

Dr. Bagi István

A “moszatok” mint fotoszintetizáló eukarióta szervezetek

Segédlet a BSc záróvizsgára való felkészüléshez

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

Moszatok

Segédlet a BSc záróvizsgára való felkészüléshez

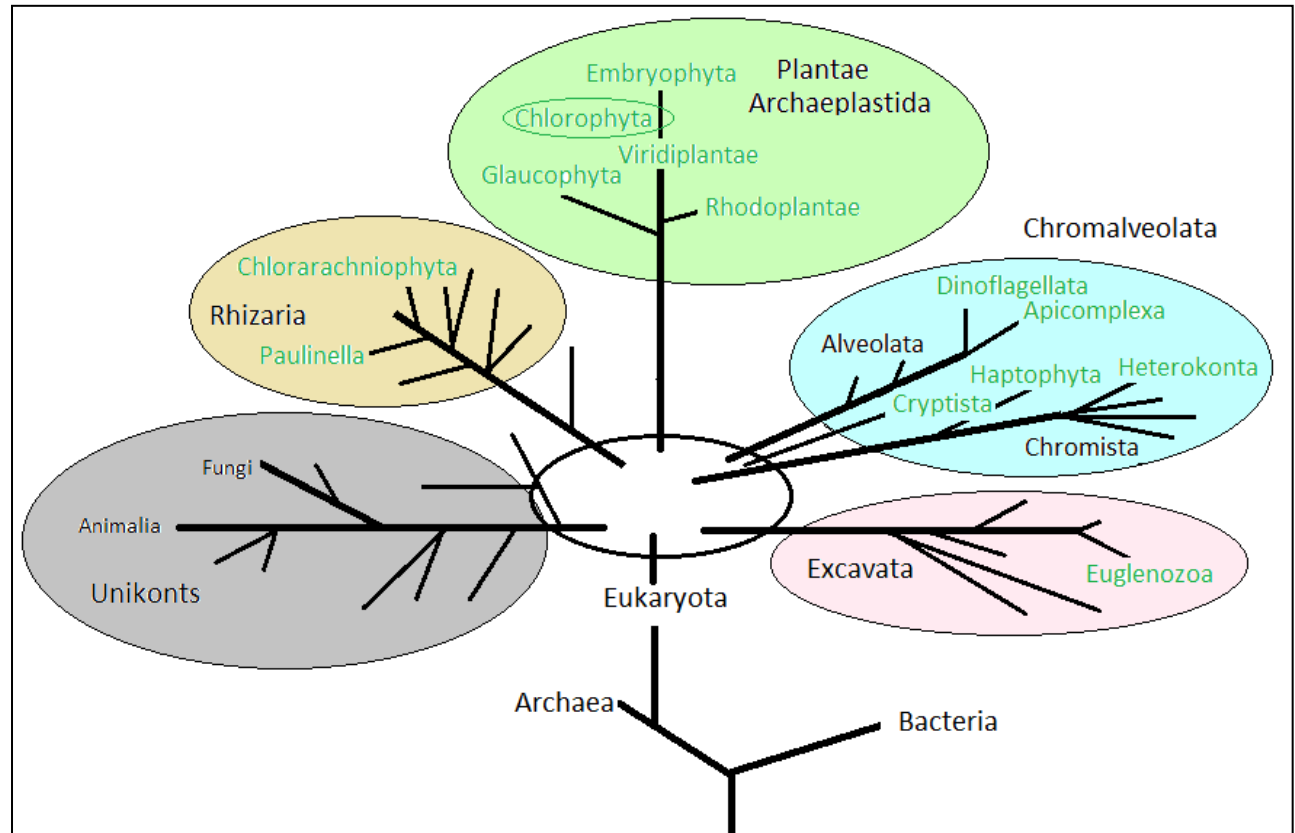
Készítette: Dr. Bagi István

SZTE, 2020

Államvizsga tétel címe: A “moszatok” mint fotoszintetizáló eukarióta szervezetek (A “moszatok” plasztiszainak eredete, az egyes moszatcsoportok filogenetikai kapcsolatai, rendszerezésük, a fontosabb taxonok jellemzése sejt- és testfelépítésük, diverzitás, környezetbiológiai jellegzetességeik alapján.)

Definíció: Moszatoknak, algáknak nevezzük azokat a fotoszintetizáló eukarióta, legtöbbször vízben élő szervezeteket, amelyek legfeljebb telepes testszerveződésűek, azaz nem jutottak el a szövetes szerveződés szintjére. Nem tekintjük moszatoknak a telepszerű testfelépítésű embriofitákat (pl. vízben élő mohák, redukáltabb vízipáfrányok, telepszerű úszó vagy lebegő életmódú zárvatermők). Prokarióták lévén, nem tekintjük moszatoknak a cianobaktériumokat. Fotoszintetizáló moszatok vízi környezeten kívül élhetnek szárazföldi élőhelyeken, így talajban, fakérgeken, sziklákon, de lehetnek szimbiózisban egyéb élőlénycsoportokkal, pl. a zuzmókban valódi gombákkal, vagy állatokkal a korallokban. Egyes fotoszintetizálókból származó nem túl kiterjedt heterotróf csoportokat is a moszatok közé sorolnak, pl. parazita zöldmoszatok, fotoszintézisüket vesztett garatos ostorosok, egyes obligát heterotróf euglénák.

A „moszatok” helye az eukarióták filogenetikai törzsfáján



Az eukariótáknak öt, egymástól korán elvált monofiletikus leszármazási vonala (kládja) van: Unikontok, Rhizaria, Excavata, Chromalveolata, Plantae. (Archaeplastida). Az ábrában zölddel vannak kiemelve azon taxonnevek, amelyeknek van (legalább egy) fotoszintézisre képes faja. A Embryophyta kivételével a megjelölt taxonok tartalmazzák a „moszatokat”. Fontos megjegyezni, hogy a megjelölt taxonokat a bennük öröklődő sejtszervecske, a kloroplasztisz teszi alkalmassá a fotoszintézisre, tehát ezeknek a szervezeteknek generációról generációra, vertikálisan átadódó plasztisza van. Öröklődő plasztisz tehát megtalálható –nem meglepő módon- a Plantae (növények) klád minden csoportjában, viszonylag gyakran a Chromalveolata klád Chromista részkládjában, emellett az Alveolata részkládjában (Dinoflagellata, Apicomplexa), de van öröklődő plasztisz a Rhizaria kládban (Chlorarachniophyta és Paulinella csoportjaiban), valamint az Excavata klád Euglenozoa (euglénák) taxonjában. Egyedül az Unikont kládnak nincs öröklődő plasztiszt tartalmazó képviselője. Az ábrából kitűnik, hogy a „moszatok” - legalábbis a plasztiszokat befogadó sejtek genomjának nukleáris eredetű szekvenciái molekuláris filogenetikai analízise alapján - polifiletikus taxon. Belátható továbbá, hogy azok a fotoszintetizáló szervezetek, amelyek nem tartoznak a Plantae (növények) kládjába, azok nem növények, így például a barnamoszatok (Heterokonta) sem, hanem Chromisták.

Az eukarióta plasztiszok eredete. Hogyan tettek szert plasztiszra az eukarióták?

Az eukarióta sejtek kialakulását az endoszimbiózis elmélet magyarázza, melynek lényege, hogy az eukarióta sejt többféle prokarióta sejt együttműködése révén jött létre. Az olyan sejt szervecskék, mint a mitokondriumok vagy a plasztiszok például bizonyos baktériumok bekebelezésével. A plasztiszok megjelenése az eukarióta sejtekben ennek a folyamatnak az utolsó lépése, mely csak egyes élőlénycsoportokban ment végbe.

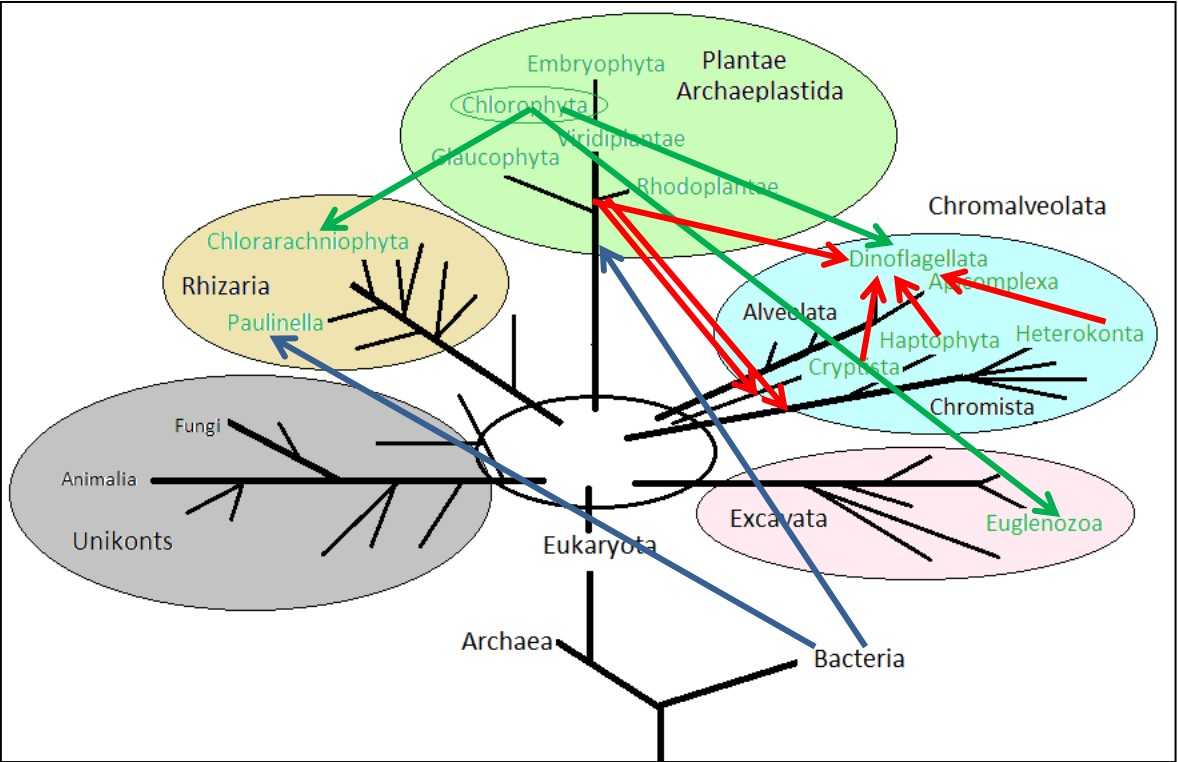
Az endoszimbiózis lépései

Első lépésben egy heterotróf (plasztisszal nem rendelkező) eukarióta sejt (sejtmaggal, mitokondriummal stb.) bekebelez egy fotoszintézisre képes prokarióta sejtet, egy Cyanobaktériumot, maga a Cyanobaktérium válik majd az eukarióta sejt plasztiszává. Ez az első lépés a plasztisz elsődleges endoszimbiózisa, röviden elsődleges endoszimbiózis. Az elsődleges endoszimbiózist követően a bekebelezett Cyanobaktériumot burkoló kettős membrán lesz a belőle kialakuló plasztisz kettős membránja, miközben a bekebelező fagoszómális membránja eliminálódik. A baktérium burkolómembránjai közötti peptidoglikán (murein) sejtfal idővel eltűnik.

További lépés lehet, ha egy már plasztisszal rendelkező sejtet kebelez be egy másik nem fotoszintetizáló eukarióta sejt, úgy hogy a bekebelezett sejt plasztisa a bekebelező sejt plasztiszává válik. A bekebelezettek ilyenkor elsődleges endoszimbiózis eredetű plasztisszal rendelkező sejtek. Ezt a folyamatot másodlagos endoszimbiózisnak nevezzük. Másodlagos endoszimbiózis során a plasztisz körül eredetileg négy burkolómembrán alakul ki (a kettő belső cyanobacteriális eredetű, a következő a bekebelezett külső, legkívüli a bekebelező fagoszómális membránjából származik), a bekebelezett sejt membránja egyes taxonoknál (Euglenozoa, Dinoflagellata) eltűnik, így a plasztisznak három burkolómembránja marad. A két belső és a két külső burkolómembrán között (a periplasztid térben) kezdeti stádiumban megmaradhat a bekebelezett sejt sejtmagmaradványa nukleomorfa formájában (pl. Cryptista, Chlorarachniophyta). A másodlagosnál magasabb szintű endoszimbiózisok is előfordulhatnak: Harmadlagos endoszimbiózis esetében a bekebelezett sejtnek másodlagos endoszimbiózis eredetű plasztisa van.

Minden szintű endoszimbiózis közös jellemzője, hogy a bekebelező sejt a bekebelezett sejtek génjeinek egyre nagyobb hányadának kódolását vonja el a saját nukleáris genomjába, ugyanakkor a plasztisz működéséhez szükséges (a citoplazma 80S riboszómáin szintetizálódó) fehérjéknek vissza kell kerülnie a plasztiszba (melynek saját cirkuláris DNS-ei és 70S prokarióta riboszómái vannak).

Az egyes moszatcsoportok plasztiszainak eredete



Elsődleges endoszimbiózissal szerzett plasztiszt a Plantae (növények) kládjának őse és a Rhizáriákhoz tartozó *Paulinella chromatophora*. (kék nyilak) A két vonalon bekebelezett cyanobaktériumok között nagy a filogenetikai távolság. [A korábbi filogenetikai analízisekkel szemben a plasztiszok ősének tekinthető Cyanobaktérium lényegesen leszármaztatottabb mai Cyanobaktérium csoportokkal áll testvérpozícióban, mint azt korábban feltételezték, legközelebbi mai rokonai fonalas szervezetségűek, egyforma eséllyel az Oscillatoriales, a Nostocales, vagy a Stigonematales rendekhez kapcsolódnak.]

Másodlagos endoszimbiózis eredetű plasztiszok találhatóak - némely Dinoflagellata csoport kivételével, ahol harmadlagos endoszimbiózis eredetű plasztisz van - az összes többi fotoszintetizáló eukarióta moszatcsoport sejtjeiben. A bekebelezettek mindig a Plantae kládból kerülnek ki. Ezen belül különbséget tehetünk a vörösmozzatokat (vagy azoktól nem jelentősen eltávolodott) sejteket bekebelező /vörös vonal/, és a zöldmoszatokat bekebelező /zöld vonal/ szervezetek között. Vörös vonalon szerzett plasztiszt a Chromisták őse (valószínűleg a Cryptista külön), és a másodlagos endoszimbiózis eredetű Dinoflagelláták többsége. Zöld vonalon szereztek plasztiszt másodlagos endoszimbiózissal a Dinoflagelláták kisebb hányada, a Chlorarachniophyták, és az Euglenozoák. A Dinoflagelláták harmadlagos eredetű plasztisza Chromista moszatok több taxonjának egysejtű képviselőinek bekebelezéséből származik.

Tanulságok: A Föld története során egy sikeres elsődleges endoszimbiotikus esemény játszódott le, mert minden fotoszintetizáló eukarióta plasztisza (a *Paulinella chromatophorae* kivételével) erre az egyetlen eseményre vezethető vissza, a plasztisz monofiletikus. Maga az esemény mintegy 1-1,2 milliárd évvel ezelőtt játszódhatott le. A sikeres elsődleges endoszimbiózis ritkaságának, molekuláris filogenetikai vizsgálatok alapján az lehet a magyarázata, hogy a sikeres elsődleges endoszimbiózis feltétele egy egyidejű *Chlamidia* baktériummal való fertőzőttség volt.

A moszatok testfelépítési típusai

Egysejtűek és kolóniáik – mozgás módja szerint:

Monadoid, monadális: vegetatív állapotban ostor van

Monadoid kolónia: több sejt alkotja, nagy számú sejt esetében differenciálódás lehet a sejtek működésében (Volvox)

Amőboid, rhizopódiális: vegetatív állapotban nincs ostor, állábakkal mozog, kolóniájuk a *plazmódium*

Kokkoid/kokkális: vegetatív állapotban nincs ostor, nem mozognak állábakkal, lebegnek a gamétáknak és a spóráknak lehet ostora

Palmelloid/tetrasporális kolónia:

vegetatív állapotban nincs ostor, kettő hatványai szerinti sejtszám (4,8,16, 32, ritkán 64)

Többsejtűek vagy több sejt értékűek:

Fonalas:

egyenes, elágazó, vagy el nem ágazó fonalakból állnak
sejtenként egy sejtmaggal

Talluszos/telepes/talloid:

minimálisan két irányban történik a szervezet kialakulása
sejtenként egy sejtmag

Szifonális/cönoblasztikus:

a szervezet egysejtű, de benne számos sejtmag található

[A szifonális és a fonalas-taloid formák kombinálódhatnak, pl. több sejt, sejtenként több sejtmaggal (*Cladophora*), többféle sajt van ugyanabban az organizmusban (*Chara*). Speciális forma a dazikladális: makroszkópikus egysejtű test egyetlen hosszú életű sejtmaggal (*Acetabularia*).]

A moszatok rendszerezése

A hagyományos rendszerekben az eukarióták öt országát különítik el: többsejtűségig eljutott kládot képviselnek az Animalia (állatok), Fungi (valódi gombák), Plantae (növények) és a Chromista (növényyszerűek) országai. Mindazon leszármazási vonalak, amelyek nem jutottak el a fejlett többsejtűségig a Protozoa (egysejtűek) országába tartoznak. A Protozoa parafiletikus taxon. Fotoszintetizáló szervezetek az Animalia és a Fungi országok kivételével mindegyikben vannak.

Protozoa - egysejtűek országa

Chlorarachniophyta (Rhizaria – klád)

5 nemzetség, < 20 faj, trópusi, mérsékeltövi tengerek, mixotróf táplálkozás

- a sejtek csupaszok, amőboidok, egysejtűek, a sejteket filopodiumok hálószerű plazmopodiummá kapcsolják.
- másodlagos endoszimbiózis eredetű színtest, a kétlebenyű, melyet négyes membrán takar. A tilakoidok 1-3-as kötegeket alkotnak, klorofill-a és -b, nukleomorfa. *Chlorella* testvér bekebelezett zöldmoszat.

Euglenozoa – ostoros moszatok (Excavata – klád)

~100 nemzetség, ~ 1000 faj, főleg eutróf (tápanyaggazdag) édesvizek, fakultatív fototróf, mixotróf táplálkozás, ragadozók is, az ozmotrófok gyakran élősködő obligát heterotrófok. Vízvirágzást okozhatnak.

- méretes, 50-60, esetleg 100 µm-es sejtek, henger (*Euglena*) vagy lapított (*Phacus*) vége felé elkeskenyedő sejtalak, amely a pellikula révén erős alakváltozásra képes.
- monadoid testfelépítés, ostoruk van, legtöbbször 1 nagy, és egy redukálódott második, az ostor a sejt csúcsi végén lévő tömlő formájú üregecskéből (ampulla) ered, melynek külső szűk nyílása a garat. Ragadozóknál kiölthető. Az ampulla hátsó részéhet pulzáló vakuólum kapcsolódik (lűktető üröcske). Hematokróom tartalmú, vöröses szemfolt a citoplazmában található, nincs kapcsolatban a színtesttel és közvetlenül az ampulla oldalánál, a hosszú ostor bazális duzzanata közelében található. Változatos alakú pirenoid.
- a sejtfelszínt pellikula alkotja, ami változó alakot biztosít a mikrotubulus – endoplazmatikus retikulum rendszer révén
- sejtfal nincs, de tokot képezhetnek (*Trachelomonas*, *Strombomonas*), ami poliszacharidból áll, vas- mangán sóktól sötét
- a sejtmagban a kromoszómák az osztódás interfázisában is láthatók, endonukleáris mitózis (nem oszlik fel a sejtmaghártya), csak mitózis ismert, ivarosság nincs
- plasztisz másodlagos endoszimbiózis eredetű ősi zöldmoszat (Prasinophyta) bekebelezésével, klorofill-a és -b, a színtesteket hármas membrán borítja, hármas kötegekbe rendeződött tilakoidok
- mitokondriumok lemezes szerkezetűek, lizinszintézis AAA úton (alfa-amino-adipinsav)

Dinoflagellata – páncélos ostorosok (Chromalveolata – klád, Alveolata részklád)

350 nemzetség ~ 2000 faj, ebből 1700 tengeri, + 2500 fosszilis faj, a Szilur kor óta ismert. Mixotróf táplálkozás, döntő többség fotoszintetizál. Sajátos táplálkozási mód a pallium nevű nyálkaszerű sejttartalom kibocsátása, majd a megemésztett moszatok visszaszívása a sejtbe. Monadoidok. A tengeri fajok között szimbionta (pl. korallokban) és parazita fajok is ismertek. Vízvirágzást okozhatnak (*Gymnodinium*, *Karenia*, *Dinophysis*), melynek során toxinokat termelhetnek („red tide”). A tengeri világító fajok a luciferáz enzimeknek köszönhetően világító vízvirágzást okoznak (*Noctiluca*). Nevezetes édesvízi fajuk a balatoni fecskemoszat (*Ceratium hirundinella*) tiszta vizet jelez.

- felszínüket cellulóz „péncél” borítja, a cellulóz páncél változatos alakú, rajta hosszanti szulkusz és haránt irányú cingulum barázdát különböztetünk meg → a kettő metszeténél (pleurokont /oldalsó/ helyzetben) 2 különböző ostor található: a cingulumban futó ostonon hullámos hártya, a sulcusban futón két sor masztigonámánál finomabb pillasor látható, az ostorok eltérő módon funkcionálnak
- plasztiszák másodlagos endoszimbiozissal alakultak ki, mind vörös, mind a zöld vonalon, de vannak közöttük harmadlagos endoszimbionták is, a színtest a 3-as burkolómembránnal borított úgynevezett dinoplaszt, nincs kapcsolatban az ER-mal és a magmembránnal, a tilakoidok túlnyomórészt hármas köteget alkotnak, színanyagok: klorofill-a, + -c1, -c2, zöld vonalon -b, a plasztisz a csoportban polifiletikus eredetű. A befogadó sejt tekintetében parafiletikusak, mert az Apikomplexa csoport (ide tartoznak pl. a malária, a toxoplazmózis kórokozói) molekuláris filogenetikai analízisekkel megerősítetten fotoszintézisét veszített dinoflagellátáknak tekinthetők.
- a sejtmag, a dinokarion ősi, nyugalmi állapotban jól láthatók a kromoszómák, a kromoszómák hisztonokkal nem stabilizáltak, nem oszlik fel a sejtmaghártya → endonukleáris mitózis, ivarosság van.
- mitokondrium csöves, a lizinszintézis DAP-os úton fut (diamino-pimelinsav).

Paulinella spp. (Rhizaria – klád)

10 faj / 1 (esetleg 2) fotoszintézisre képes faj, a *Paulinella* fajok amőboid egysejtűek, édesvizekben, leginkább tőzeglápokban élnek, nem tömegesek.

- tokjukat kovartartalmú sorokba rendezett lapocskák alkotják, a tok nyílásából gyorsan mozgó filopódiumok állnak ki,
- *Paulinella* nemzetség 9 faja közül egynek, a *Paulinella chromatophorának* vannak „plasztiszai”, sejtenként 1 vagy 2. A plasztisz elsődleges endoszimbiozis eredetű, a Glaucophyta cianellumaihoz hasonlók. A *Paulinella chromatophora* gazdasejtje a Rhizaria kládba tartozik, az Euglyphidae bazális csoportja, a *Paulinella chromatophora* „plasztisza” nem azonos eredetű a Plantae regnum plasztiszaival, így közvetve a másodlagos és harmadlagos endoszimbiozissal keletkezett plasztiszokkal sincs leszármazási kapcsolatban. A *Paulinella chromatophora* populációk kromatofórijai monofiletikus eredetűek, öröklődők, a *Paulinella chromatophora* egy nagyon kezdeti állapotban megrekedt, a Plantae-től független – egyben filogenetikai értelemben sikertelen – elsődleges endoszimbiozis-eseményre példa.
- Ivaros szaporodása nem ismert.

Chromista – növényyszerűek országa

(Rendszer Cavallier-Smith szerint)

--- SR: Cryptista

----- Ph. Cryptophyta

--- SR: Chromobionta

----- IR: Haptophyta

----- Ph. Haptophyta

----- IR: Heterokonta

----- Ph. Ochrophyta

----- IPh. Diatomea

----- IPh. Chrysista

----- Cl. Chrysophyceae

----- Cl. Xanthophyceae

----- Cl. Phaeophyceae

Regnum: Chromista (Chromalveolata-klád, Chromista részklád)

- lizinszintézis DAP (diamino-pimelinsav) úton,
- mitokondrium csöves,
- másodlagos endoszimbiózis eredetű plasztisz a "vörös vonalról", 4 burkolómembrán, CER – kloroplaszt-endoplazmatikus rendszer (a plasztisz külső burkoló membránja az endoplazmatikus retikulumon keresztül kapcsolódik a sejtmaghártyához), klorofill a + c.
- jellemző ostortípus a heteropleurokont (két oldalsó helyzetű, különböző hosszúságú és funkciójú ostor), masztigonéma (duzzadt alapú ostorpilla)
- cellulóz sejtfal, gyakran kova, vagy mész berakódással.

Diatomea (Bacillariophyta) – kovamoszatok

>500 nemzetség, ~50 000 faj, édes- és tengervizekben, talajban, gyakran tömegesek. A Centricea kokkális, a Pennatea speciális amőboid testfelépítésű, gyakran alkotnak kolóniákat, a Centricea álfonalakat.

- jellemző a sejtfalban lévő speciális plazmalemma, a szilikolemma által kiválasztott kovaváz. A kovaváz egy felső nagyobb és egy alsó kisebb részből áll: epitéka, ill. hipotéka. Ivartalan szaporodáskor az utódsejtek hiányzó lemeze mindig belül jön létre → az egyik akkora, mint az eredeti, a másik kisebb. A ledobott kovavázak kőzetalkotó mennyiségben szaporodhatnak fel → diatómaföld → dimanit → Nobel

- ostor csak a Centricea hím gamétáknál marad meg, a kétoldalasan masztigonémás, mely akrokont helyzetbe kerül.

Centricea (parafiletikus)

sugaras szimmetriájúak

nem mozognak, lebegnek, planktonalkotók

Pennatea (monofiletikus)

kétoldali szimmetriájúak

legtöbbjük az aljzaton való mozgásra képes, bentoszlakók

Xanthophyceae – sárgászöld moszatok

100 nemzetség, 600 faj, főleg édesvizek, kevés tengeri és talajban élő. Monadális, kokkális, ezek kolóniái, fonalas és szifonális (*Botrydium*, *Vaucheria*) testfelépítés.

Phaeophyceae - barnamoszatok

265 nemzetség, 1500 faj, kizárólag tengeriek, főleg hűvösebb tengerekben gyakoriak, fejlett telepes testfelépítés, olykor szervszerű teleprészekkel.

- Jód és brómfelhalmozók, alginát termelők.

Cryptophyta – garatos ostorosok

- 12 nemzetség, 200 faj, tengerek, édesvizek, brakkvizek, kevés obligát heterotróf, több mixotróf, monadoid testfelépítés
- két különböző hosszúságú ostor, szubakrokont helyzetben, a hosszabbikon két sor pilla található, a rövidebbik ostor csupasz, vagy egysorosan pillás.
 - dorzoventrálisan lapított sejtek, garat, lüktető vakuólum,
 - sejtenként egy, ritkábban kettő nagy plasztisz, tilakoidok kettős kötegekben, nukleomorfa. Fikobilinek vannak, fikobiliszómák nincsenek.

Haptophyta – mészmosságok

75 nemzetség, 500 faj, trópusi tengerek, monadoid testfelépítés, de vannak egyéb egysejtű sőt trichális formák is. Egyes fajok (*Coccolithus pelagicus*) meleg tengervízben (>28°C) való tömeges elszaporodása jelentős és gyors negatív visszacsatolódást idéz elő az általuk levegőbe juttatott DMS (dimetil-szulfid) felhőképző hatása miatt.

- két csúcsi helyzetű (akrokont), nem masztigonémás hagyományos (9 + 2) mikrotubuláris szerkezetű ostor + egy kétes funkciójú merev harmadik haptoneéma 6-7, rendezetlen mikrotubulussal,
- a Golgi-készülék az ostor alapi része és a sejtmag között helyezkednek el.
- a sejt felszínén gyakran apró, lapos vagy tűskés pikkelyek találhatók, melyek legtöbbször cellulózból állnak és sűrűn borítják azt, de lehetnek mésztartalmúak is. A mész a poliszacharid pikkelyalapra rakódik rá, így jön létre a Coccolithales rend nemzetségeire jellemző kokkolit, mely a geológiai kormeghatározásoknál alkalmazható,
- innentől a plasztiszban a tilakoidok hármaskötegeiek, nincsenek fikobilinek.

Chrysophyceae – sárgamoszatok

200 nemzetség, > 1000 faj, túlnyomó részük édesvízi, a tiszta vizeket részesítik előnyben, tömegesen télen fordulnak elő, a fajok jelentős része szabadon úszó (lebegő), ostoros, gyakran kolóniát képeznek, ritkán fonalasak.

- kovatartalmú ciszták a Cenozoikum korbeosztásában jelentősek.

Plantae – növények országa

Subregnum:

GLAUCOPHYTA – SZÜRKEMOSZATOK

Phylum: **Glaucophyta – cianellumos moszatok**

Subregnum:

RHODOPLANTAE – VÖRÖS SZÍNTESZTŰEK

Phylum: **Cyanidiophyta – kékvörös-moszatok**

Phylum: **Rhodophyta – vörösmoszatok**

Subregnum:

VIRIDIPLANTAE – ZÖLD SZÍNTESZTŰEK

Phylum: **Chlorophyta – zöldmoszatok**

Phylum: **Bryophyta – mohák**

Phylum: **Tracheophyta – edényes növények**

Regnum: Plantae

- lizinszintézis DAP (diamino-pimelinsav) úton,
- mitokondrium lemezes,
- elsődleges endoszimbiózis eredetű plasztisz, 2 burkolómembrán, vagy klorofill a (Glaucophyta, Rhodoplantae), vagy klorofill a + b (Viridiplantae)
- jellemző ostortípus az izoakrokont (kettő vagy négy elülső helyzetű, azonos hosszúságú ostor), vagy stefanokont (elülső helyzetű ostorkoszorú), simák, nem pillásak, nem masztigonémásak
- cellulóz sejtfa

Glaucophyta – cianellumos moszatok

4 nemzetség, <20 faj, édesvizek, ritkák, monadális testfelépítés

- felemás ostoruk van, mely a sejt csúcsi részén, egy kis bemélyedésből ered, az ostorok két sor finom pillát hordoznak, a pillák nem masztigonémák.
- a plasztisz (cianellum) hasonlít a cianobaktériumok Myxophyceae osztályának sejtfelépítésére, a színtest csak a-klorofillt tartalmaz, a tilakoidok magányosak, fikobiliszómákkal, a plasztisz burkolómembránjai között murein sejtfa, a színtest-DNS a kloroplaszt középső részébe koncentrálódik, itt található a sokszögletű karboxiszómák is.

Rhodoplantae – vörösszíntestűek

>300 nemzetség, ~ 7000 faj, 95% tengeri, főleg melegebb éghajlaton, 5% édesvízi, tiszta vizekben. Tengerekben a mélyebb (de még a fény által elérhető, 200 méter mélységig terjedő) vizekben uralkodóvá válnak. Egysejtű (kokkális), fonalas, elágazó fonalas, bekérgezett fonalas, majd telepes testfelépítés. Bonyolultabb felépítésnél monopodiális és multiaxiális (soktengelyű) csoportok figyelhetők meg, a legfejlettebbek álszövetesek.

- egyedfejlődésük során soha sincs ostoros alakjuk
- a plasztisz cianobaktérium-szerű (Myxophyceae): magányos tilakoidok fikobiliszómákkal, a burkolómembránok között már nincs meg a murein sejtfa, csak klorofill-a, sejtenként általában egy plasztisz, lebenyes karéjos alakú.
- jelentőségük: primer producensek és élőhelyteremtők, mészkiválasztó képviselőik zátonyépítők (*Corallina*), élelmiszer (*Porphyra*), agar és karragén (*Gelidium*, *Gracilaria*).
- A Cyanidiophyta extrém sótartalmú vizekben, hőforrásokban, azok iszapján, kokkális szervezettségű, ~ 100 faj.

Chlorophyta s.l. – zöldmoszatok

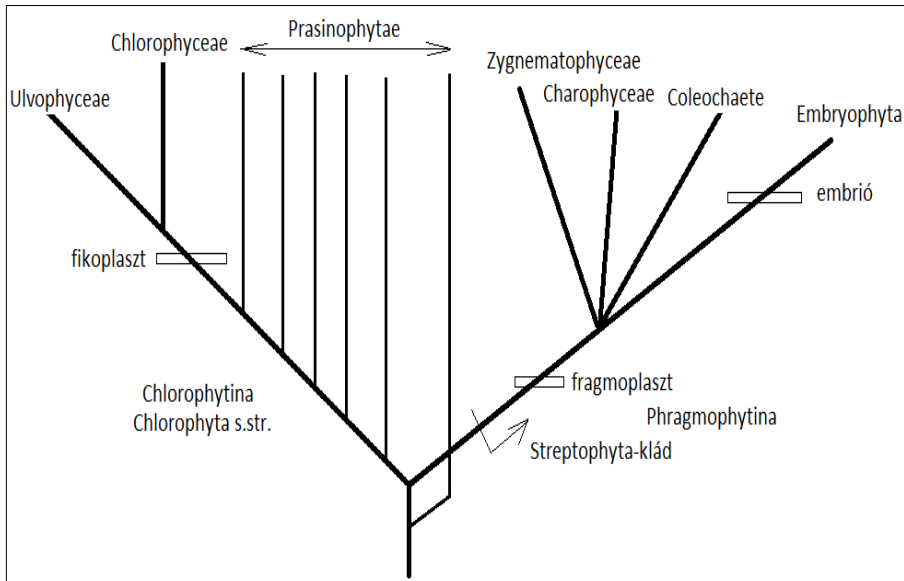
~ 300 nemzetség, ~ 8000 faj, főleg édesvíziek (~80%), változatos minőségű vizekben, több szárazföldi csoport, jelentős szimbioták, pl. a *Trebouxia*, *Trentepohlia* fajok a zuzmókban, mindenféle testfelépítési típus előfordul.

- akrokont helyzetű, leggyakrabban izoakrokont ostor jellemző, számuk 2 vagy 4, de előfordul stefanokont is (ostorkoszorú), az ostor mindig teljesen egyforma, sose masztigonémás, az ostor a sejt csúcsi részén helyezkedik el, de nagyon ritkán lehet oldalállású is, olykor hiányozhat Zygnematophyceae.

- a szintestet kettős plasztiszmembrán fedi, a szintest- és a sejtmagmembránt soha nem köti össze ER, a szintestekben a tilakoidok változó számban kapcsolódnak lemezekké, ill. néha oszlopszerű kötegekké (2-6, néha több). Elsődleges endoszimbiózis eredetű. A klorofill-a és -b élénkzöld színét a kiegészítő pigmentek nem fedik el, a Prasinophyta-zöldmoszatokban egy klorofill-c-re emlékeztető klorofillféleség is található. A pirenoid mindig a szintestben található, gyakran a tilakoidlemezek a pirenoidba is behatolnak és gyakran keményítőszemcsék borítják. Sejtenként általában 1, ritkábban kettő plasztisz található, változatos alakúak. A csillárkamoszatoknak van sejtenként sok, lencse alakú plasztisza.

- az ostoros alakoknak egy (néha több) szemfoltjuk van, mely a szintestben található, a szemfolt a plasztiszmembrán alatt, a sejt felszínének a közelében helyezkedik el a legfontosabb tartaléktápanyag a keményítő, mely apró szemcsék formájában a szintestben, vagy a pirenoid körül helyezkedik el → ilyenkor a keményítőszemcsék lencse alakúak, a pirenoidra simulva azt körülveszik.

- Zöldmoszatokból származnak az Embryophyták.



*Fikoplaszt – a telofázisos orsó mikrotubulusai a képződő sejtfallal párhuzamosan rendeződnek

Fragmoplaszt – a telofázisos orsó mikrotubulusai a képződő sejtfallal merőlegesen

A zöldmoszatok evolúciója

A ma élő zöldmoszatok legközelebbi közös őse körülbelül 1 milliárd évvel ezelőtt élt. Leginkább a mai Prasinophytæ – sötétzöldmoszatokhoz lehetett hasonló. Ezek monadoidok, a fajok túlnyomó többségére 4 egyforma hosszúságú akrokont ostor jellemző. Klorofill c is megtalálható az a és a b mellett. 15 nemzetségük, mintegy kétszáz fajuk döntő többsége tengeri. Parafiletikus taxont alkotnak. A Prasinophytæ-ből eredően emelkedik ki a zöldmoszatok két fő fejlődési vonala, az egyik vonalon *fikoplaszt, a másik vonalon fragmoplaszt kialakulása jellemző az osztódó sejtek új sejtfallának kialakulásakor. Mindkét fejlődési vonal, egysejtűeken keresztül fejlett többsejtű zöldmoszatok kialakulásához vezet, a fragmoplasztos vonalon jönnek létre az embriofiták, azaz a szárazföldi növények. A fragmoplasztok biztosítják a plazmodezmák kialakulását, jellegzetes mintázatuk miatt megjelenésükkel indul a Streptophyta-klád. Néhány taxon az ábrából: Chlorophyceae – zömmel egysejtű, kolóniás, álfonális édesvízi, ritkábban tengeri algák osztálya, beleértve a Trebouxiaikat is. Ulvophyceae – többségében tengeri, fonális, telepes, szifonális szervezetek. Zygnematophyceae – két szimmetrikus félre tagolódó egysejtű kokkális, vagy el nem ágazó fonális, efemer édesvizekre jellemzők. Charophyceae – bonyolult testfelépítésű, zsurlószerű alámerült rögzült hínárt alkotó édesvízi szervezetek. Coleochaete – édesvízi lapos telepes szervezetek, utólagos zigótavédelemmel, a májmohák – mint legősibb embriofiták – legegyszerűbben ebből a moszatcsoportból vezethetők le.