

SEJTTAN

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 



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

A NÖVÉNYI SEJT FELÉPÍTÉSE

Az élővilágban a sejt szerkezetének két formája van, a **prokarióta** és az **eukarióta** szerkezet. 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 szerveződési 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 szerveződési 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 **mitotikusan** 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 mitotikus 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 mitotikus aktivitással rendelkező sejteket tartalmaznak. Ilyenek pl. a vérsejtek, a többrétegű hámok alsó rétege vagy a bélcsatorna lumenét borító hám.

Az eukarióta sejtek két fő alkotórésze a **citoplazma** és a **sejtmag**. A citoplazmaorganellek 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 **lizoszmát**, **endoszmát** és a **peroxiszmát**. A **nem membránorganellumok** közé soroljuk a **mikrotubulusokat**, **mikrofilamentumokat**, **átmeneti vagy intermedier filamentumokat**, a citoskeletális organellumokat mint pl. a **centriólumot** és a **riboszómákat**.

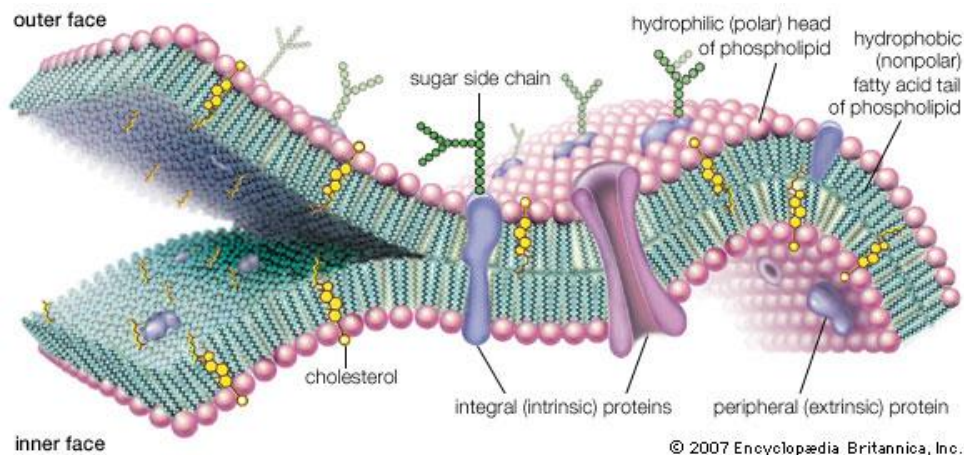
Növényi sejtek esetében a sejt alapvetően két részre tagolható:

- sejttest v. **protoplaszt**: citoplazma és organellumai, sejtmag, színtestek, mitokondriumok
- sejtfal

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 sejtfalak 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.

Biológiai Membránok



A biológiai membránok körülveszik a sejtet, a sejten belül kiterjedt membránrendszert alkotnak (pl. endoplazmatikus retikulum), sejtorganelleumokat 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 kötással 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 részekkel 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 **struktúrfehérjék** 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 szén-dioxid 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 organelumaira jellemzőek. Ezek lehetnek (megjelenésük alapján):

- sík membránszerkezetek
- vezikulumok (hólyagok)
- vakuolumok (sejtnedvüregek)
- tubulusok (csövek)
- ciszternák (lapos hólyagok)

b. Félmembránok: a két lipidrétteg 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 organellek**

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 citoplazmaorganellek 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: sejtfal nélküli sejtekre jellemző – mixamőbák
- További típusok: kovamoszatok plazmaáramlása, agitáció (plazma remegése), szökőkútszerű mozgás (pollentömlő, gyökércsúcs)

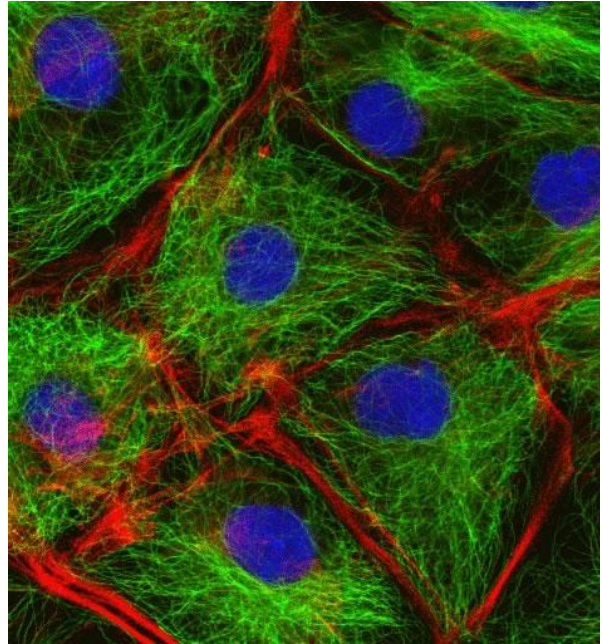
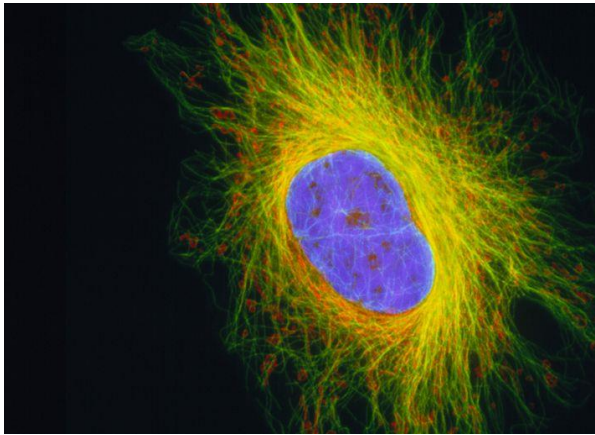
A citoplazma három fázisú diszperz rendszer:

- 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.

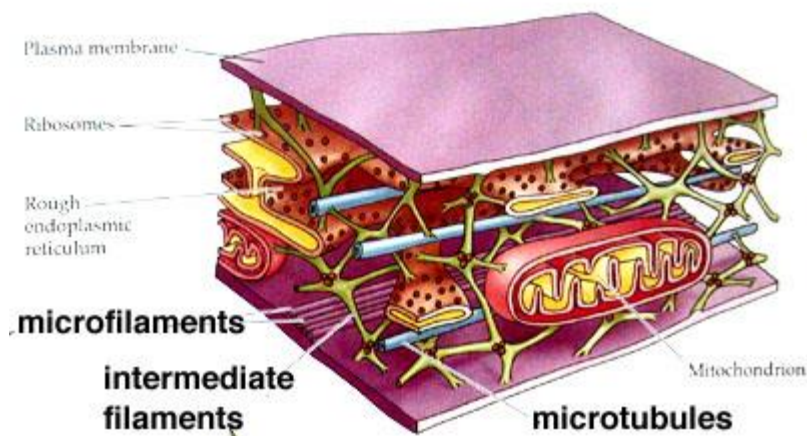
CITOSZKELETON

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

- **fibriláris alkotók** – fehérjésálak. 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

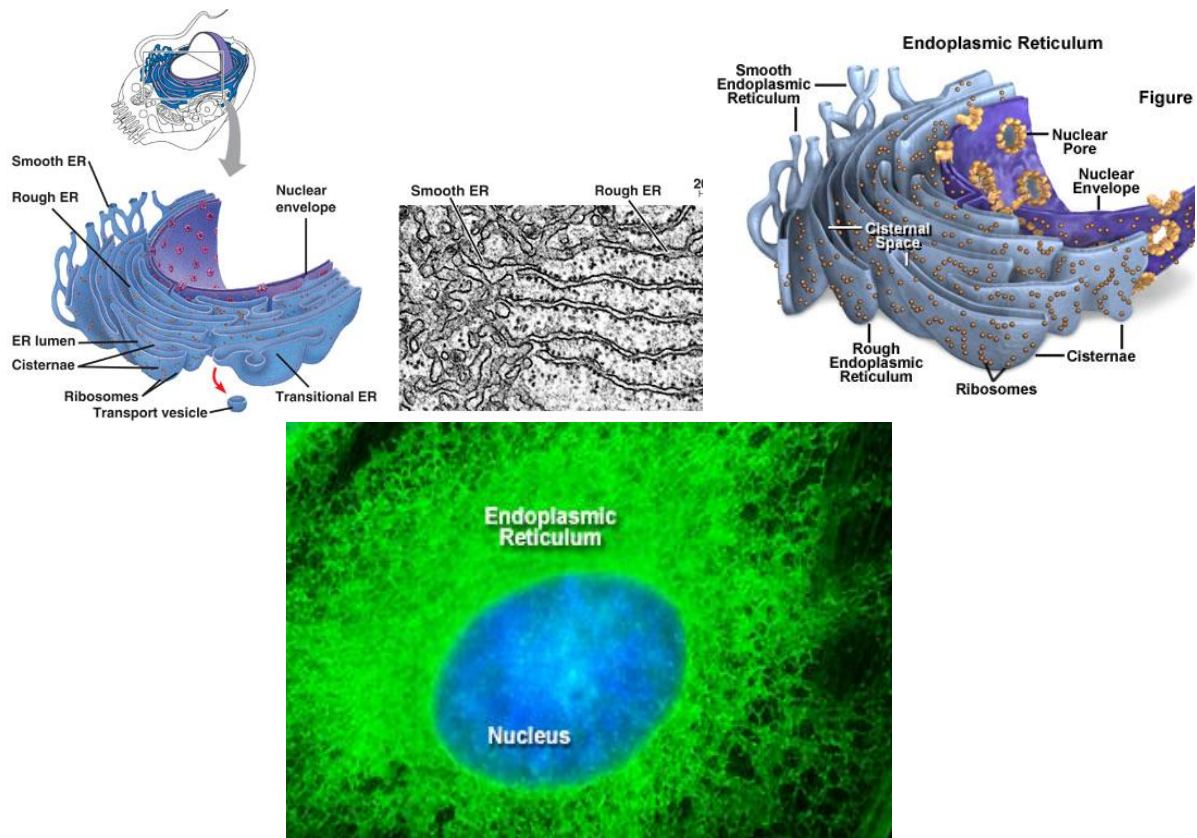


A mikrotubulusok kb. 22 nm átmérőjű, henger alakú struktúrák. A citoplazmatikus előfordulásuk mellett a mikrotubulusok különböző **mikrotubuláris organellumokat** is létrehoznak. Rövid mikrotubulus tripletek hozzák létre pl. a **centriólumokat**, valamint a **csillók bazális testét**. Ugyancsak mikrotubulusok építik fel a **csillókat**, **ostorokat**, a **magorsófonalakat**. A mikrotubulusok **alfa- és béta-tubulin fehérje dimérekből** épülnek fel. A mikrotubulusok **dinamikus sejtorganellumok**, 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 mozgásában és magának a plazmamembránnak a mozgásában 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)



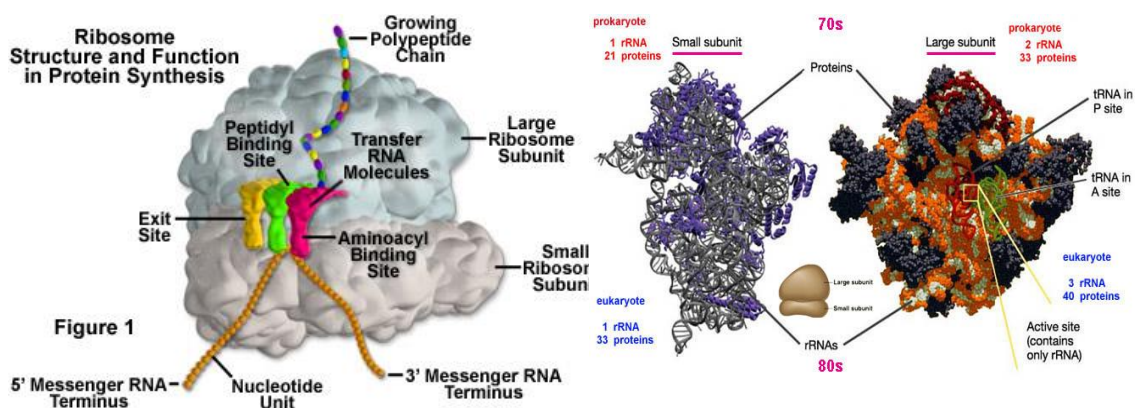
Durva endoplazmatikus retikulum (DER)

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 (elektronszállító 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) szövődéke, a citoplaszma 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 idősokban a ER tartalmaz többet.
- A baktériumokban egyféle (**prokarióta**), az állatokban, gombákban és a nem forosztatizáló 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 µm), 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 µm-es struktúrák. Sok sejttypusban 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

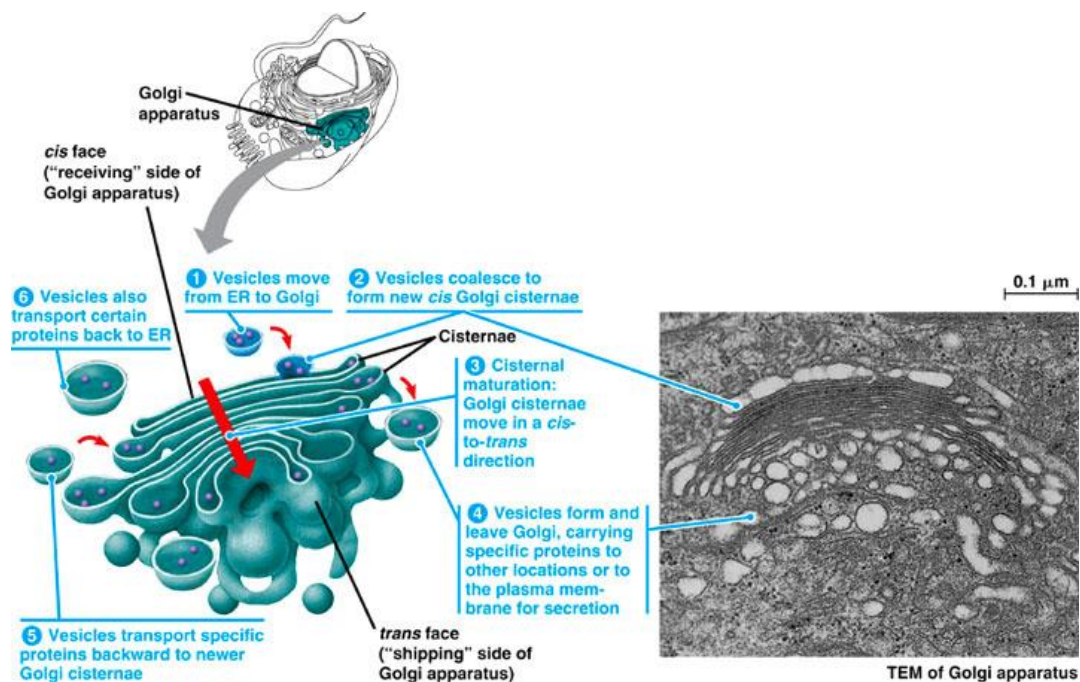
Glioxiszómák

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

Szferoszómák

- Félmembránnal határoltak
- Feladat: zsírok raktározása

GOLGI-APPARÁTUS (Diktioszómák)

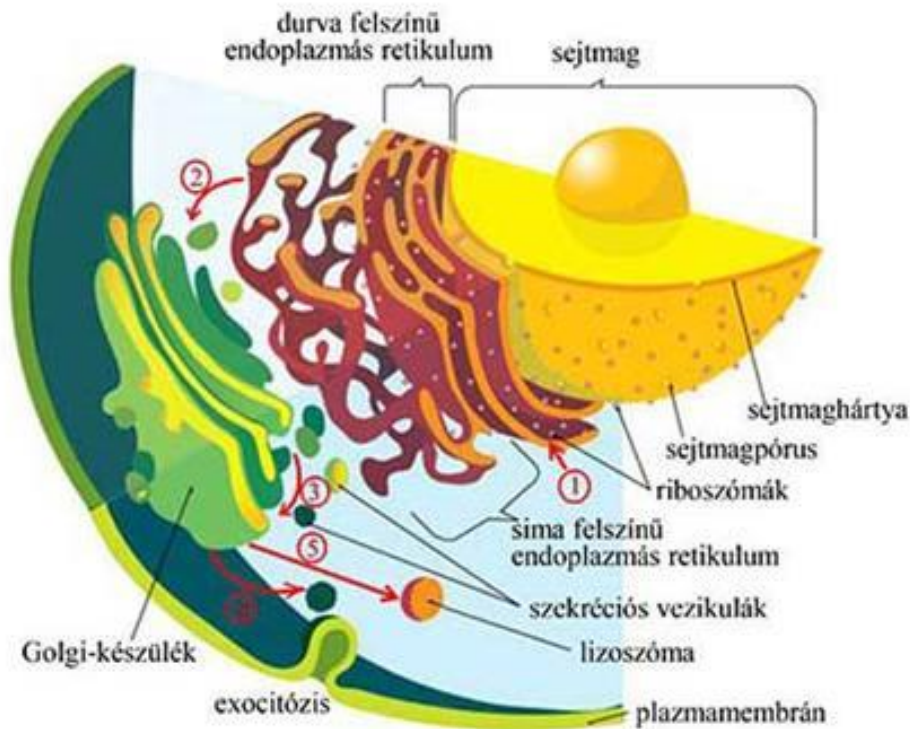


A Golgi-apparátus szintén egy jellegzetes háromdimenziós membránstruktúra, általában a sejtmag közelében helyezkedik el. Nagyon fejlett az aktív szekréciót végző sejtekben. A Golgi lumenében történik meg a fehérjék végső kialakítása (poszttranszlációs módosítás), s innen indul el a szekretórikus fehérjék, 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 plazmalemmához
- glikokalix készítése
- sejtfalalkotók (hemicellulóz, pektin, nyálka, mézga) polimerizációja – szerep a sejtlemmez 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

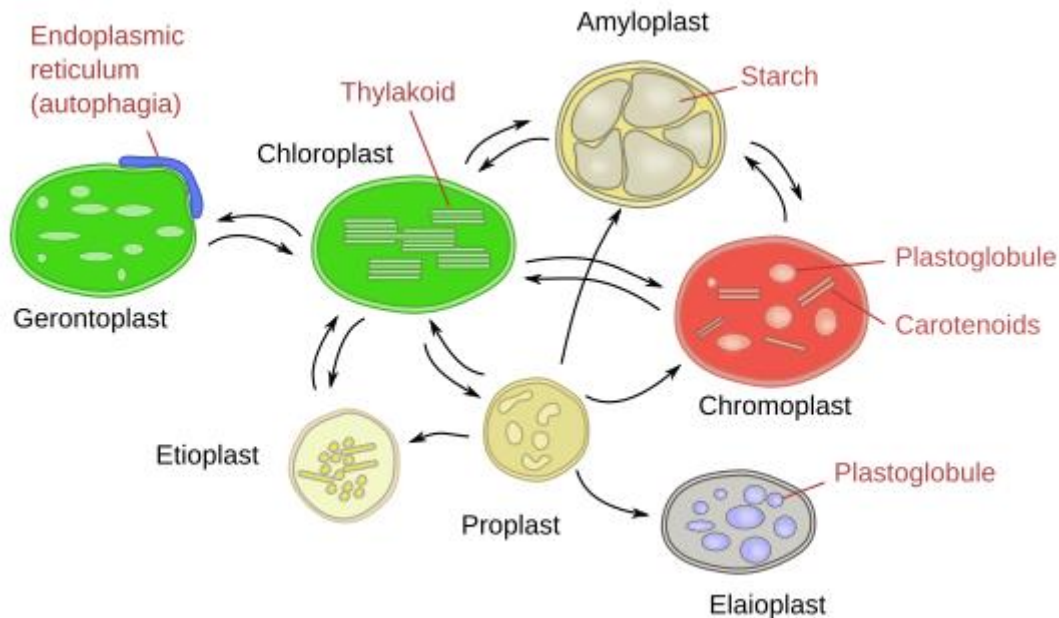
GERL-rendszer

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.

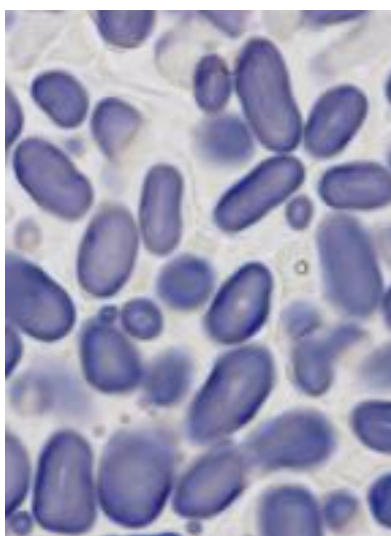
KROMOPLASZTISZOK: A leukoplasztiszokhoz képesett fejlettebb belső membránrendszerrel rendelkeznek. Karotinoid festéktartalmuk (karotin, xantofill) adja a levelek és termések piros, sárga színét. Pro-, amilo-, kloroplasztiszokból keletkeznek (őszilombszíneződés – kloroplasztiszok klorofill-tartalma lebomlik, 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.

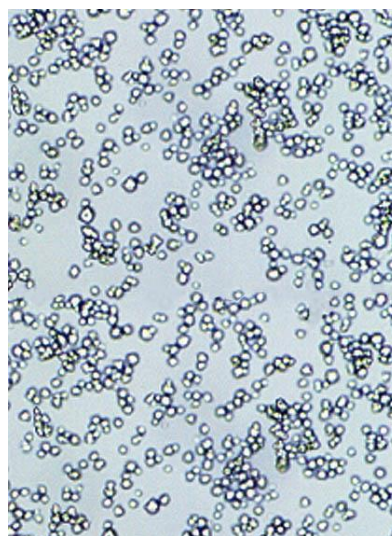
AMILOPLASZT



Egyszerű excentrikus
keményítő
Solanum tuberosum



Egyszerű koncentrikus
keményítő
Phaseolus vulgaris



Összetett keményítő
Oryza sativa

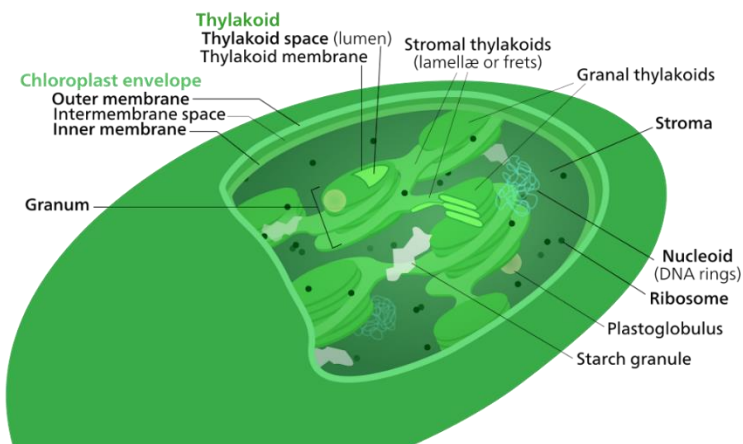
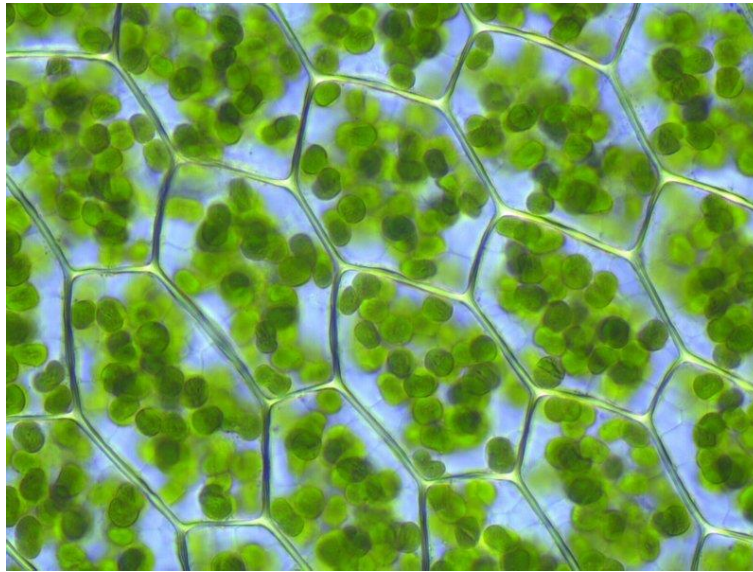
A keményítő az amiloplasztokban kétféle módon kristályosodhat ki:

- **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*
- **félíg 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

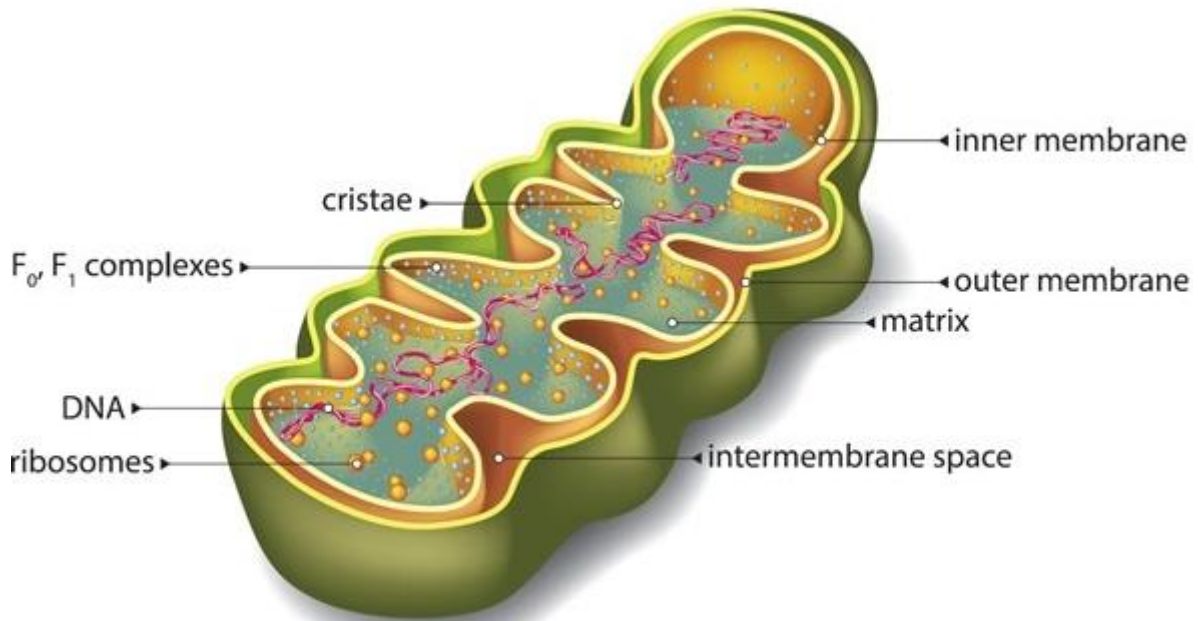


A kloroplasztiszok részei:

- **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 kötöten 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.

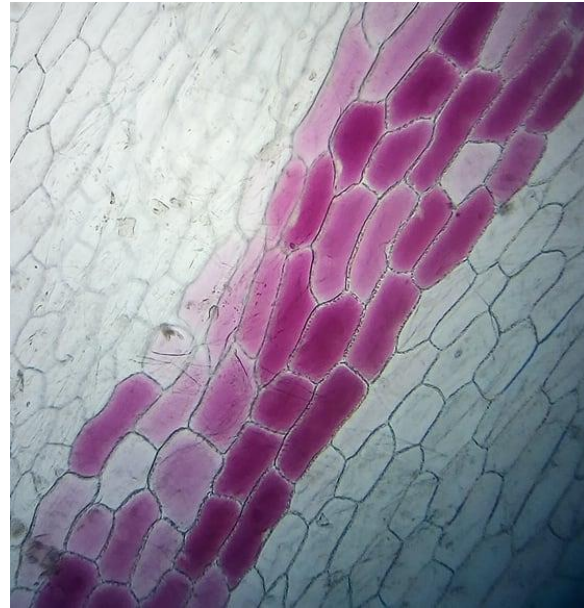
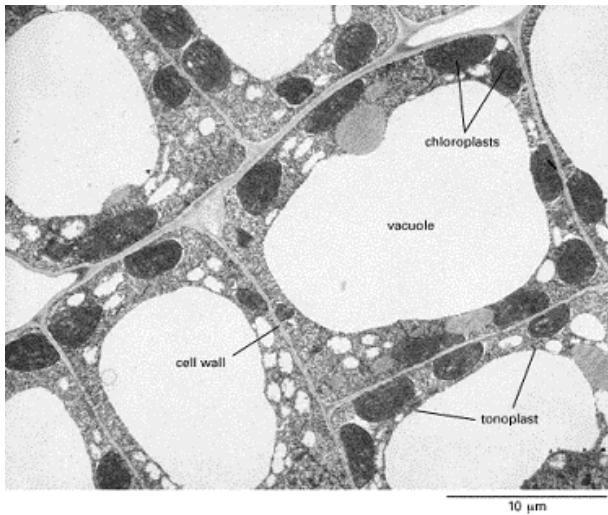
MITOKONDRIMUM



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 energiatöbblet a mitokondriummal rendelkező sejteknek hatalmas szelekciós előnyt biztosított a többi sejtrel szemben. Valószínű, hogy ennek köszönhető az, hogy a sejtes 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 gazdasajt 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

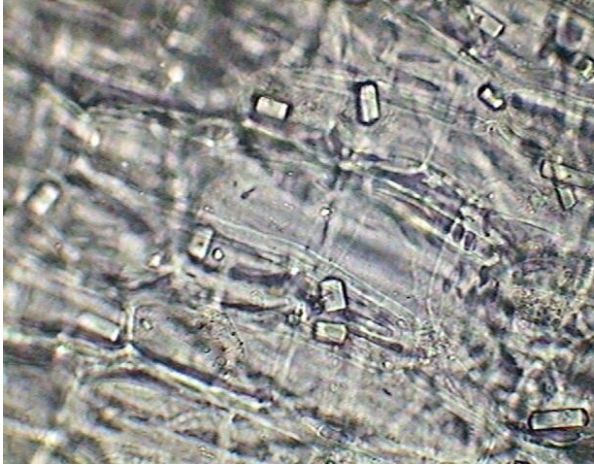
A sejtnedvben sok szerves és szervetlen anyag halmozódik fel:

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

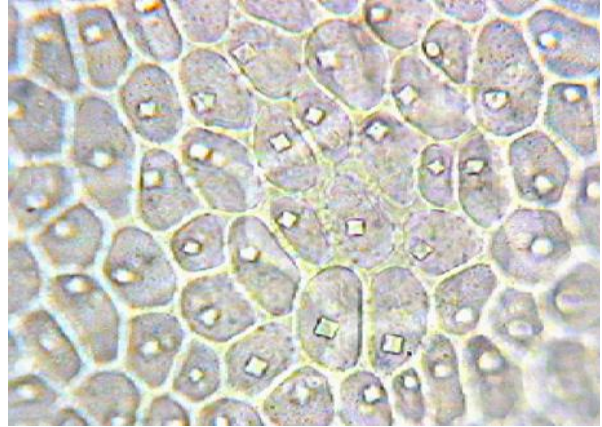
KRISTÁLY-ZÁRVÁNYOK

Kálcium-oxalát

a. Tetragonális oszlopok, piramisok

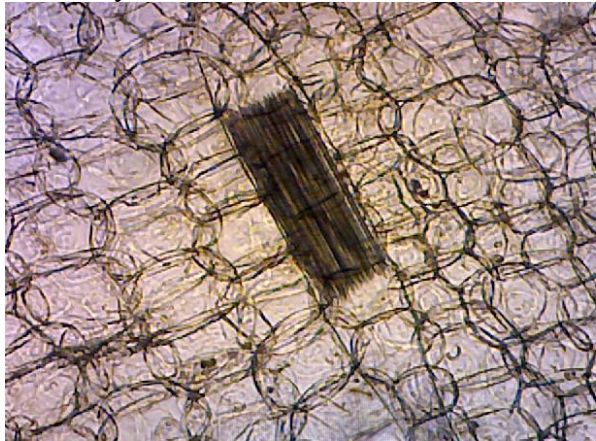


Allium cepa – száraz buroklevél



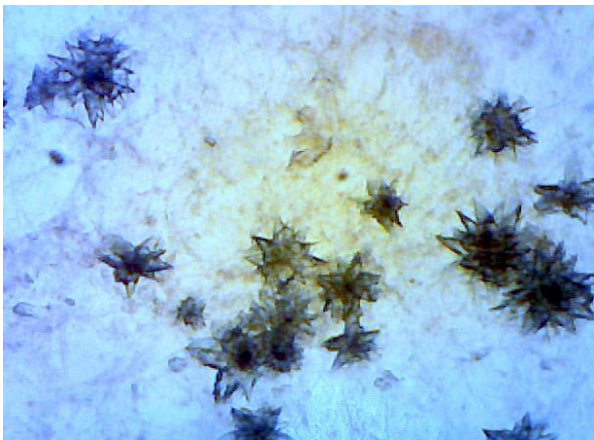
Vanilla planifolia – epidermisz-nyúzat

b. Kristályhomok



Agave sp.

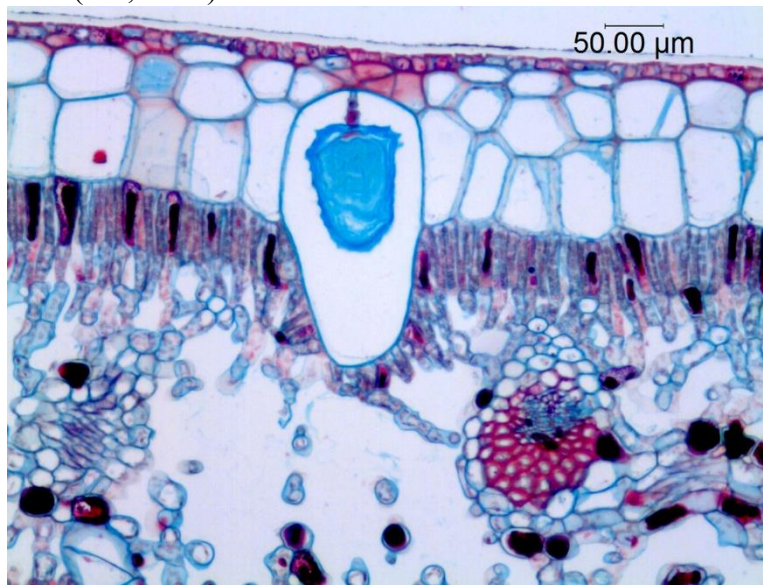
d. Rozetta



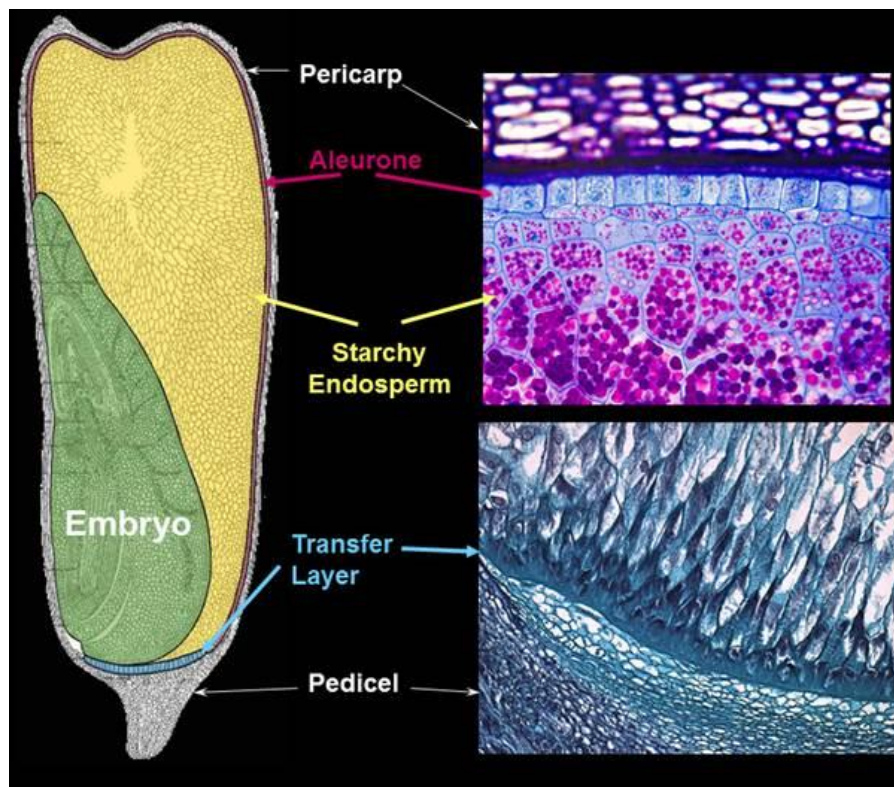
Opuntia sp. – kladódium

Kalcium-karbonát

- a. Sejtüregben mint tartalmi rész (szil, bük)
- 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, mikrotestekben, szintestekben, esetleg szabadon a citoplazmában. A fehérjezárványok többsége ER eredetűek, 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 maghép, 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)
- Festékanyagok: antocián (piros – kék, sav – bázis), antoxantinok, lipokróm,
- Flavánszármazékok: muskátli, pipacs peralargonidinje, rózsza, búzavirág cianidinje, mályva malvidinja, 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 terpentin a fenyők gyantája, terpentinolajat és kolofóniumot tartalmaz, mindkettőt a festékipar használja. További gyanták a mirha, tömjén, kámfor.

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

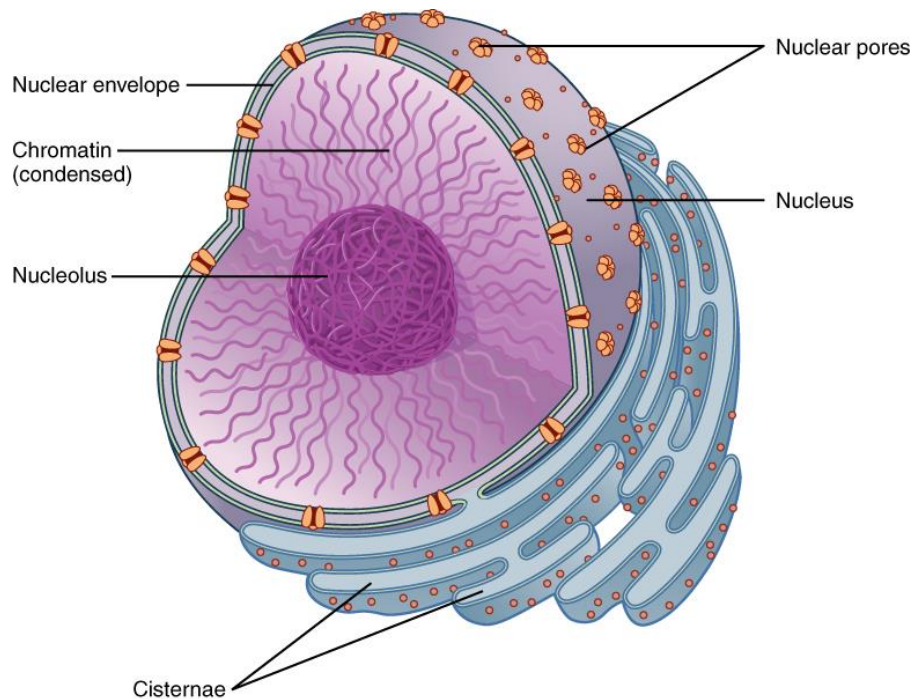
POLIFENOLOK

Alma, krumpoli 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, kutyatejfélek (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 riboszomális 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 járók 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

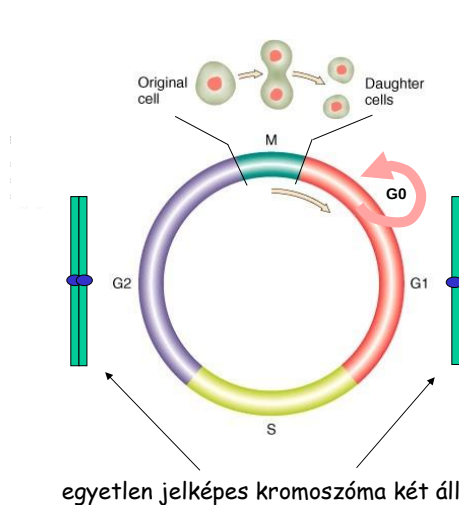
3. Kromatin állomány (kromoszómák)

- 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: deoxiribóz, 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 egykromatidasak. 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 elválnak, és a sejtmagban együtt maradnak. Ilyenkor beszélünk poliploidiaról. A poliploidia révén az evolúció során sok, előnyös tulajdonságú növény jött létre – pl.: közönséges búza hexaploid)

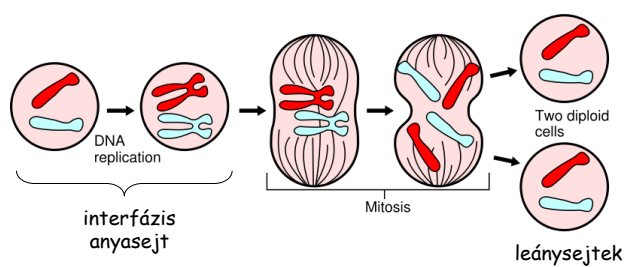
A SEJTMAGOSZTÓDÁS

Két módja ismert:

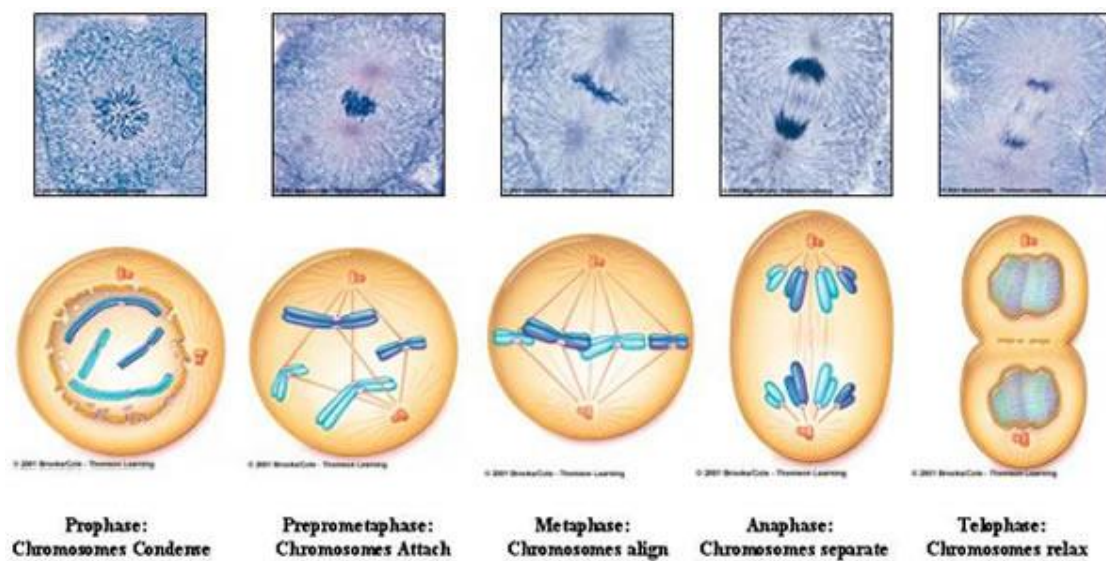
1. **AMITÓZIS** (közvetlen, v. direkt sejtmagosztódás) – gombákra jellemző
 - a sejtmag membránja közepén kívülről befelé haladva kettéfüzi az interfázisban megkettőződött maganyagot anélkül, hogy a kromoszómák láthatóvá válnának. A citoplazmában nem alakulnak ki magorsó fonalak, kromoszóma-húzófonalak.
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

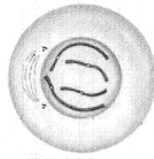


Az anyasejt és a leánysejtek genetikailag egyenértékűek, a kromoszómák száma megegyező.



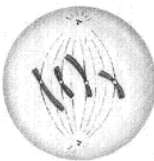
A mitózis fázisai fotón és rajzon

A MITÓZIS NÉGY EGYMÁST KÖVETŐ SZAKASZA



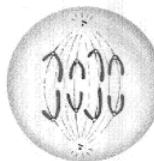
1. PROFÁZIS

- 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

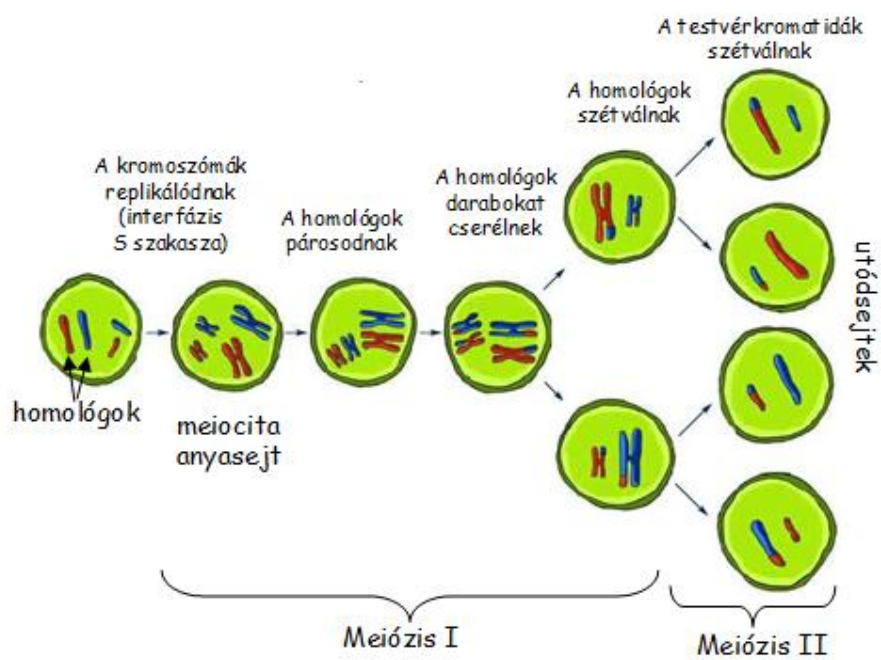
- A testvérkromatidák elválnak egymástól, a leánykromoszómává válnak
- A testvérkromatidák a centromerüknél fogva a pólusok felé vándorolnak



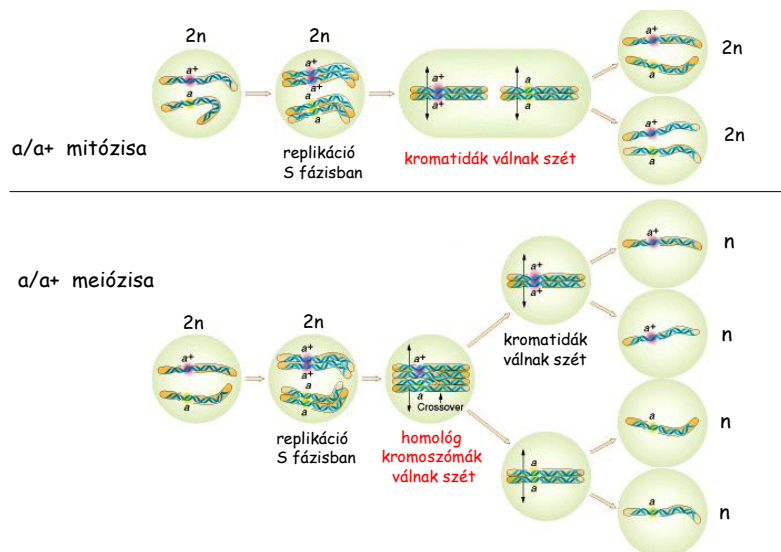
4. TELOFÁZIS

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

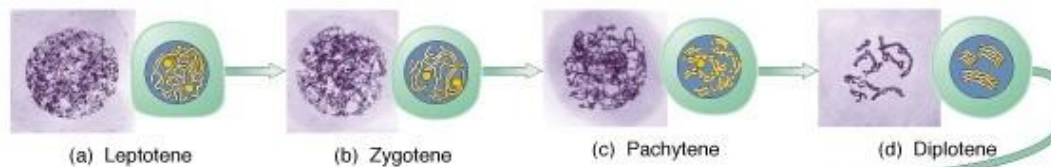
A MEIÓZIS LEGFONTOSABB ESEMÉNYEI



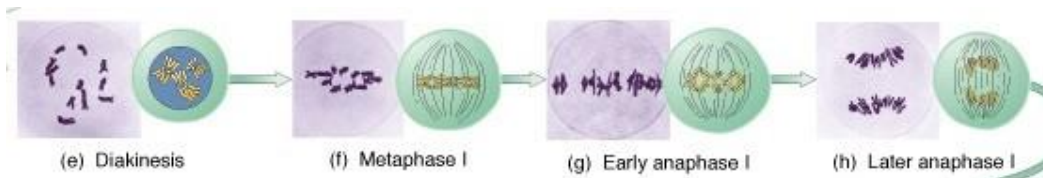
DIPLOID SEJTEK MITÓZISÁNAK ÉS MEIÓZISÁNAK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA



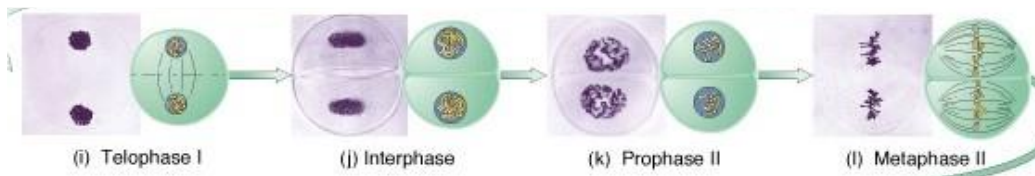
PROFÁZIS I.



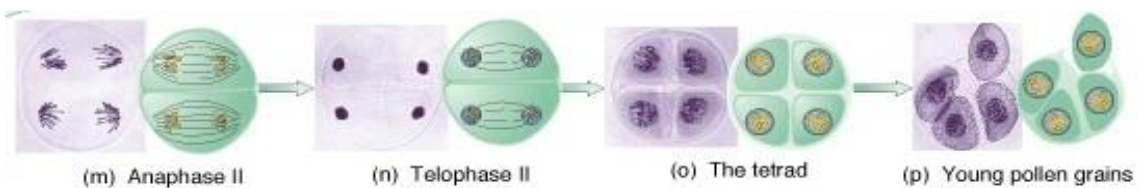
METAFÁZIS I. ÉS ANAFÁZIS I.



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 (deoxiribóz)** 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 **polinukleotidlánc** 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: hírvívő 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 gócok keletkeznek

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

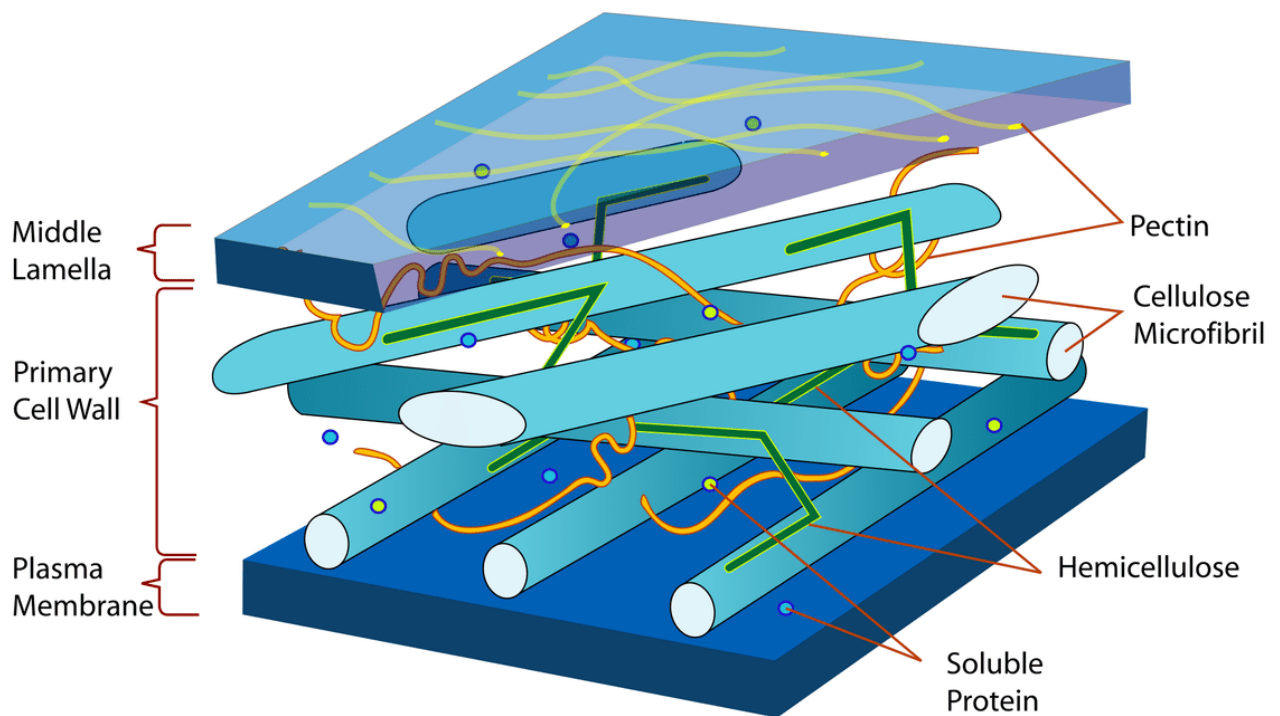
A DNS aktivitása a nukleoszómalánc kialakulásával csökken, mert a **H1** hisztonok zavarják az információk átíródását, ezért az interfázisban megfigyelhetünk olyan darabokat, melyek részt sem vesznek az információ átírásban, ezek a **HETEROKROMATINOK**, amelyek részt vesznek, azok az **EUKROMATINOK**.

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 befűződésekénél 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 legfelül 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 kötésekkel a pektinekkel, így a fal cellulózzrostjait a pektinekkel 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 (viz) 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



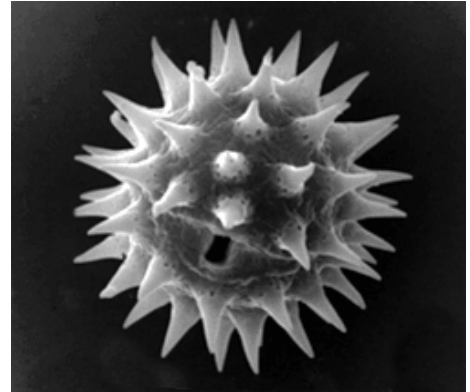
Centripetális sejtfalvastagodás

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

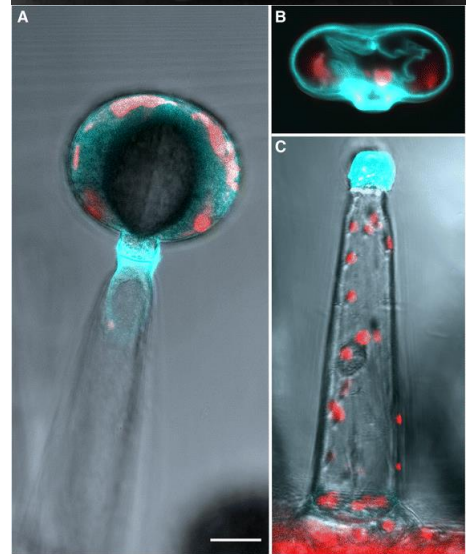
Centrifugális sejtfalvastagodás

Centrifugális sejtfalvastagodás

Rárákódás – *Helianthus annuus* pollen

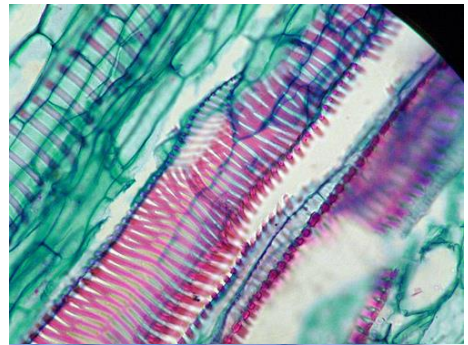


Beékelődés - *Solanum lycopersicum*

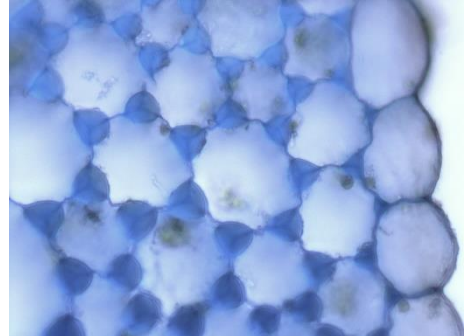


Centripetális sejtfalvastagodás

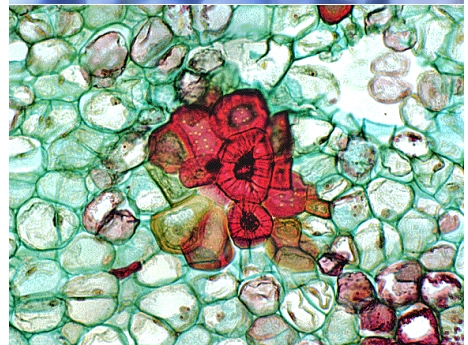
Helyenkénti sejtfalvastagodás – léces, létrás,
spirális (*Pinus sp.*)



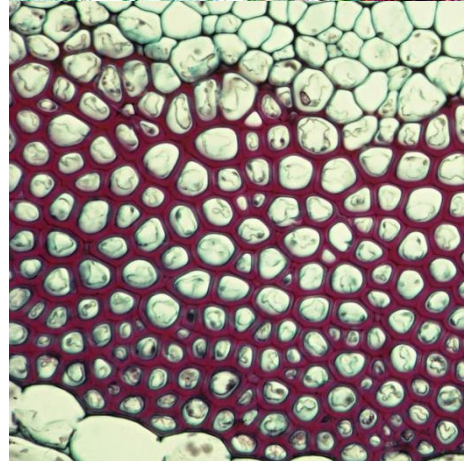
Részleges sejtfalvastagodás – sarkos
kollenchima (*Begonia sp.*)



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



Teljes sejtfalvastagodás – szkerenchima
(*Helianthus annuus*)



Centripetális sejtfalvastagodás

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. Sebekben szintén pararéteg alakul ki, a gyökerek endodermisz és a C₄- esek nyálbáhuelyeiben 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 protoplaszttól 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

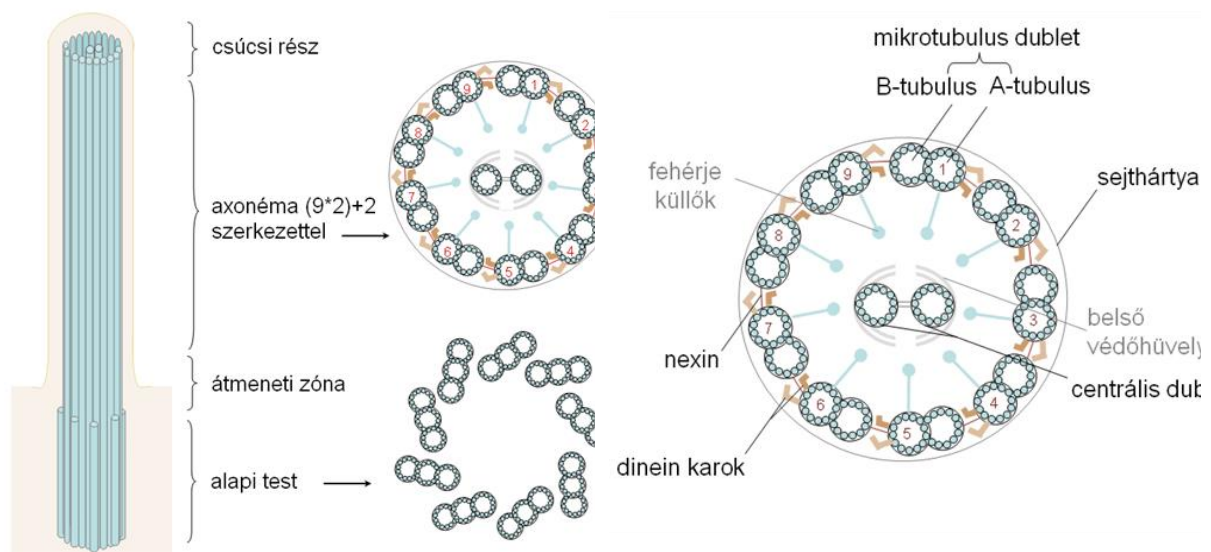
A sejtfalak sérülés hatására elmézgásodhatnak, jelentősége a seblezárás.

NYÁLKA

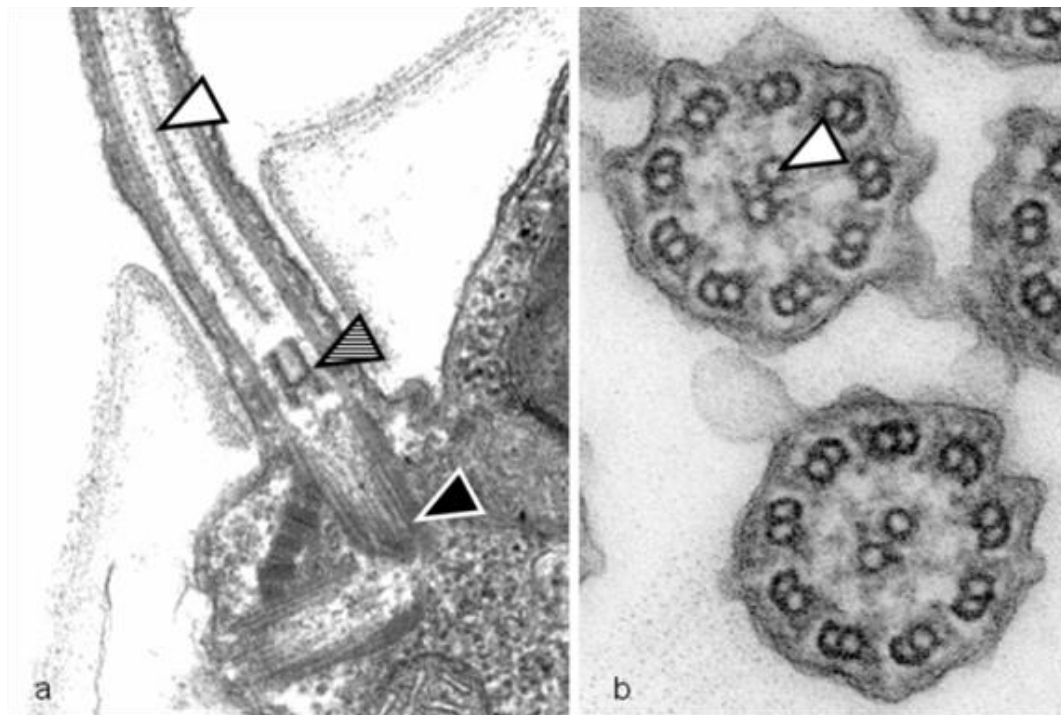
Sok baktérium, alga sejtfala elnyálkásodik, és benne sejtcsoportok épülnek. Egyes növények (len) maghéjának külső sejtfalai is nedvesség hatására nyálkássá válnak.

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 ostorkeresztmetsete (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 szinusz hullámok 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 centriólumoktól morfológiailag nem különböző, apró, henger alakú testek, melyek fala 9 darab hármas tagolású 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).