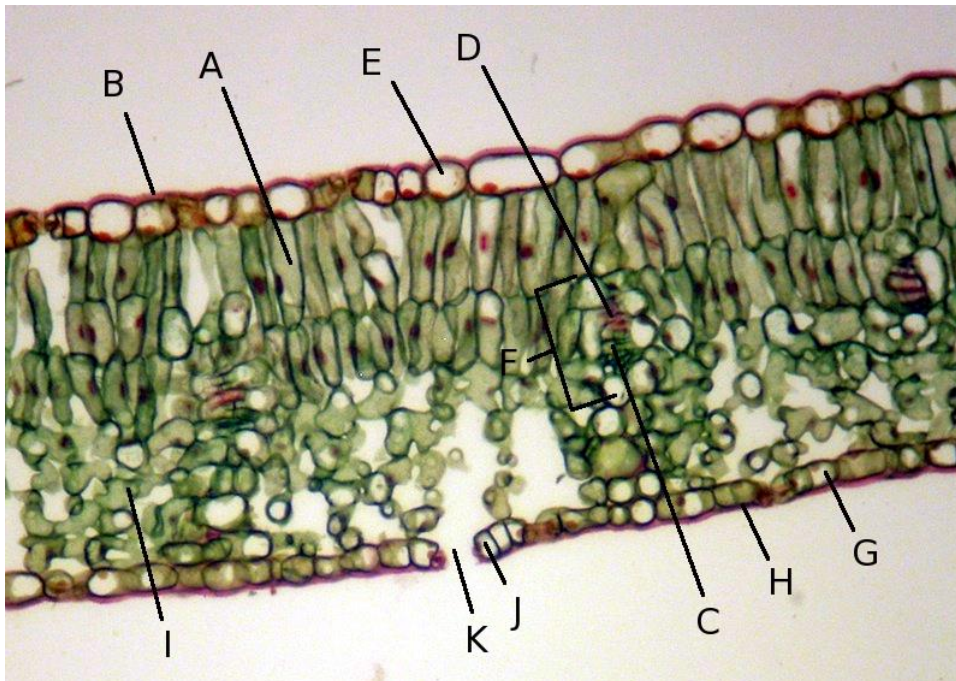
Szkizogén: Hasadással jön létre, 2 parenchimasejt sejtfala szétválik. Az üregek általában levegővel teltek, pl. a vízi növények levegőtartó alapszöve. Sokszor anyagcseretermékek (gyanta, illóolaj) halmozódnak föl benne.

Lizigén: Oldódással keletkezik. Az érintkező sejtfalak enzim hatására feloldódnak. Váladékanyagai: tejnedv, gyanta, illóolaj egybeolvad.

Szkizolizigén: Hasadással kezd kialakulni, később a körülvevő sejtek falai feloldódnak, a járat tágul. Ilyen pl. a fenyők gyantajáratai.

Rexigén: A sejtek fala az egyenlőtlen osztódás miatt kettészakad. Pl. szalmaszár

ASSZIMILÁLÓ ALAPSZÖVET



A: oszlopos parenchima, B: kutikula, C: háncsrész, D: farész, E: színi epidermisz, F: szállítónyaláb/ér, G: fonáki epiderisz, H: kutikula, I: szivacsos parenchima, J: sztóma/gázcsere nyílás zárósejt, K: légrés

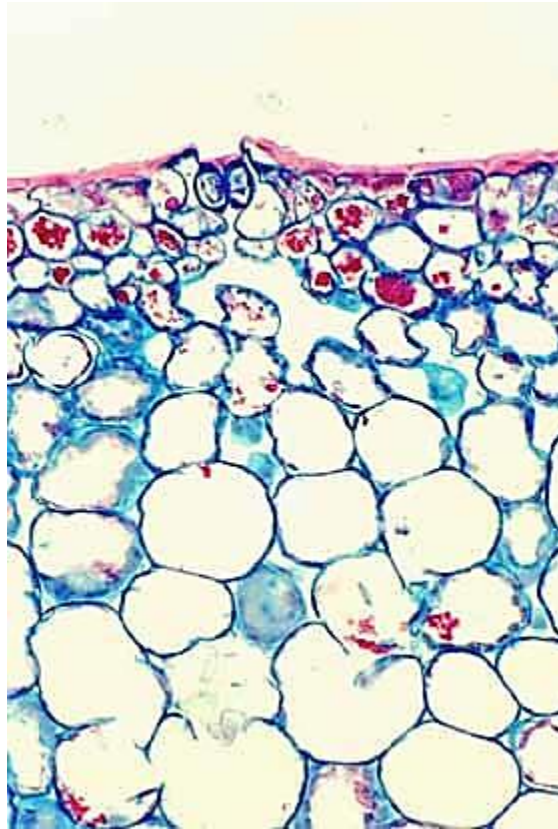
Parenchimasejtekből álló, dús plazmájú, zöld színtestet tartalmazó szövet (klórenchima). A levél mezofillumában található és a fiatal szárak epidermisz alatti rétegében. Feladata a fotoszintézis, de az asszimilálás mellett párologtat, gázcsere-t végez. Az asszimilátumok nagy részét az **oszlopos parenchima** képezi: a lomblevél színi oldalán, szorosan záródó sejtek rétege. A **szivacsos parenchima** a fonáki oldalon helyezkedik el, sok sejt közötti járat jellemzi.

RAKTÁROZÓ ALAPSZÖVET



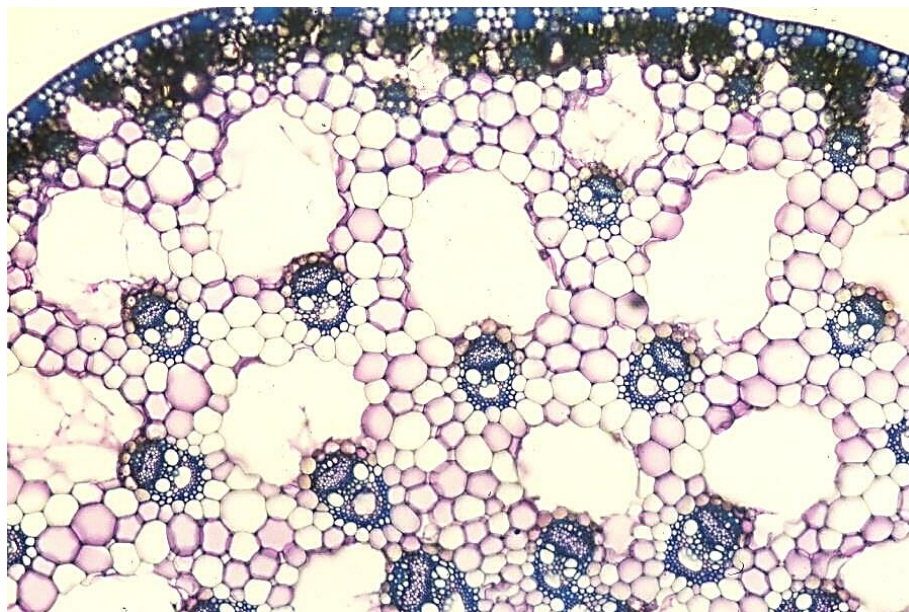
Fénytől elzárt szervekben található meg. Plasztisztaiban (főleg leukoplasztiszokban), vakuólumaiban cukrot, olajat, keményítőt, fehérjét stb... halmoz fel. Az elraktározott anyagok csírázáskor, rügyfakadáskor használódnak fel. Ilyen van a karógyökérben, répatestben, ággumóban, hagymában, termésekben, magvakban. Gyakori raktározóhely a kéregállomány és a bélszövet.

VÍZTARTÓ ALAPSZÖVET



Szárazságtűrő növényekben olyan szövet, mely a víz tárolását biztosítja vakuólumaiban (vízmegkötő nyálka segítségével). Pl.: kaktuszok, kövirózsa.

ÁTSZELLŐZTETŐ ALAPSZÖVET



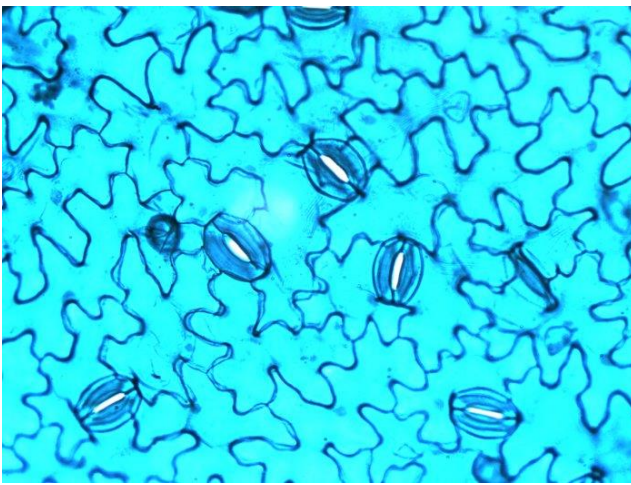
Hasadással kialakuló nagy, levegővel telt sejtközötti járatokkal (intercelluláris), melyek skizogén, illetve rexigén úton jöttek létre. A vízi, mocsári növények víz alatti szerveiben a gázcserét tartja fenn.

ELSŐ-, MÁSOD-, HARMADLAGOS BŐRSZÖVETRENDSZEREK

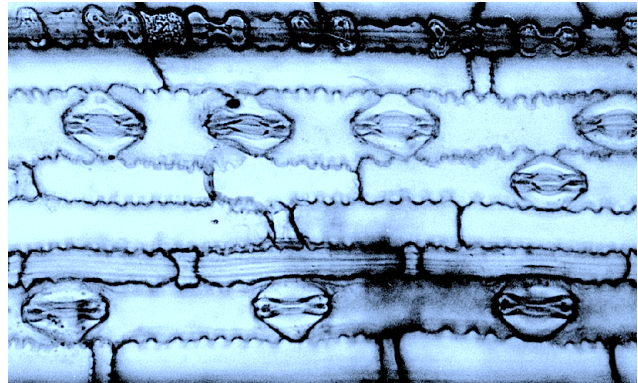
A bőrszövetrendszerek anövény felszínén találhatók, annak védelmét szolgálja, továbbá összekapcsolja azt a környezettel.

ELSŐDLEGES BŐRSZÖVETEK

A fiatal hajtás felszínén a **protodermából** származik (**epidermisz**). Feladatai a gázcsere, párologtatás, védelem. Véd az UV sugárzástól, vízvesztéstől, parazitáktól. Tárolhat anyagszertermékeket, kiválaszthat, bizonyos sejtjei fotoszintetizálhatnak is (sztómák). Ha a protoderma sejtjei csak a felszínnel merőlegesen osztódnak egyrétegű, ha a felszínnel párhuzamosan is, többretegű epidermisz lesz.



Kétszikű epidermisz



Egyszikű epidermisz



Bulliform sejtek (*Zea mays*)

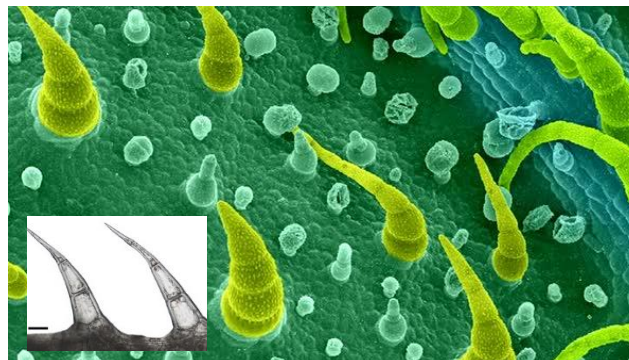
A sejtek felszínei hullámosak, köztük intercellulárisok nincsenek, szorosan illeszkednek egymáshoz. A sztómák kivételével zöld színtesteket sejtjei nem tartalmaznak. A Poaceae fajokban hosszúsejtek és rövidsejtek (fedőszőr) alkotják, melyek közé kova és parasejtek illeszkednek. A családra jellemző az ún. **könyöksejtek (bulliform)** jelenléte, melyek aszály idején csökkentik a turgorukat, melynek hatására a levéllemez besodródik, ezzel csökkentve a párologtatást.

Az epidermisz védőfunkciójában szerepet játszik sejtfalainak **kutin** tartalma. A **kutikularéteg** nagyon ellenálló, csökkenti a vízvesztést és véd a mikroorganizmusokkal szemben. Sokszor található a bőrön viaszréteg is.

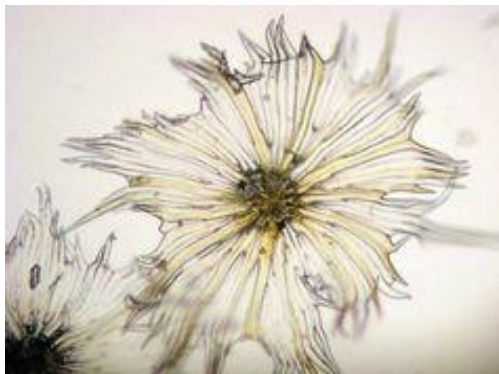
SZŐRKÉPLETEK



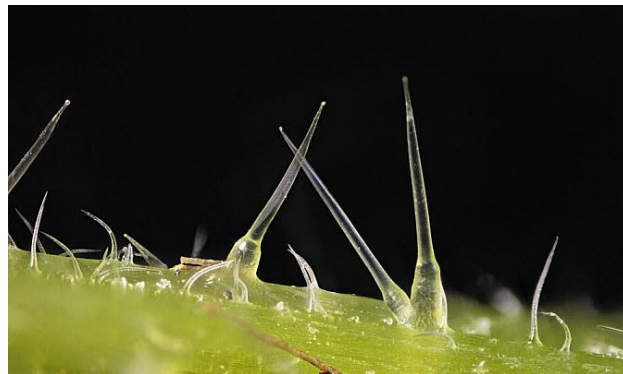
Mirigyszőr (*Phaseolus vulgaris*)



Fedőszőr (*Salvia divinorum*)



Pikkelyszőr (*Elaeagnus angustifolia*)



Csalánszőr (Emergencia I.) (*Urtica dioica*)



Papilla (*Rosa sp.*)



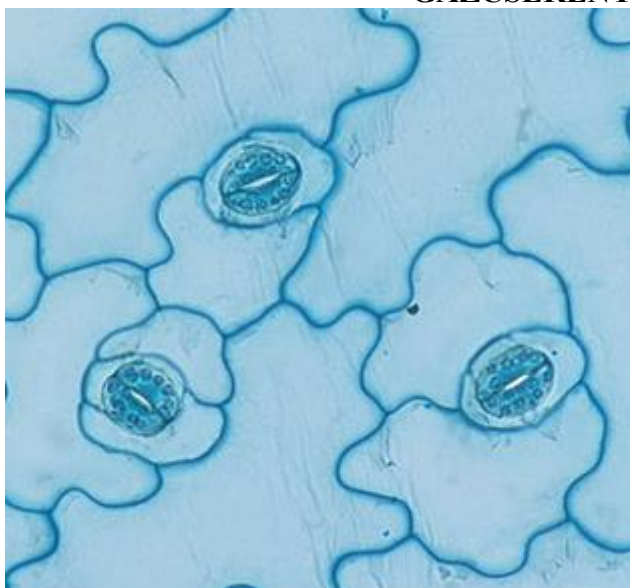
Emergencia II. (*Rosa sp.*)

Az epidermiszen gyakran vannak szőrképletek (**trichóma**). A szőrsejtek lehetnek levegőt tartalmazó **fedőszőrök**, plazmát és kiválasztási terméket tartalmazó **mirigyszőr** (ez váladékot termel és választ ki), a kiválasztott anyag lehet nyálka, mézga, sav, cukor.

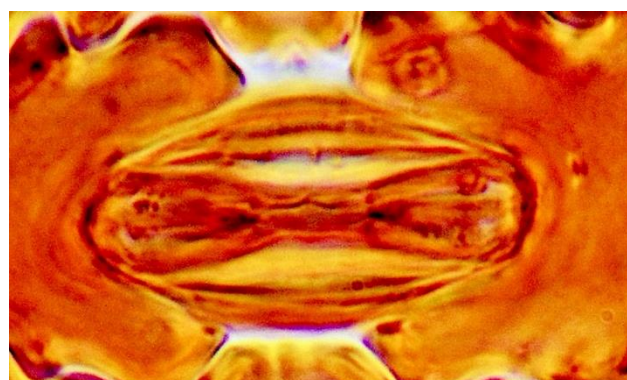
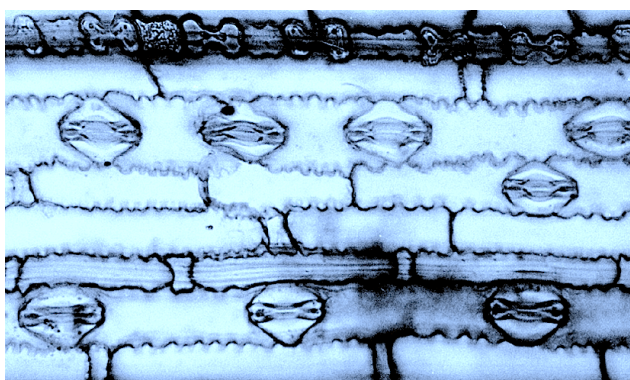
A **papilla** kitüremkedés, a szirmok bársonyosságát okozza. Fedőszőr lehet egyszerű, elágazó, csillag, pikkely alakú.

Az **emergenciák** képzésében, a szőrökkel ellentétben, nemcsak a bőrszöveti sejtek, hanem az alattuk húzódó sejtrétegek is közreműködnek. Emergencia pl. a rózsafélékre jellemző tüske és a csalánszőr is. A **csalánszőr** epidermisz alatti bazális része alatta lévő szövetből származik, nyaki része pedig fejecskében végződik, mely mész és kovatartalma miatt könnyen letörik és a felszínre jutó **acetilkolin** viszketést okoz. Magvakon, terméséken gyakori a **repítőszőr**, **kapaszkodószőr** (bogáncs). Az epidermisz ingereket is felfoghat érző és felszívószőreivel.

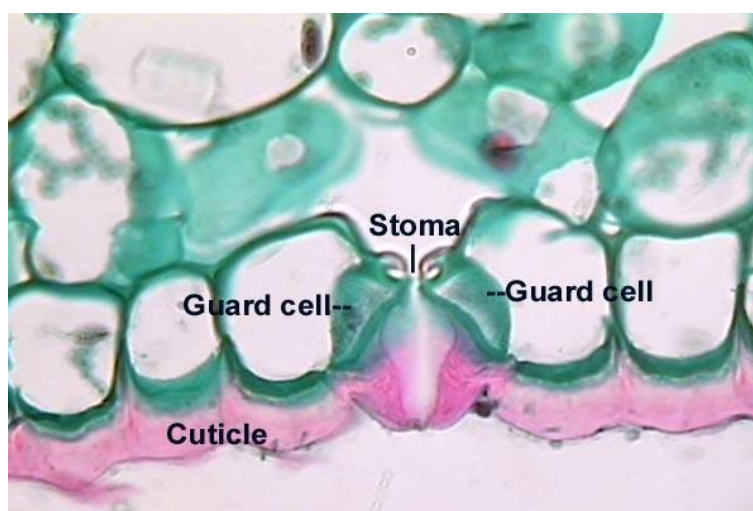
GÁZCSERENYÍLÁS/SZTÓMA



Kétszikű sztóma



Egyszikű (Poaceae) sztóma



Stoma: gázcsere nyílás, Guard cell: melléksejt, Cuticule: kutikula

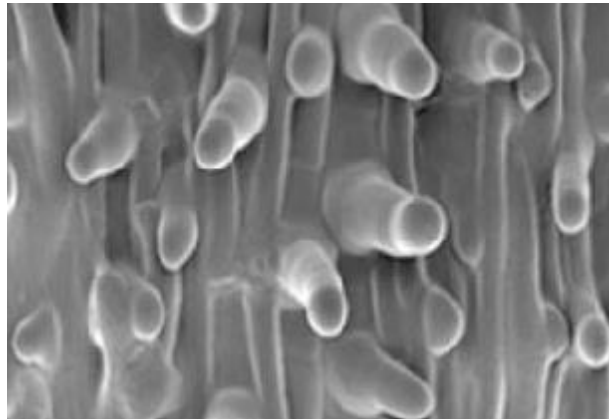
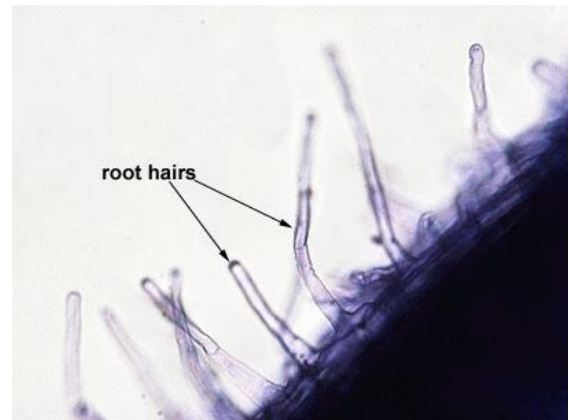
Az epidermisz gázcserét is végez sztómái segítségével. A sztómák **sztómaanyasejtekből** képződnek, melyek kettéosztódva 2 zárósejtet alkotnak, melyek között skizogén intercelluláris járat keletkezik hasadással.

Sztómák a fonákon vannak általában, vannak szintbeli **mezofiton**, süllyedő **xerofiton** és kiemelkedő **hidatofiton** fajtái. A xerofitont kutikula borítja, mely csökkenti a párologtatást.

A sztóma zárósejtje bab alakú, turgor növekedésekor hasi oldala megnő és a légzés kinyílik. A *Poaceae* sztómákban a piskóta/súlyzó alakú zárósejtek végei duzzadnak meg.

Az epidermisz vizet is ki tud választani módosult gázcsere nyílásain a **hidatódákon** keresztül, a vizet a gyökérnyomás löki ki (**guttáció**) - ezek a nyílások nem képesek nyitás–zárássra. A víz a levél legkisebb nyalábjából, a sejtközzötti járatokon keresztül, a hidatódákhoz kapcsolódó **epitémsejtek** segítségével jut a felszínre.

EPIBLÉMA

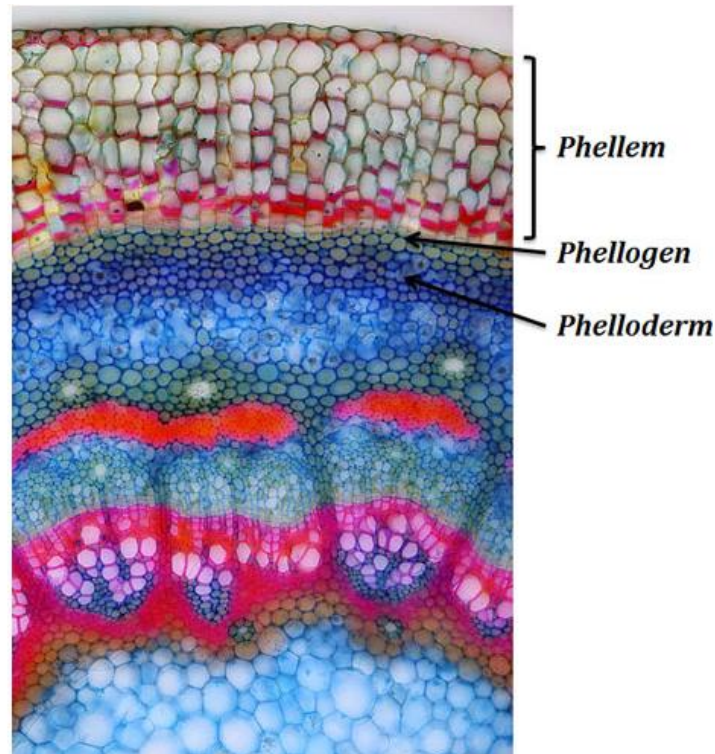


A fiatal gyökér elsődleges bőrszövege az **epibléma**. Feladata a víz és ionok felszívása. Sejtfalai vékonyak, rajta nem alakul ki viasz, vagy kutikularéteg, sztómát nem tartalmaz.

Képződményei az epiblémas sejtek kitüremkedésével képződő gyökérszőrők, melyek sejtjei dús citoplazmájú, nagy vakuólumú, a csúcs közelében nagy sejtmagvúak. A gyökérszőröket fejlesztő epiblémas sejtek a **trichoblastok**. Hosszuk 0,08 – 1,5 mm. Egy mm² felületen 200 – 500 szőr is található.

Az elpusztuló szőrök leválnak, és az elsődleges kérek legkülső sejtjei az **exodermisz** kerül felszínre, majd másodlagos vastagodáskor kialakul a másodlagos bőrszövet a **periderma**.

MÁSODLAGOS BŐRSZÖVETEK (PERIDERMA)



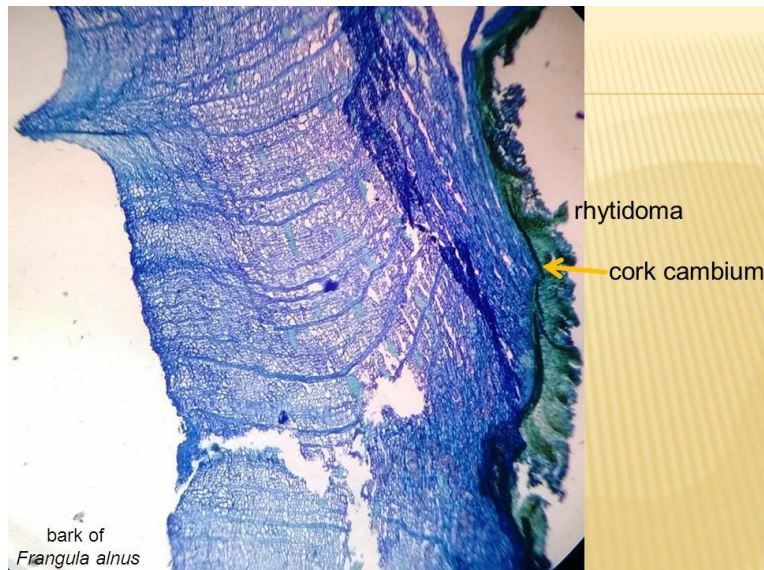
Másodlagos vastagodáskor az elsődleges bőrszövet elszakad, a szakadás helyén a sebhormonok hatására merisztémaképződés indul. A kialakuló másodlagos merisztéma, a **parakambium** kifelé **paraszövetet (fello)** - (paraziták elleni védelem), befelé **paraalapszövetet (felloderma)** alkot. Ez az egész a **periderma**.

Ha a paratartalmú szövetek közé para nélküli sejtsorok épülnek be, **polidermáról** beszélünk.

A fello téglalap alakú sejtjei jól illeszkednek, ezért jó hőszigetelők, továbbá kis mértékben engedik át a levegőt és a vizet. Esetenként a peridermán **paraszemölcsök** jönnek létre úgy, hogy a sztómáknál a fello szétszakad és **töltősejtek** jönnek létre, melyek sejtfalai parát nem, csak cellulózt tartalmaznak. A szemölcsök szerepe a kapcsolattartás a belső szervek és a külvilág között.

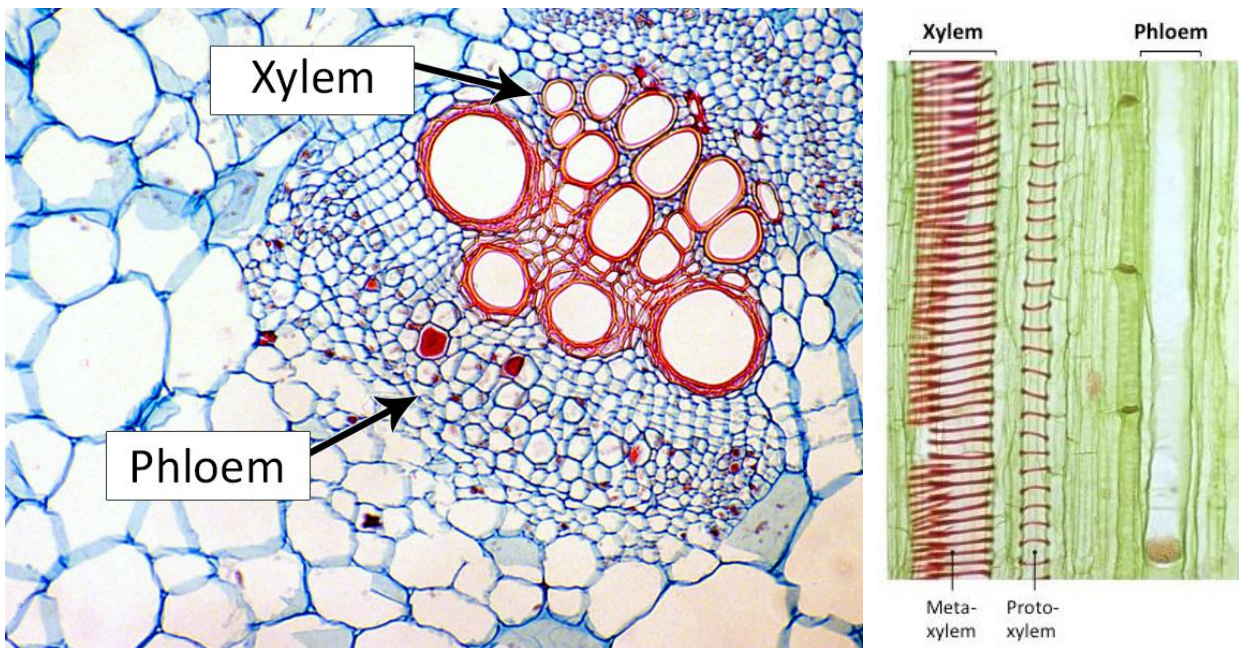
Egyszikűekben nincs periderma!

HARMADLAGOS BŐRSZÖVETEK



A szár, gyökér további vastagodásánál a periderma megszakad, a kéreg lekopik, a parakambium a háncsrészben alakul ki, a hánccselemek is megjelennek a bőrszövetben és kialakul a harmadlagos bőrszövet a **rhitidóma**. A rhitidoma az élő fákra jellemző, kéregként jelenik meg, mely megrepedezik és leválik. A leválást a **felloid** nevű parenchimaréteg okozza.

SZÁLLÍTÓSZÖVETRENDSZER



Xylem: farész, Phloem: háncsrész

Szállításra módosult szövetek először a barnamoszatokban jelentek meg, a mohákban a szállítósejtek kötegeket alkotnak.

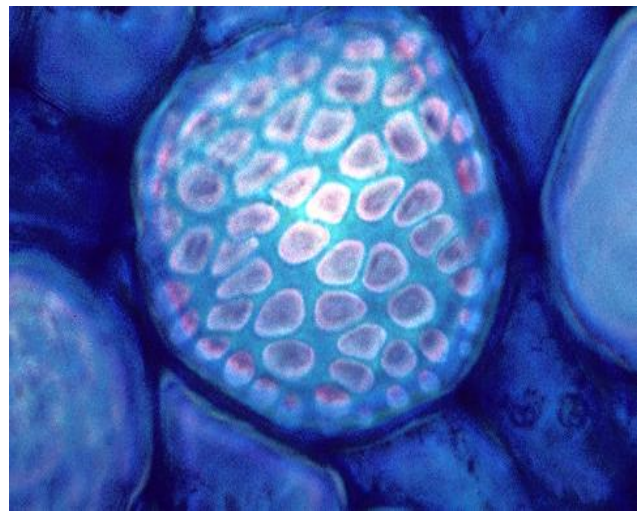
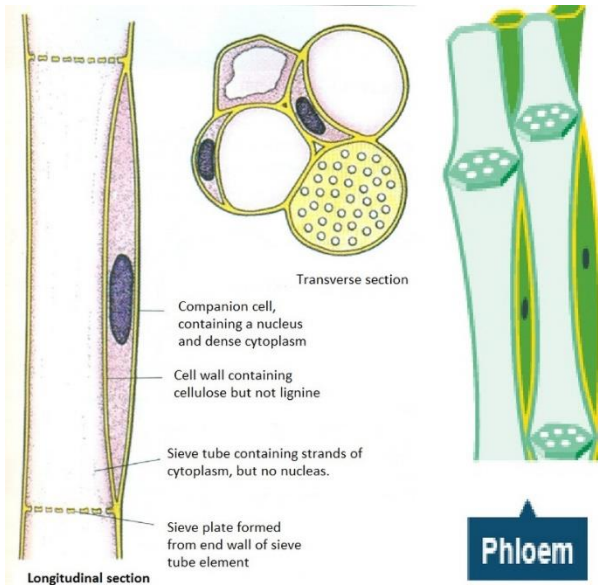
A szállítószövetrendszer alkotói a szállítás irányába megnyúltak, az egymás fölötti sejtek harántfalai ferdek, egymással szorosan illeszkednek.

Az anyagok a **farészben (xilém)** a kisebb vízpotenciál irányába mozognak, a **floém**ben (**háncs**) a felhasználás helye szabja meg az áramlás irányát. A xilém és floém edénynyalábokat alkotnak. A farész sejtfalai plazma nélküliek. A farész sejtfa vastagodott, a cellulózzrétegekbe lignin faanyag ágyazódik, mely csökkenti a fal vízáteresztő képességét.

FLOÉM - HÁNCSRÉSZ

Asszimilátumokat szállít. A prokambiumból primer floémelemek fejlődnek, ilyen van például az egyszikűekben és a másodlagos vastagodásra nem képes kétszikűekben. A fiatal növények megnyúlt hánccsejteinek harántfalai kis idő múlva feloldódnak, először a **protofloém**, majd a **metafloém** elemek differenciálódnak. Az asszimilátumokat a metafloém szállítja. A másodlagos hánccse a kambiumból fejlődik. A vegetáció végére a hánccse szállítóelemei eltömődnek és hánccserostok képződnek. December elejére a sejtek plazmatartalma degenerálódik és megkezdődik a nyugalmi időszak.

A HÁNCSEJTES ELEMELI



ROSTASEJTEK: A harasztok és nyitvatermők hánccselemei, de a zárvatermőknél is előfordul. Megnyúlt, plazmatartalmú sejtek, feloldódik a sejtmag, eltűnik a tonoplaszt és kialakul a **mixoplazma**. Az ER a sejtfal mellett húzódik.

ROSTACSŐ: A zárvatermők elemei. Több sejt fúziójával alakul ki, végfalai **rostalemezt** alkotnak. Idősebb korban a lemezre *kallóz* rakódhat le, eltömve azt. A lemezeknek nagy pórusai vannak és 1-3 évig működnek.

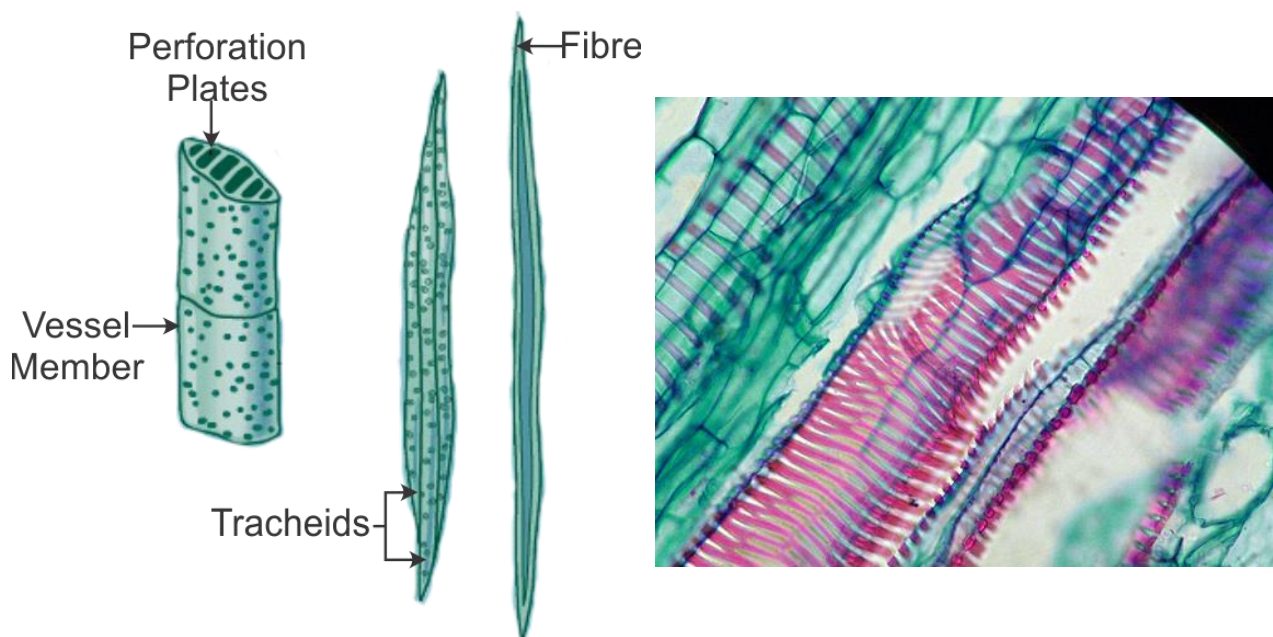
KISÉRŐSEJTEK: A rostacső mellett vannak, nyitvatermőkben nincs, helyettük parenchimasejtek működnek.

HÁNCSPARENCHIMA: Vékony sejtfalú, élő plazmatartalmú, szállító és raktározósejt.

HÁNCSSROST: A hánccsész szilárdító eleme, sejtjei nyúltak, vastag falúak.

KAMBIFORM SEJT: Hosszú, rost alakú, de vékony falú hánccselem.

XILÉM – FARÉSZ



Feladatai a víz és ásványianyag szállítás, szilárdítás, raktározás. Elemei a prokambium és kambium belső oldalán keletkeznek. A prokambiumból elsődleges, a kambiumból másodlagos xilemelemek fűződnek le.

A FARÉSZ SEJTES ELEMEI

TRACHEIDÁK: A farész vízszállító sejtjei. Hosszú, ferde harántfalaikkal egymásba nyúló sejtek. Sejtfaluk lehet gyűrűs, spirális, hálózatos, gödörkés. Plazmájuk felszívódott.

TRACHEÁK: Vízszállító csövek, több sejt harántfalának felszívódásával jönnek létre. Zárwatermőkre jellemzők, átmérő 0.05 – 0.08 mm, hosszuk változó. Jellemző a gyűrűs és spirális sejtfalvastagodás. Idővel gyanta, keményítő, kristályok halmozódnak fel benne. Sejtfalukat festék, vagy cseranyagok konzerválják.

FAPARENCHIMA: A xilém plazmatartalmú, vékony sejtfalú eleme. Funkciói a szállítás és raktározás. A kambium bélsugár iniciálisaiból képződik.

FAROST: Megnyúlt, vastag falú elemek, feladatuk a szilárdítás.

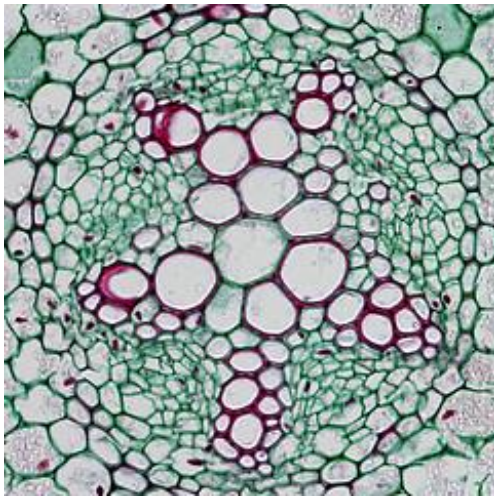
EGYÉB ALKOTÓK: Rosttracheidák (vastag falú tracheida), rekeszes rost, pótlórost

A SZÁLLITÓPÁLYÁK TIPUSAI

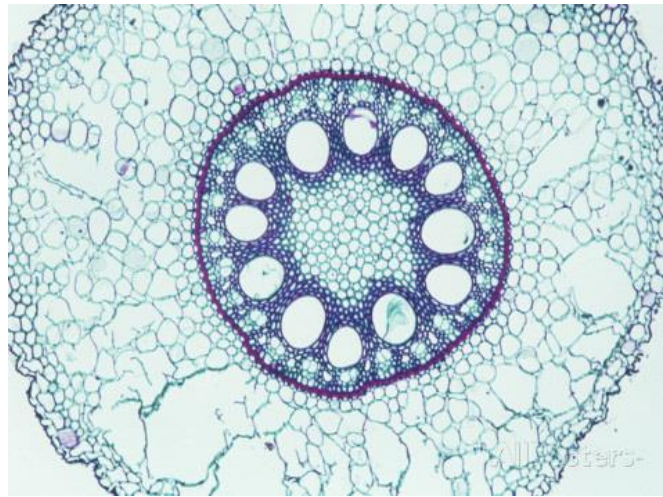
A pályák rostokat nem tartalmazó része a **hadrom**, rostmentes része a **leptom**. A farostokat tartalmazó részeket xilémnek, a háncrestokat tartalmazókat floémnek nevezzük. A szállítószövet gyakran **hengerpalástot** alkot. A kambiumok befelé faelemeket, kifelé hánccselemeket alkotnak. Sokszor a prokambium a pályákat kötegekben, edénynyalábokban fűzi le.

EGYSZERŰ SZÁLLITÓNYALÁB

A fa és hánccsnyaláb külön alkot kötegeket. Kétszikűek gyökerét a kevés hánccs-, és fanyaláb jellemzi (2-4 db); **oligarch sztéle**). Az egyszikűeknél a sok nyaláb a jellemző (5-), **poliarch a sztéle**. Általában elrendeződése sugarasan szimmetrikus.



Egyszerű szállító nyaláb - Kétszikű gyökér
(*Ranunculus* sp.)



Egyszerű szállító nyaláb - Egyszikű gyökér
(*Zea mays*)

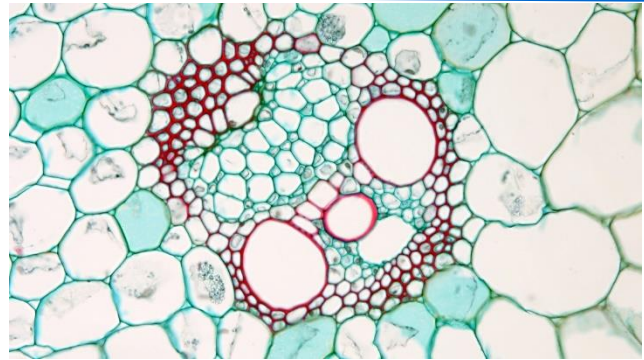
ÖSSZETETT NYALÁB

Háncs és farész egy oldalon egymással érintkezik:

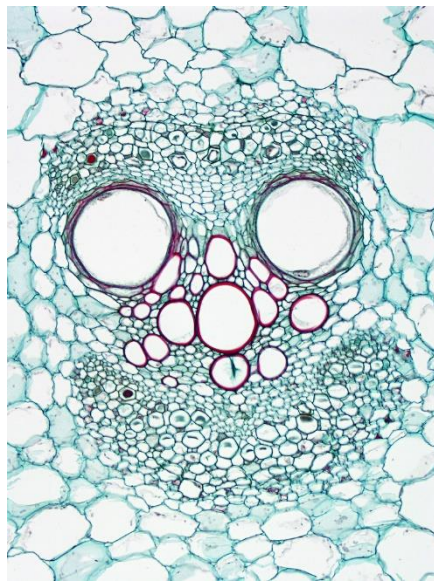
- **kollaterális nyílt nyaláb:** fa és hánccs egy oldalon érintkezik, közöttük kambium működik. A legtöbb kétszikű szárában
- **kollaterális zárt nyaláb:** fa és hánccs egy oldalon találkozik, köztük nincs működőképes kambium. Egyszikűekre, zsurlókra, másodlagos vastagodásra nem képes növényekre jellemző, esetükben gyakran szklerenchimatikus hüvely veszi körül ezen nyalábokat.
- **bikollaterális nyaláb:** oldalán hánccskötegek differenciálódnak, köztük kambium működhet. Pl.: *Cucurbitaceae*, *Solanaceae*
- **koncentrikus nyaláb:** kambium nincs, van mikor a farészt veszi körül a hánccsrész, és van amikor fordítva
- **lemezes nyaláb:** párhuzamos lemezekben váltakozva fa és hánccselemek differenciálódnak



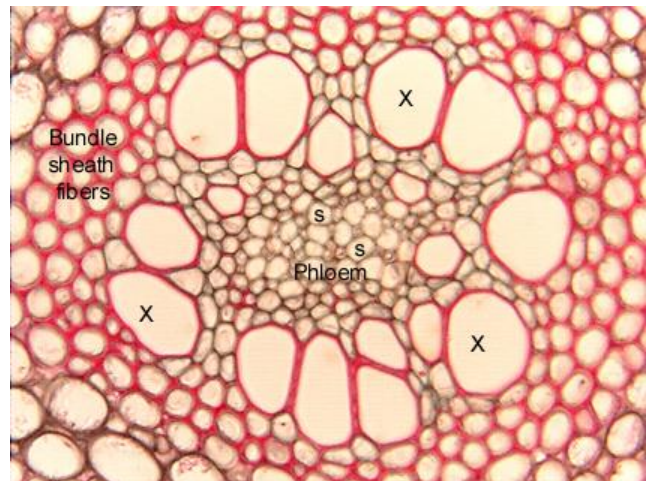
kétszikű kollaterális nyílt nyaláb



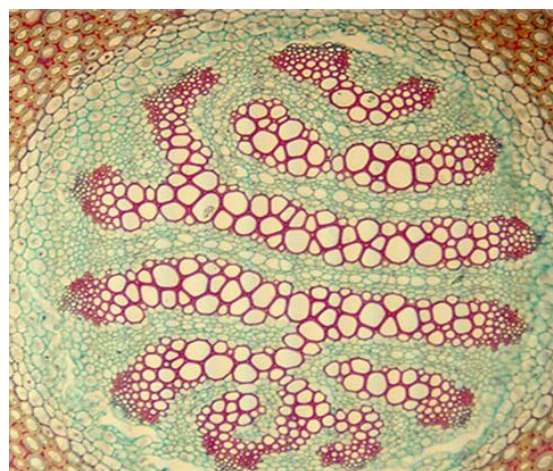
egyszikű kollaterális zárt nyaláb (*Zea mays*)



bikollaterális nyaláb (*Cucurbita pepo*)



koncentrikus nyaláb: a xilém (x) veszi körül a
háncsrészt (phloem)



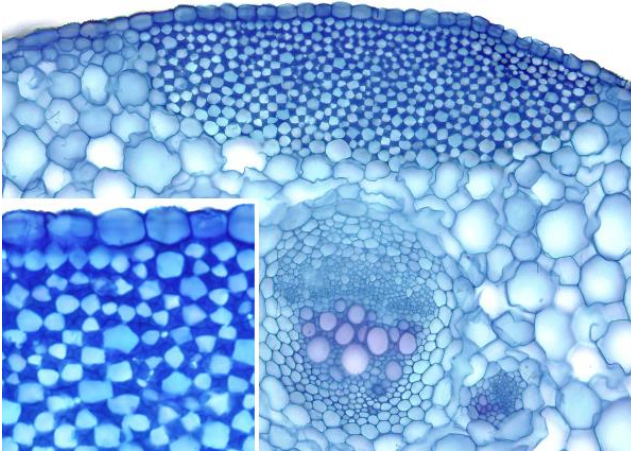
lemezes nyaláb (*Lycopodium clavatum*)

A pályákat sokszor nyalábhüvely veszi körbe, mely anyagokat közvetít, véd és szilárdít. A szilárdítás érdekében sokszor a hüvelyekhez szklerenchimakötegek kapcsolódnak. Kollaterális nyílt nyaláb körül csak félhüvely van.

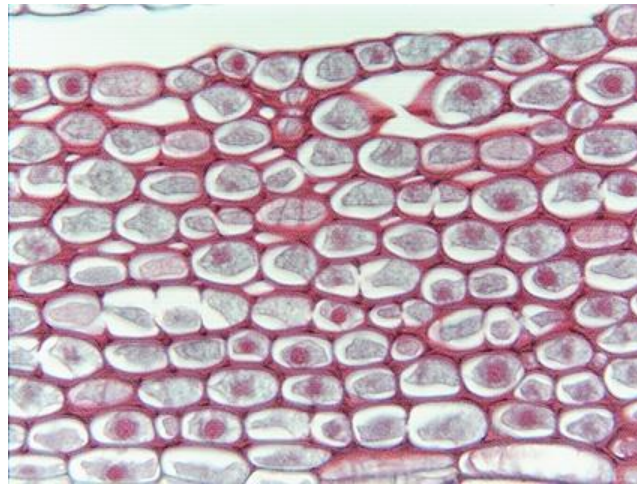
MECHANIKAI SZÖVETEK

A test szilárdságát adja, nagy a rugalmassága, ellenáll a nagymértékű turgornak. A magas fák törzsét jellemzi. A szövetet speciálisan megvastagodott sejtfalú **kollenchima** és **szklerenchimaszövet** alkotja.

KOLLENCHIMA



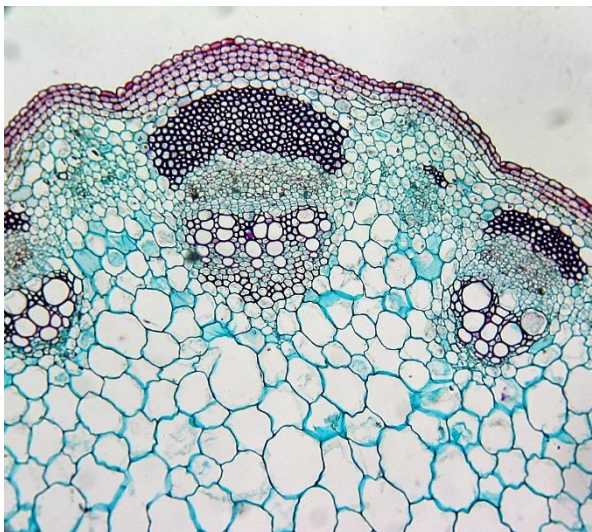
sarkos kollenchima (*Hedera helix*)



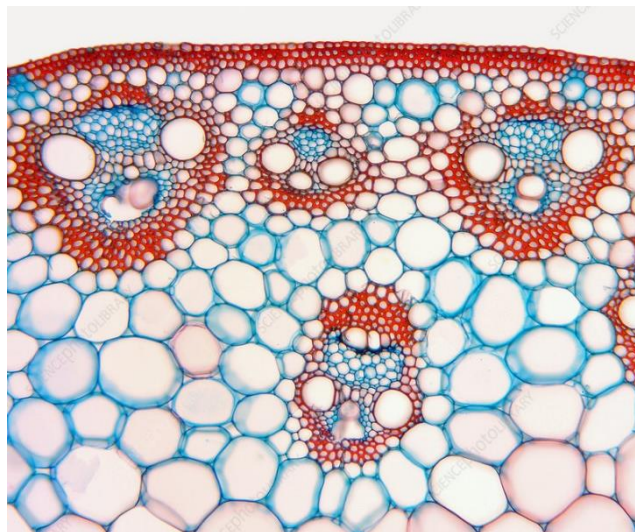
lemezes kollenchima (*Sambucus nigra*
levélnyel)

A kollenchima élő sejtekből áll, sejtjei plazmatartalmúak, jellegzetes kollenchimatikus vastagodásúak: sarkos, lemezes sejtfalvastagodás. Másodlagos gyarapodásra képes szervezetben alakul ki, több rétegben cellulóz és pektin rakódik a sejtek falára, de a sejtfal nem fásodik, így az rugalmas, hajlékony marad. Főleg a fiatal részek szilárdítója, de idősebb levelekben, nyelekben, lágyszárakban is előfordul. Két típusát különítjük el: **sarkos kollenchima**, melyben a sejtek szögletei vastagodnak, illetve **lemezes kollenchima**, ahol a sejtek felülettel párhuzamos falai vastagodnak. Altípusa a *hézagos kollenchima*, ahol a sejtek vastagodott részein skizogén intercelluláris járatok keletkeznek.

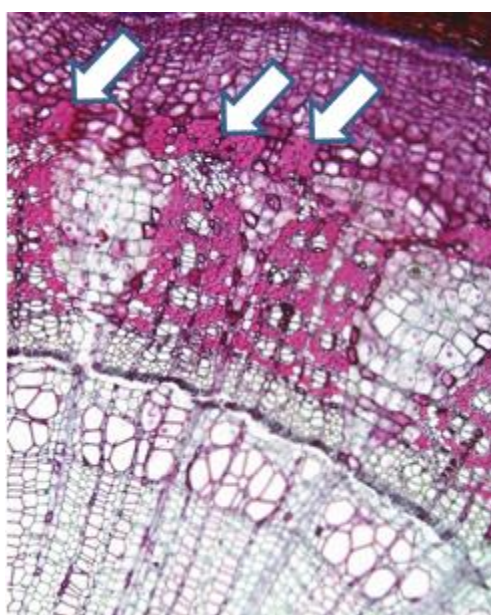
SZKLERENCHIMA



szklerenchima – kétszikű szár (*Helianthus annuus*)



szklerenchima – egyszikű szár (*Zea mays*)



szklerenchimatikus hánckorona (*Tilia cordata*)

A fejlett növényi testet szilárdítja. Vastag falú, szorosan illeszkedő sejtekből áll, melyek sejtfaala egyenletesen vastagszik, fásodik. A sejtek plazmatartalmukat elvesztve holt sejtekké válnak. Lignin tartalmú sejtfaalaival szilárdít. Sejtfaalának cellulózzrétegei közé lignin faanyag ékelődik. Rostjai orsó alakúak. A farészt **xiláris** rostok, a háncsot **extraxiláris** rostok szilárdítják.

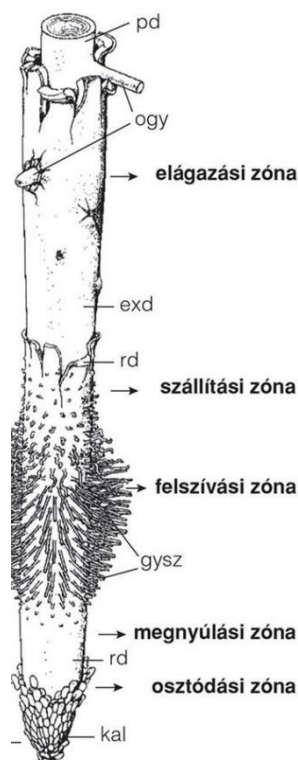
Előfordulási helyei: a bőrszövet alatt (hipoderma), szállítónyalábok körül (nyalábhüvely), szállítószövetrendszer hánca része felett (hánckorona).

A gyökérben kizárólag a bélszövetben vannak mechanikai szövetek. A szklereidák a kambiumból és a protodermából (maghéjak) differenciálódnak utólagos szklerenchimatizálódással, de néha az alapszövetből is. Néha a parenchimatikus sejtek közt ún. kősejtek vannak, melyek a maghéj epidermiszének felépítői.

3. NÖVÉNYANATÓMIA – A NÖVÉNYI BELSŐ ALKAT FELÉPÍTÉSE ÉS SZERKEZETI TULAJDONSÁGAI

GYÖKÉR ELSŐDLEGES SZÖVETI FELÉPÍTÉSE

A gyökér az embrió gyököcskéjéből képződik. A hosszanti növekedésért a tenyészőcsúcs, a vastagodásért a kambium a felelős. A tenyészőcsúcsot dudormentes merisztematikus szövetek alkotják, melyet a süveg **kaliptra** véd. A kaliptrát a **dermokaliptrogén, kollumella és kaliptrogén** hozza létre.



A gyökér hosszanti tagozódása

kal: kaliptra, rd: rizodermisz, gysz: gyökérszőrök, exd: exodermisz, egy: oldalgökerek, pd: periderma

Az *osztódási zóna* csúcsán csak a kaliptras **promerisztéma** van, ennek a származéka a gyökér elsődleges szöveit képző osztódó merisztéma (**hisztogén**).

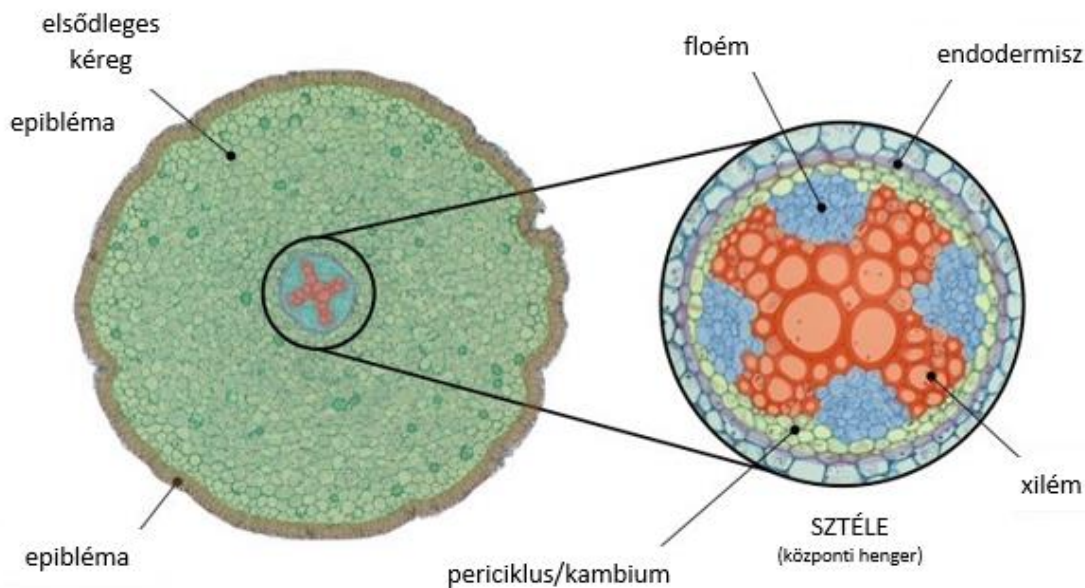
A *differentiálódási zónában* a hisztogén sejtei megnyúlnak, differenciálódnak. Kialakul a **dermatogénből az elsődleges bórszövet, a periblémából az elsődleges kéreg, a prelomából pedig a központi henger.**

A *felszívási zónában* a gyökér szőreivel vizet és ásványi anyagokat vesz fel.

A *szállítási zónában* már kialakult szállítószövetrendszer van, a vastagodás miatt az epibléma elhal, helyét az **exodermisz** veszi át.

Az *elágazási zónában* jelennek meg a gyökér oldalágai.

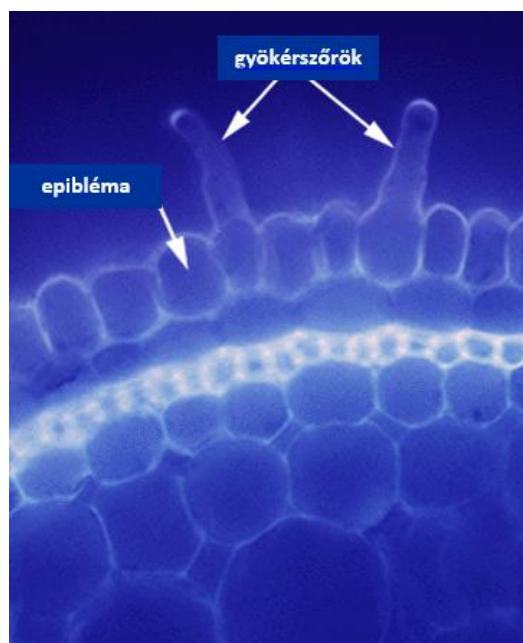
ELSŐDLEGES SZÖVETEK



A gyökércsúcs mögött három szövettípus/szövettáj található:

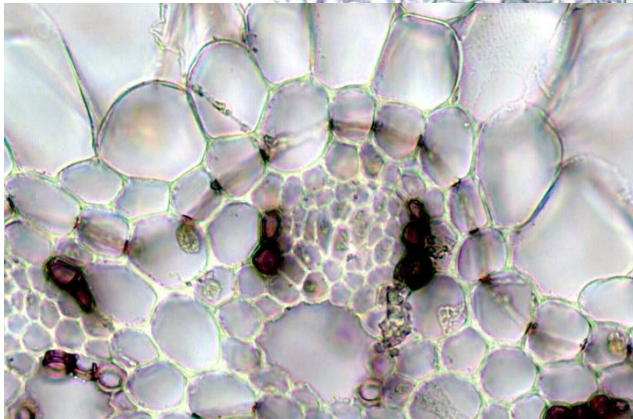
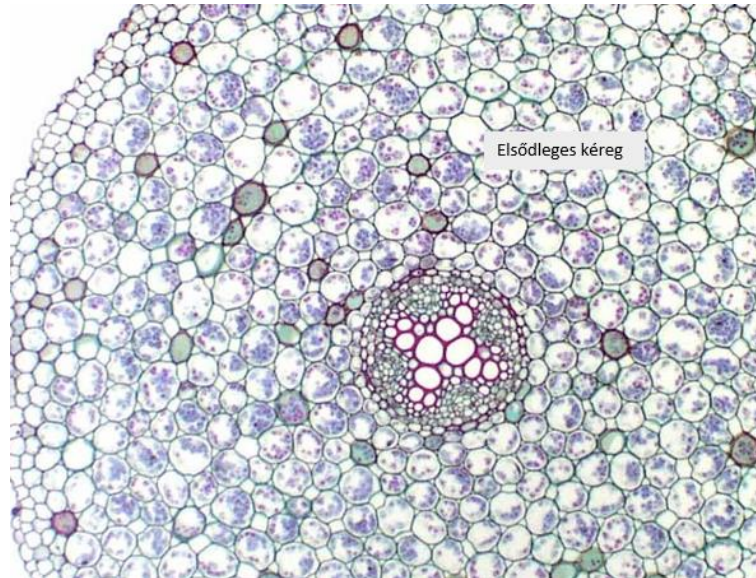
- elsődleges bőr (epibléma)
- elsődleges kéreg (primer cortex)
- központi henger (sztéle)

1. EPIBLÉMA

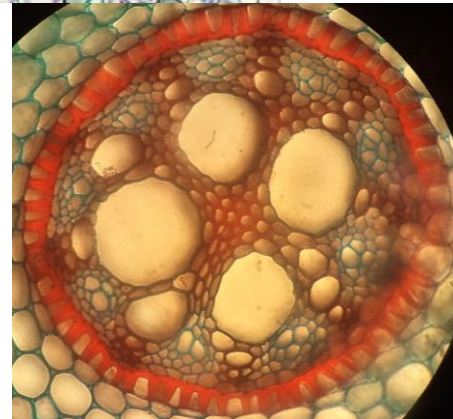


A fiatal gyökér bőrszövege. A víz és sók felvételét végzi. Sejtjei vékony falúak, kutikula nélküliek. Nagy a központi vakuólum, sok sejtnedvvel. Egyes sejtjei, a **trichoblasztok** képzik a gyökérszőröket, amik savakat, enzimeket tartalmazó váladékot termelnek és a talaj anyagait felvehetővé teszik. Ha egy növényen nincs gyökérszőrös zóna, ott gombafonalas **mikorrhiza** – szimbiózis alakul ki.

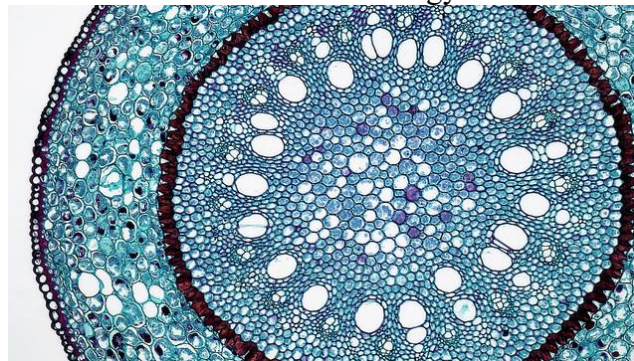
2. ELSŐDLEGES KÉREG



Caspary-csíkos/pontos endodermisz



Egyszikű endodermisz - U-alakú sejtek



Egyszikű endodermisz - U-alakú sejtek

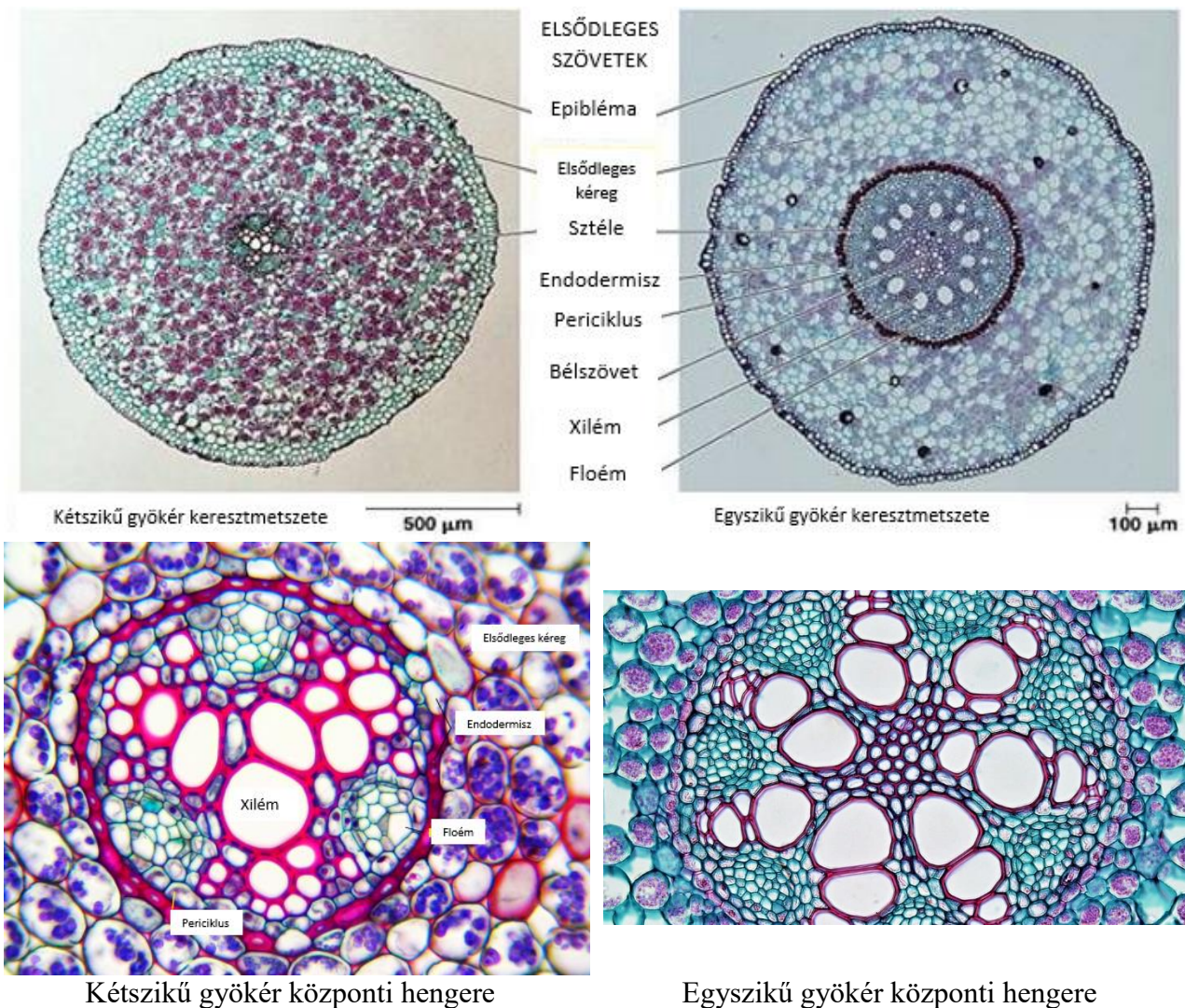
Feladata a tápanyagok felvétele és továbbítása a központi hengerbe. Három részre tagolódik:

- **exodermisz**
 - **kéregparenchima**
 - **endodermisz**
- **exodermisz:** Az epibléma alatti sejtréteg. Sejtjeinek falai kisebb mértékben elparásodhatnak. A gyökérszőrök elpusztulása után az exodermisz veszi át az epibléma védő szerepét. Itt a vízfelvétel csak az el nem parásodott sejteken át lehetséges.

- **kéregparenchima:** Sejtjei intercelluláris járatokkal kapcsolódnak egymáshoz. Leukoplasztiszokat tartalmaz, keményítőt, tejnedvet, nyálkát stb. raktározhat.
- **endodermisz:** Az elsődleges kéreg legbelső sejtsora. A kérget és a központi hengert határolja el egymástól. Nincsenek benne intercelluláris járatok, a falakba para és lignin rakódhat. **Szuberin-tartalma** megakadályozza, hogy a víz és anyagok szabadon beáramolhassanak a hengerbe. A plazmaáramlást a **szimplasztion** belül a **plazmodezmoszok** biztosítják.

Turgorcsökkenéskor az endodermisz sejtjei kisebbek, ráncosak, falaik vastagodás látszatát keltik (*Caspary-csíkos/pontos endodermisz*). Az egyszikűek sejtjeiben U – alakú megvastagodások vannak. Egyes sejtek falai lassabban vastagodnak meg, ezek az un. **áteresztősejtek**. Az endodermisz a vizet nyomással a központi hengerbe préseli.

3. KÖZPONTI HENGER

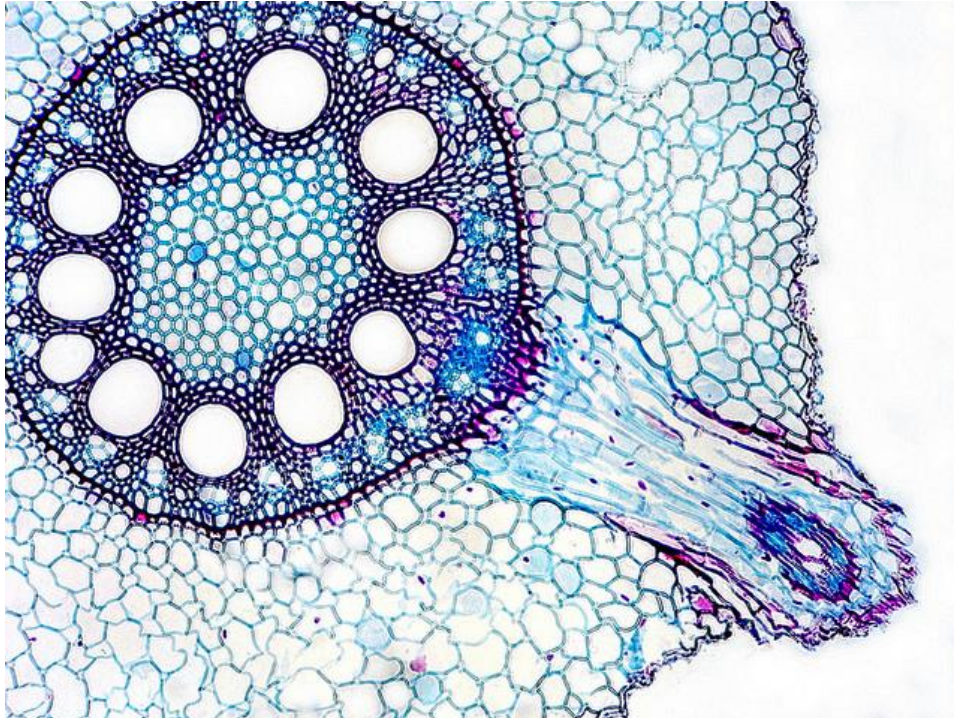


A központi hengert három szövetscsoport jellemzi:

- **perikambium**
- **alap- és**
- **szállítószövetek**

- **Perikambium:** A központi henger legküldő sejtsora. Korán állandósul, de merisztematikus jellegét hamar visszanyeri és másodlagos merisztémaként működik. Részt vesz az oldalgyökerek képzésében, a másodlagos vastagodásban és a héjkéreg létrehozásában. Az oldalgyökerek az elágazási zónában **endogén** módon keletkeznek. Az oldalgyökerek általában a *faelemek* elhelyezkedésénél keletkeznek. Oldalgyöckerképzéskor a periciklusban keletkező iniciálisokból gyökértenyészőcsúcs képződik, ami átszakítja az elsődleges kérget és az epiblmát, a merisztémák bőr, alap, és szállítószöveteket képeznek.
- **Alapszövet:** Az alapszövet a pericikluson belül található, mint bélszklerenchima mechanikai szövet létezhet. A nyalábokat parenchimatikus elsődleges **bélsugarak** választják el egymástól.
- **Szállítószövet:** A szállítószöveti elemek az alapszövetbe ágyazódnak, egyszerű fa és háncsnyalábokba rendeződnek, egymással váltakozva sugárirányban állnak. Ahány fanyaláb van annyi **sugarú** a központi henger (kétszikűek: 2-4 sugár (oligarch sztéle), egyszikűek: 5-9 fasugár van (poliarch sztéle)).

OLDALGYÖKEREK KIALAKULÁSA



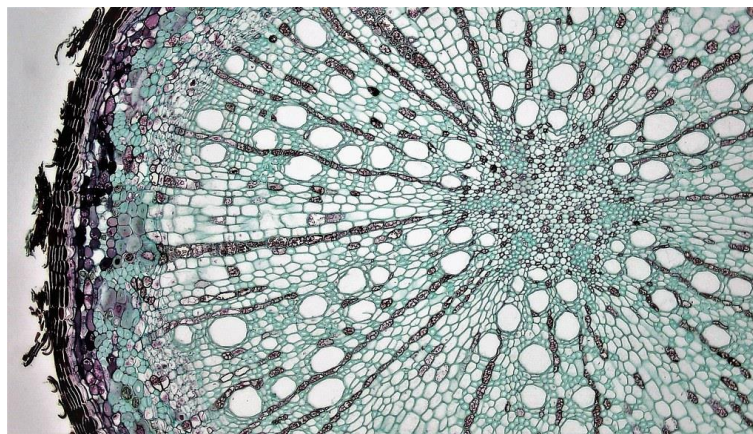
1. A periciklus a fanyaláb mellett osztódni kezd
2. Új vegetációs kúp jön létre
3. Ez az új vegetációs kúp átszakítja az elsődleges kérget
4. Oldalgyökéreként átlép az exodermiszen
5. Oldalgyökerek annyi sorban keletkeznek, ahány sugarú a sztéle/amennyi fanyaláb van a gyökér központi hengerében

A GYÖKÉR MÁSODLAGOS VASTAGODÁSA

A másodlagos vastagodással **előbb a farészek** gyarapodnak. A másodlagos vastagodás már a **felszívási** övben elkezdődik. A háncs belső oldalán a fa és háncs közti alapszövet sejtjei osztódni kezdenek, ugyanakkor a perikambium fanyalábokkal szomszédos sejtjei visszanyerik osztódóképességüket, **zárt kambiumgyűrűt** hoznak létre. Ez előbb hullámos, majd kör alakú lesz. Működése eredményezhet: homogén, heterogén, és polikambiális vastagodást.

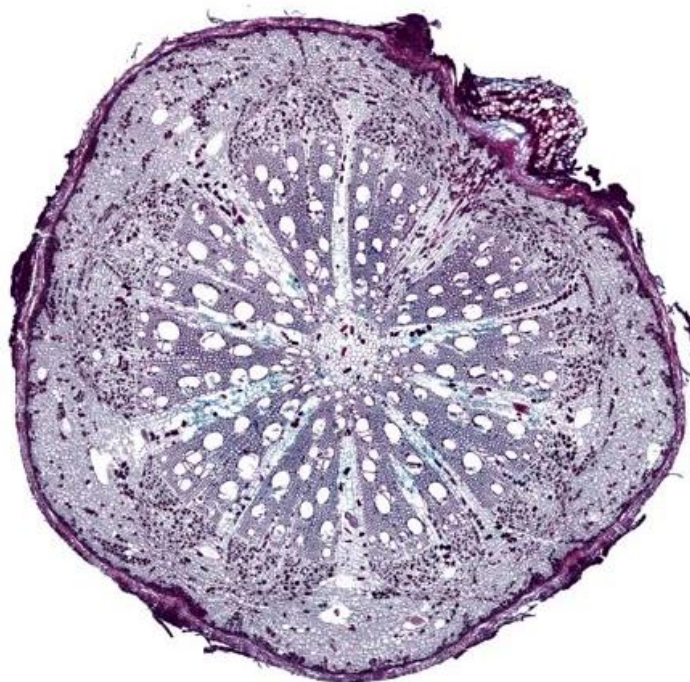
HOMOGEN VASTAGODÁS

A kambium kifelé háncs, befelé fát fűz le és azokat átszelő bélsugarakat hoz létre. A keletkező szövetek **keskeny bélsugaras, összefüggő** fa és hánccsűrűket alkotnak. **Kétszikűekre** jellemző.



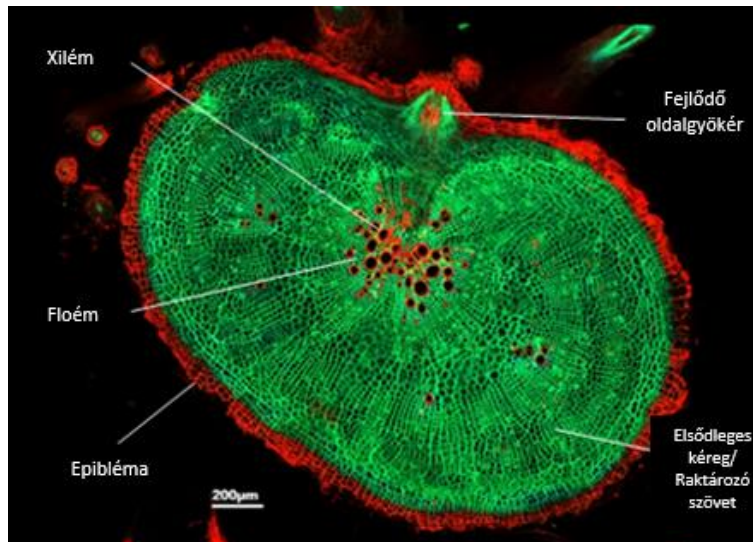
HETEROGEN VASTAGODÁS

A kambium sugaras szállítászövetet képez és csak a hánccs irányában fűz le másodlagos szállítászelemeket. Széles, többsejtsoros **bélsugár** alakul ki a szállítászövetek közt.



POLIKAMBIÁLIS VATAGODÁS

Répatetek **gyökérrészen járulékos kambiumgyűrű** okozza. Az idősebb növényekben a farészben **évgűrűk** alakulnak ki.

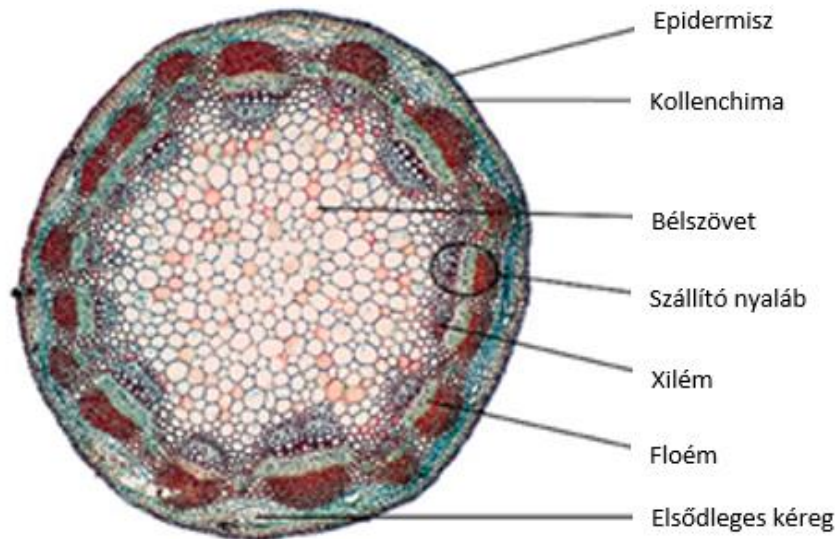


A vastagodott gyökér bőrszövege és kérge felreped, az epibléma és exodermisz helyét először másodlagos bőrszövet (**periderma**), majd harmadlagos (**rhitidóma**) veszi át.

Az **egyszikű** gyökér **nem vastagszik**, csak fásodik. Az elsődleges szövetek differenciálódnak, sejtek megnőnek, faluk vastagszik, elparásodik, fásodik.

A KÉTSZIKÚ LÁGYSZÁR SZÖVETI FELÉPÍTÉSE ÉS VASTAGODÁSA

A hajtás elsődleges szövelei az embró rügyecskejéből, vagy más hajtások tenyészkeájából jönnek létre.



A hajtástengely **elsődleges bőrszöve** az **epidermisz (1)**, általában nem hoznak létre másodlagos bőrszövetet.

Az **elsődleges kéreg (2)** epidermisz alatti sejtrétegei **klorenchimát (asszimiláló szövet)** képeznek, a bőrszövet alatti kollenchima- és szklerenchima (szilárdítószövet) **hipodermát** alkot. További részei a **kéregparenchima** (intercellulárisokban gazdag, parenchimatikus szövet, gyakran kristálytartókkal, tejszövekekkel, olajtartókkal) és a **kéreghatár** (endodermisz).

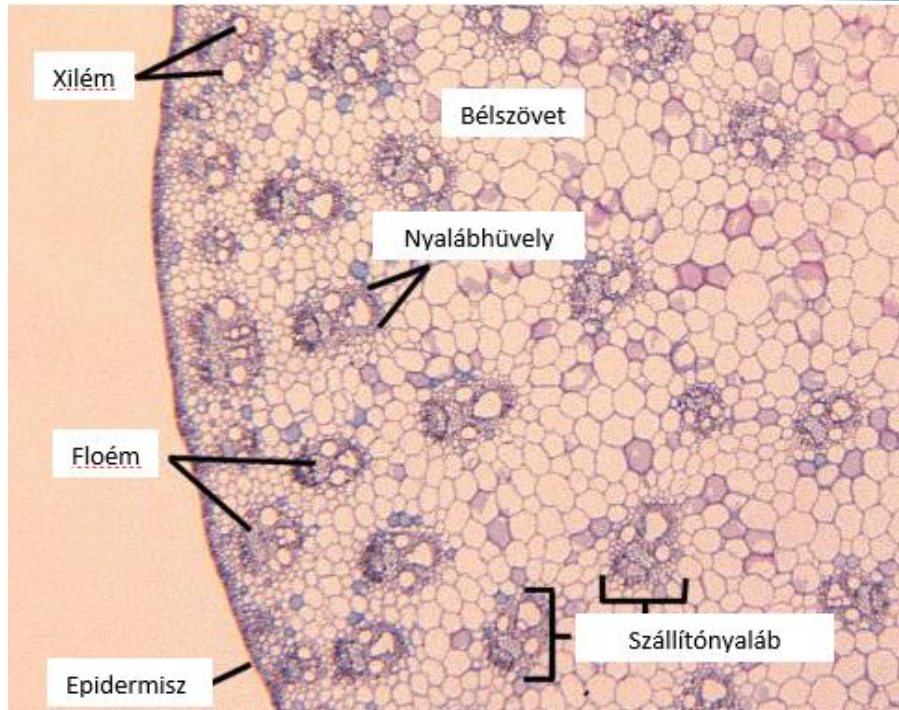
A kéreghatáron belül található a **sztéle (3)**, az alapszövettel kitöltött **központi henger**, mely nagy sejtekből álló laza szövettáj és a szár idősödésével rexigén járattá alakulhat. Legkülső rétege nélkülözhető szöveti elem, esetenként **szklerenchima gyűrű** (tök), vagy **periciklus típusú** (szőlő). A központi henger szövelei a szállítónyalábok, melyek között **bélsugár** található, mely a tápanyagok és gázok sugárirányú szállítását végzi. A szállítószövegek különálló nyalábokban vannak, vagy **palásttá** differenciálódnak. Megkülönböztetünk egy (réti boglárka), kettő (tök), és több (bojtorján) nyalábkörös szárat.

Központi henger részei: periciklus, szállítószövegek, bélszövet

A **periciklus** a sztéle külső sejtsora, belőle alakul ki a parakambium, vagy más esetben járulékos szervek fejlődnek belőle.

A **bélszövet** nagyméretű sejtekből álló szilárdítószövet, sejtjeik elvesztik plazmatartalmukat. A szállítószövegek közti része a bélsugár.

A **primer** szállítószövegek a kétszikűeknél **nyalábosak**, a tenyészkeáj prokambium kötegeiből **kollaterális nyalábok** keletkeznek; a farész ki-, a hancs befelé foglal helyet. A kétszikűekre a kollaterális- és bikollaterális **nyílt nyalábok** jellemzőek, melyben a nyalábok a szár középpontjától egyenlő távolságra vannak, a fa és hancsrészek között **fascikuláris kambium** működik.



Egyszikű szár szöveti felépítése (kollaterális zárt nyaláb)

A szállítószövetek a gyökértől a csúcsig összefüggő hálózatot alkotnak. A szár és levelek közös merisztémából szerkezeti változás nélkül fejlődnek ki. A levélbe lépő pályákat **levélnyomoknak** és nyalábjaikat **levélnyomnyaláboknak** nevezzük. A kétszikűekben a levélnyomnyalábok a felülettől azonos távolságban hengerszerűen helyezkednek el, a nóduszokban elágazás nélkül, vagy kettéágazva csatlakoznak a szár két szomszédos nyalábjához.

Kétszikűeknél a nyalábok lefutása **un. eusztéle** típusú, tehát a nyalábok hengert alkotnak, a szárnak és levélnek közös **levélnyomnyalábjai** vannak.

A fiatal gyökér fa- és háncsnyalábjai a gyökérnyakban csatlakoznak úgy, hogy a szár összetett nyalábjainak a száma kétszerese a gyökérének, mert mind a fa-, mind a háncsnyalábok elágaznak és a fél – fél nyalábok egyesülnek (tök).

A SZÁR VASTAGODÁSA

A hosszönvekedést általában vastagodás kíséri. Minden olyan merisztémát, melyből a másodlagos vastagodás elindul, **kambiumnak** nevezünk, az általa kreált szövetek másodlagosak.

A kambium középső **iniciális** sejtsora a felülettel párhuzamosan osztódni kezd két irányba, a befelé fűzött szövetek miatt egyre kijjebb kerül, közben radiális osztódásokkal saját területét is gyarapítja.

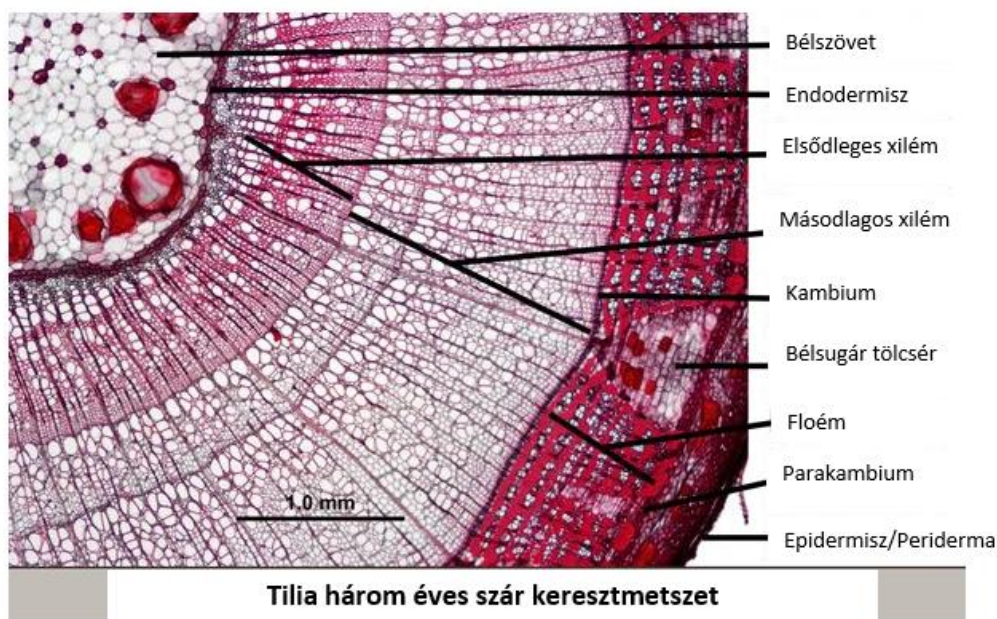
Lágyszárú áttelelésre nem képes növényekben a növés, növekedés a virágzáskor megáll.

VASTAGODÁSTÍPUSOK

A PRIMER SZÁLLÍTÓSZÖVETEK NEM NYALÁBOSAK

A FÁS SZÁR SZÖVETI FELÉPÍTÉSE ÉS VASTAGODÁSA

TILIA-TÍPUSÚ VASTAGODÁS



A fiatal szárat a prokambiumgyűrű megléte jellemzi, melyből az elsődleges fa és hancs közt összefüggő kambiumgyűrű alakul ki, ami ezt követően folyamatosan befelé fa-, kifelé hancselemeket fűz le.

Másodlagos vastagodások **eredményeképpen fatestre, hancstestre, központi belsőszövetre, belsőugarakra és héjkéregre különíthető.**

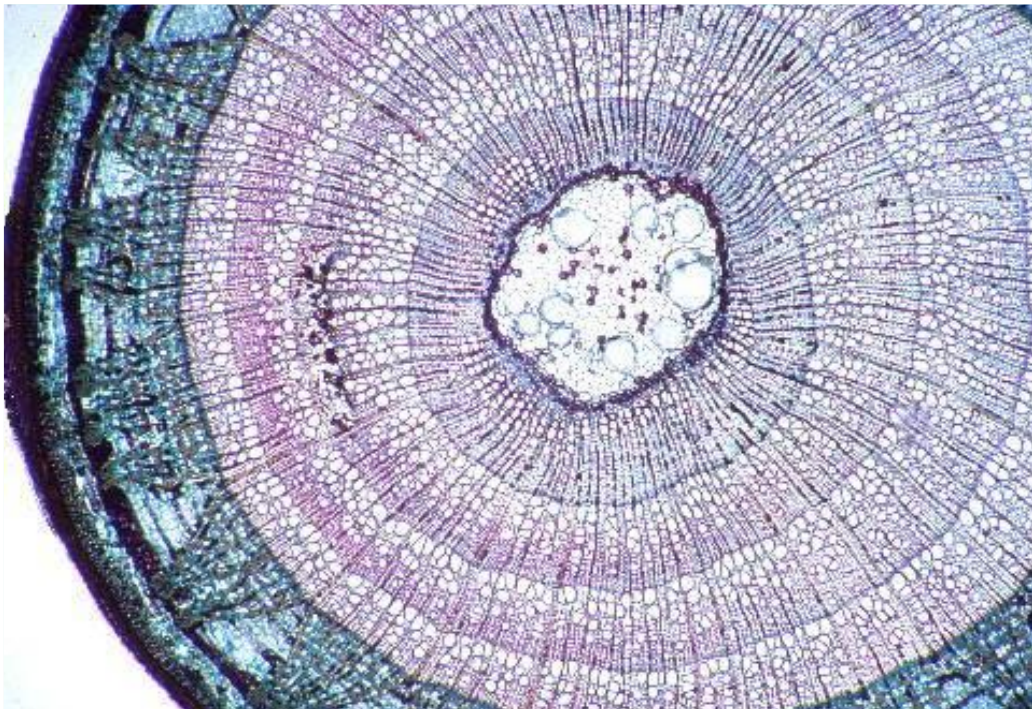
FATEST: A kambium működése a mérsékelt és hideg övben nem egyenletes, tavasszal tág, nyáron virágzáskor szűk üregű faelemeket fűz le, így évgűrűk alakulnak ki, legbelül a legöregebbek. Az évgűrűk adják a fa életkorát, felfelé haladva a gyűrűk csökkennek, a vezérhajtás mindössze egy éves. Álévgűrűk is lehetnek, ha fagy, vagy más kár miatt a fa kétszer lombosodik ki, ilyenkor egy évben két gyűrű lesz, de a határ közöttük nem olyan éles. Idősödéskor a gyűrűk egyre keskenyebbek, és ez figyelhető meg szárazsággal is.

Csak a külső gyűrűk vesznek részt a transzportban, belül gyanták, mézgák stb. töltik fel, továbbá cseranyagok színezhetik a geszt (halott) részeket. Gyakran az öreg tracheákat **tilliszek** (élő farész benövésai) dugaszolják el. Vízszállító rész a szíjács.

A farostok mennyiségét a tracheidák és sejtek falvastagsága határozza meg, a keményfákba a tracheák fala fásodott, kova és más anyagok épülnek bele (tölgy, bükk, dió , a puhafában kevés, vagy nincs is rost, a sejtfal nagy részét csak cellulóz alkotja (fenyő, gesztenye).

A nyitvatermők fatestét csak tracheidák alkotják, a bélsugarak csak 1 sejtsor szélesek, rostokat nem tartalmaznak, **homoxil fák**. Szállítási sebesség kicsi, kb 1,2 m/óra.

A zárvatermő kétszikűek fateste tracheák, tracheidák élő faparenchima és pótlórostok halmaza, szállítási sebesség 2-40 m/óra. Ezek **heteroxil fák**. Tracheák szerint vannak szórt (hárs) és gyűrűs (tölgy) likacsú fák.



HÁNCSTEST

A kambium kifelé háncselemeket fűz le. A nyitvatermőkben csak rostasejtek, a zárvatermőkben **rostacsövek és kísérősejtek** is szállítják az asszimilátumokat. A háncs differenciálódása tavasztól – júniusig tart. Elemei 1, maximum 2 évig működnek, majd kallóz tömi el őket.

Évgyűrűi nem válnak el olyan szépen, pedig a kis és nagyüregűség itt is mutatkozik (lágy-, és kemény háncs). Szabályos elrendeződését kösejtek, járatok zavarják meg.

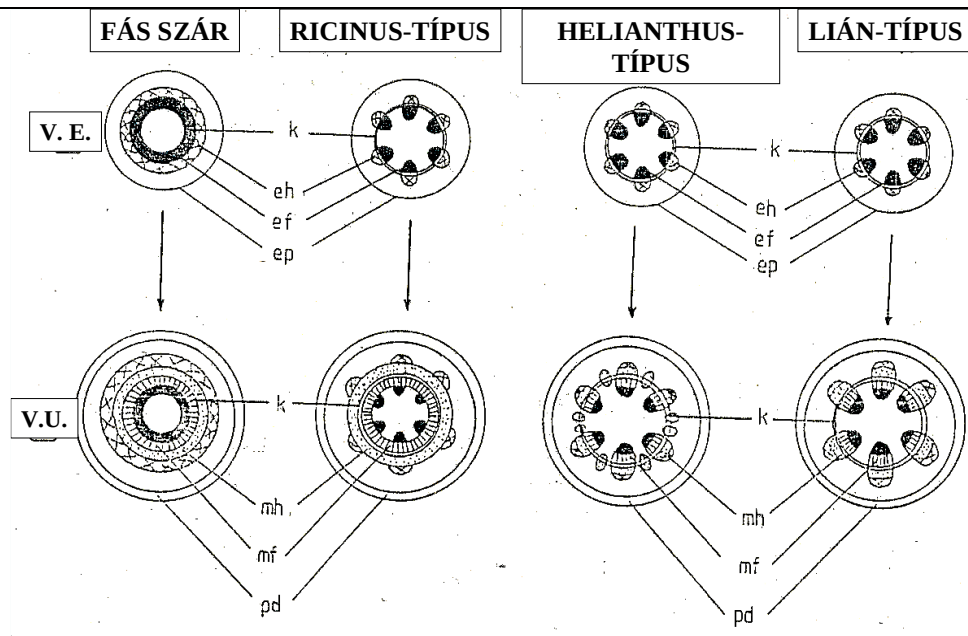
BÉLSUGARAK ÉS BÉLSZÖVET

A bélsugár iniciálisokból bélsugarak fejlődnek, az élő háncsot kötik össze a fagyűrűkkel. Sejtjei a sugárirányú szállítást és iniciálisaival a belső szervek szellőztetésének feladatát látják el. Gyakran gyanta, keményítőraktárak is. Sokáig élnek, fatestbeli részük a fabélsugár, háncsbeli a háncsbélsugár.

HÉJKÉREG

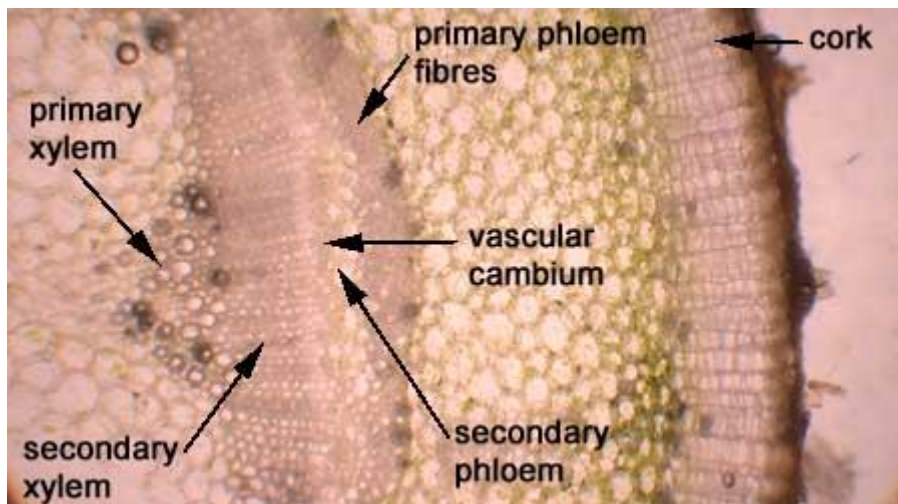
A gyarapodástól az epidermisz fölszakad, helyén a **parakambium** másodlagos bőrt **peridermát** alkot (az első évgyűrű kialakulásakor jön létre). A periderma egy idő után elparásodik, az új parakambium egyre mélyebben jön létre, és a kéreg külső részét elszigeteli, így elhalt zónák jönnek létre. Amikor a kéreg szövetei is elfogytak, a háncs élő elemei is bekapcsolódnak, az így létrejött kéreg a harmadlagos bőr, **ritidóma**.

Ha a szállítószövetek kollaterális nyílt nyalábokban jelennek meg, a vastagodás úgy indul, hogy a bélsugársejtek visszanyerik osztódóképességüket és **interfaszcikuláris** kambiummá alakulnak, ami csatlakozik a nyalábkambiumhoz és **kambiumgyűrűt** hoz létre.



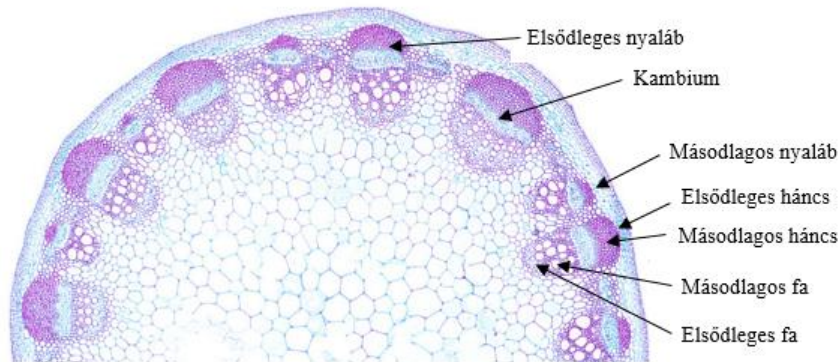
V.E.: vastagodás előtt; V.U.: vastagodás után

- **Ricinus-típus:** A kialakuló interfaszcikuláris kambium a nyalábkambiummal együttesen működve, mint összefüggő kambiumgyűrű/kambiumhenger kezd el működni. A kambiumhenger összefüggő fa- és háncrestet fejleszt, 1 – 2 sejtsoros bélsugarakkal. Az elsődleges fa és hánca tartósan megmarad **bélkorona**, **hánckorona** formában. Marad az elsődleges kéreg és az epidermisz is. A legtöbb kétszikű lágyszárúra ez jellemző.

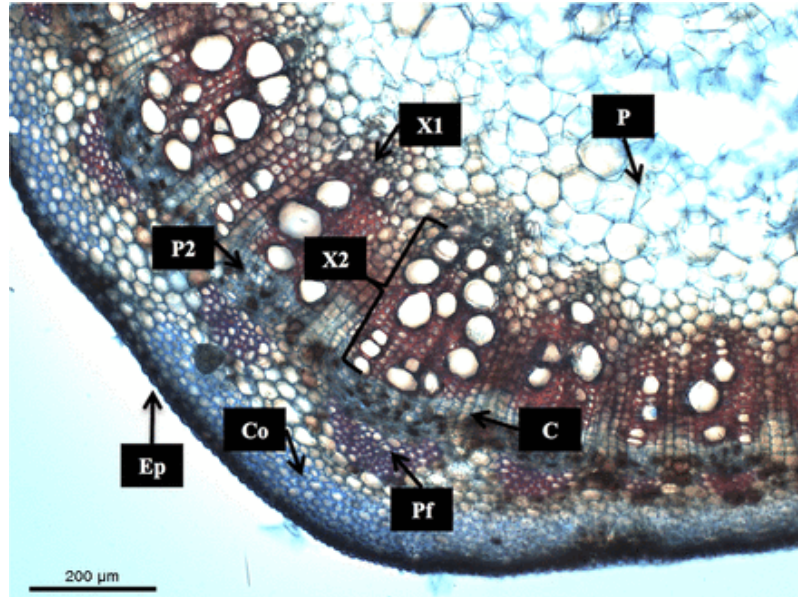


primary xylem: elsődleges fa/fakorona; secondary xylem: másodlagos fa; vascular cambium: kambium; secondary phloem: másodlagos hánca; primary phloem fibres: elsődleges hánca/hánckorona; cork: kéreg

- **Helianthus-típus:** A nyalábközi kambium is nyalábos elrendeződésű szállítószöveteket képez, így a vastagodott szár is nyalábos szerkezetet mutat, az elsődleges nyalábok közt másodlagos nyalábok alakulnak ki, melyek között bélsugár van.

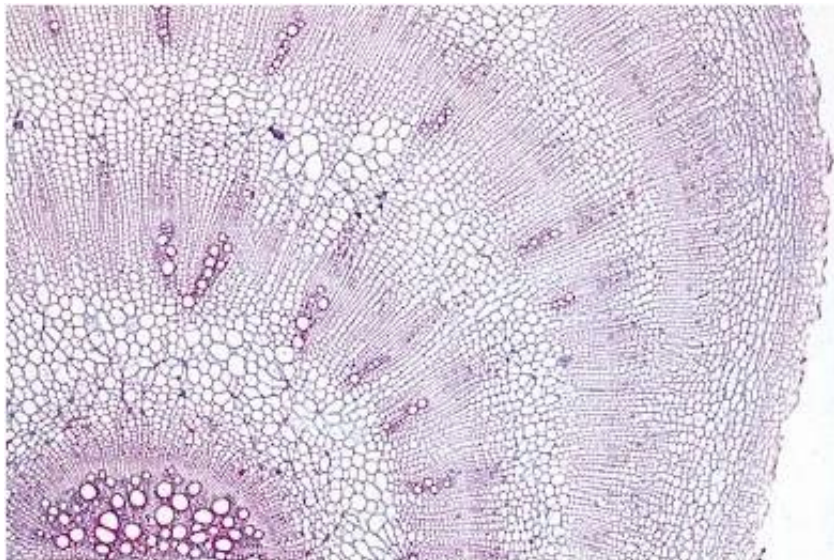


- **Lián-típus:** másodlagos szállítóelemeket csak a nyalábkambiumok hoznak létre, a nyalábközi kambiumok bélsugársejteket produkálnak. Ebből adódóan megmarad a vastagodott szárban is a nyalábos szerkezet, a vastagodáson átesett nyalábok bélsugárpáasztákkal váltakoznak. A vastagodás után is ilyen formában megmaradó nyalábos szöveti szerkezet biztosítja a szár további csavarodási képességét.



P: belsőszövet; X1: elsődleges fa; X2: másodlagos fa; C: kambium; P2: másodlagos háncs; Pf: elsődleges háncs; Co: elsődleges kéreg kollenchimával; Ep: epidermisz

- **Polikambiális vastagodás** (libatop, amarántfélék): A kambiumgyűrű csak rövid ideig működik, a parakambium osztódni kezd és szállítószöveteket és raktározószöveteket hoz létre. Majd legkülső sejtsorából koncentrikus körök formájában megjelenő harmad-, negyed- stb. rendű kambium képződik, és ez így folytatódik tovább.



A LOMBLEVÉL SZÖVETI FELÉPÍTÉSE

Mezofillum (levélközép) a levéllemez két epidermisze közti állomány. Kloroplasztisz-tartalmú parenchimájába ágyazódnak a **levélnyomnyalábok**. A levelek erezetét ezek a nyalábok alkotják, az erezet kapcsolatot teremt a növény központi szállítónyalábrendszerével. A kifejlett levélben kollaterális-zárt nyalábok vannak, melyekben a farész a levél színe felé helyezkedik el.

A nyalábok a kétszikűekben hálózatosan futnak, egy edénnyaláb érkezik a levélnyélből és az gazdagon elágazik. Az erek egyre vékonyabbak, a nyalábot körbevevő parenchimasejtek **nyalábhüvelyt** formálnak.

Az egyszikűek levéllemezébe több nyaláb lép be, melyek párhuzamos, vagy íves erezetet alkotnak, a szomszéd ereket egy-két **tracheidából** álló harántnyalábok köthetik össze. A nyalábokat **szklerenchimatikus hüvely** veszi körül.

A levéllemez szilárdítószövevei a nyalábok körül találhatók, de az epidermisz is betölthet szilárdító szerepet. Néha az epidermisz alatt a szklerenchima, vagy kollenchima összefüggő hipodermát alkotnak. Egyszikűeknél a nagyobb nyalábok fölött és alatt **szklerenchimahidak** fedezhetők fel, ezek a faedényekkel együtt a lemezt merevítik. Sok növény levelének szélén szklerenchimaköteg fut végig, gyakoriak a váladéktartó sejtek és járatok.

Az asszimiláló alapszövet elrendeződése a fénykihasználástól függ, megkülönböztetünk **homogén, heterogén és Kranz-anatómiájú mezofillumot**.

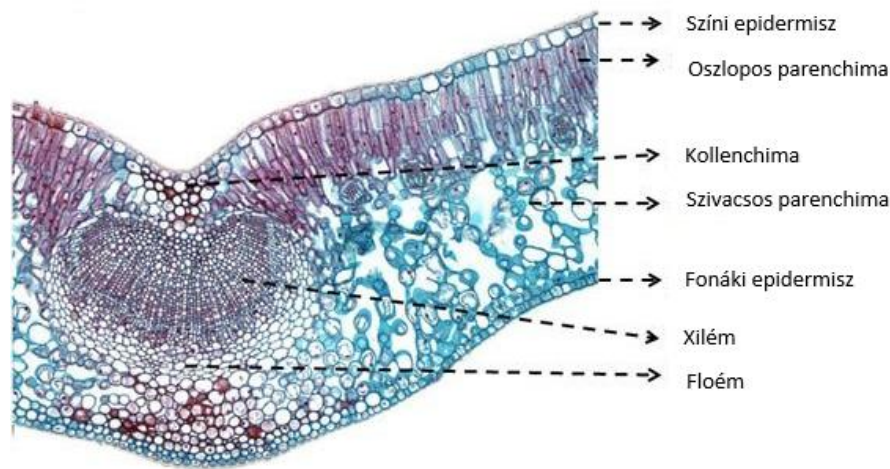
HOMOGÉN MEZOFILLUM

Azonos, sok intercellulárist tartalmazó szivacsos parenchimából áll, fölfelé álló, a minden oldalról egyenlően megvilágított növényekre (Poaceae) jellemző.



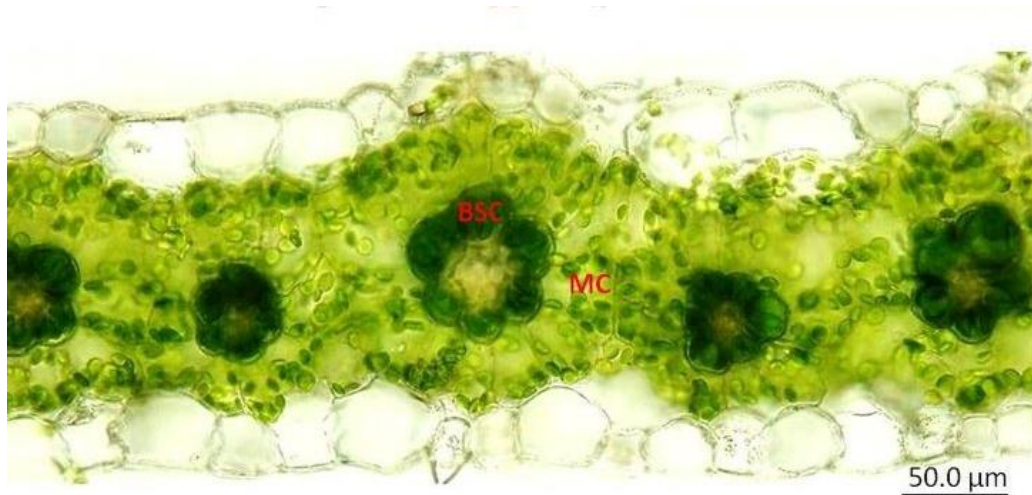
HETEROGÉN MEZOFILLUM

Felületre merőlegesen osztódó, hosszúkas sejtekből álló **oszlopos parenchima** (paliszád) van az epidermisz alatt, középen pedig szivacsos alapszövet található. Az oszlopos parenchima a CO₂ asszimiláció fő helye, sok benne a kloroplasztisz. A szivacsos parenchima járatai kapcsolatban vannak a sztómaudvarokkal, így gázcserét, párologtatást, asszimilátumok szállítását bonyolítja a levél nyalábhüvelyébe.



KRANZ-ANATÓMIÁJÚ MEZOFILLUM

A C4-es növényekre jellemző, előfordulhat egy és kétszikűeknél egyaránt. Asszimiláló szöve a levélnyomnyalábokat körülvevő **hüvelyparenchimára** és az ezt körülölelő **mezofillum-parenchimára** tagolódik. A két parenchimában elkülönül a fotoszintézis sötétreakciójának 2 fő szakasza, a CO₂ megkötése és redukciója. A CO₂ megkötése oxálecetsavba, majd annak **almasavvá** alakítása a mezofillum-parenchima kloroplasztiszaiban játszódik, a keletkező almasav, **aszparaginsav** lokalizálódik a hüvelyparenchima kloroplasztiszaiban, ahol a CO₂ a **Calvin-ciklusban** redukálódik cukorra, a folyamat végterméke általában keményítő.



BSC: hüvelyparenchima; MC: mezofillum-parenchima

Az asszimiláló szövetek elrendeződése szerint a levéllemez szimmetriája lehet:

Izolaterális: A mezofillumuk mindkét oldalon egyenlő megvilágításhoz alkalmazkodik, klorenchimája lehet homogén, vagy heterogén. Utóbbi esetben mindkét epidermisz alatt oszlopos parenchima és közte szivacsos parenchima van. Ez főleg az egyszikűekre jellemző.

Dorziventrális: A mezofillum asszimetrikus, színi oldala alkalmazkodott a fényhez. Színi oldalán oszlopos, míg a fonákon szivacsos parenchima van. A nyalábok e kettő között húzódnak. A levelek színi oldala a kloroplasztiszoktól sötétebb zöld.

Radiális: A levelek belül üregek. A nyalábok az epidermisz alatt körben helyezkednek el. A klorenchima (asszimiláló szövet) oszloposan helyezkedik el és szivacsos parenchimát ölel körbe. A belső epidermisz bőr jellegét elvesztette (hagyma).

A különböző termőhelyek növényeinek levelei is eltér:

Vízi növények: A nyalábok és szállítószövetek primitívek, a levegőjáratok terjedtek ki. Az epidermiszen nincs kutikula.

Árnyéki növények: Epidermiszük alapsejtjei láncszerűen gyűjtik a fényt, sztómáik kiemelkednek, vékony a mezofillum.

Xerofiton növények: Többretegű epidermisz és víztartó alapszövet jellemzi. Sok rajta a fedőszőr. A sztómák **sztómakriptákba** süllyednek. **Bulliform** sejtjei vízvesztéskor csökkentik turgorjukat, a levéllemez összepödrődik.

FELHASZNÁLT SZAKIRODALOM

ALMÁDI László, BÉRES Imre, BERZSENYI Zoltán, HORVÁTH Zoltán, † HUNYADI Károly, KAZINCZI Gabriella, LEHOCZKY Éva, MIKULÁS József, NÉMETH Imre, PETRÁNYI István, REISINGER Péter, SZEMÁN László, SZENTEY László, SZŐKE Lajos, TÓTH Elemér, VARGA Szabolcs, *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia*, Mezőgazda Kiadó:

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Gyomnovenyek_gyomirtas/ch01s02.html

BALOGHNÉ Nyakas Antónia: *Mezőgazdasági növénysszervezetten*. Debrecen: Debreceni Agrártudományi Egyetem nyomdai üzeme, 1996.

BÓKA Károly, *Morfológia* (in. KRISTÓF Zoltán (szerk.) *Növények és gombák szerveződése*) Eötvös Loránd Tudományegyetem:

[HTTP://ELTE.PROMPT.HU/SITES/DEFAULT/FILES/TANANYAGOK/NOVENYEKESGOMBAKSZERVEZODESE/CH02S05.HTML](http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/novenyekesgombakszervezes/ch02s05.html)

HARASZTY Árpád (szerk.): *Növénysszervezetten és növényéletten*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 2004. ISBN: 9789631945881.

SCHMIDT Gábor, TÓTH Imre , *Kertészeti dendrológia*, Mezőgazda Kiadó:

https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Kerteszeti-dendrologia/pr03.html

TUBA Zoltán, ENGLONER Attila, *Botanika I. - Bevezetés a növénytanba, algológiába, gombatanba és a funkcionális növényökológiába, Sejttan – Szövetten – Alaktan*, Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt.:

https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_519_42644_I/ch03s05.html

TURCSÁNYI Gábor (szerk.): *Mezőgazdasági növénytan*. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 2001. ISBN: 9633563593. pp. 117-174.

TURCSÁNYI Gábor, *Mezőgazdasági növénytan*, Szaktudás Kiadó Ház:

[HTTPS://WWW.TANKONYVTAR.HU/HU/TARTALOM/TAMOP425/2011_0001_529_10_MEZOGAZDASAGI_NOVENYTAN/CH06.HTML](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_529_10_MEZOGAZDASAGI_NOVENYTAN/CH06.HTML)