



Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.
Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep
Környezetvédelmi Osztály
Laboratóriumi csoport

Algatechnológiák és zöld innováció a szennyvíztisztításban

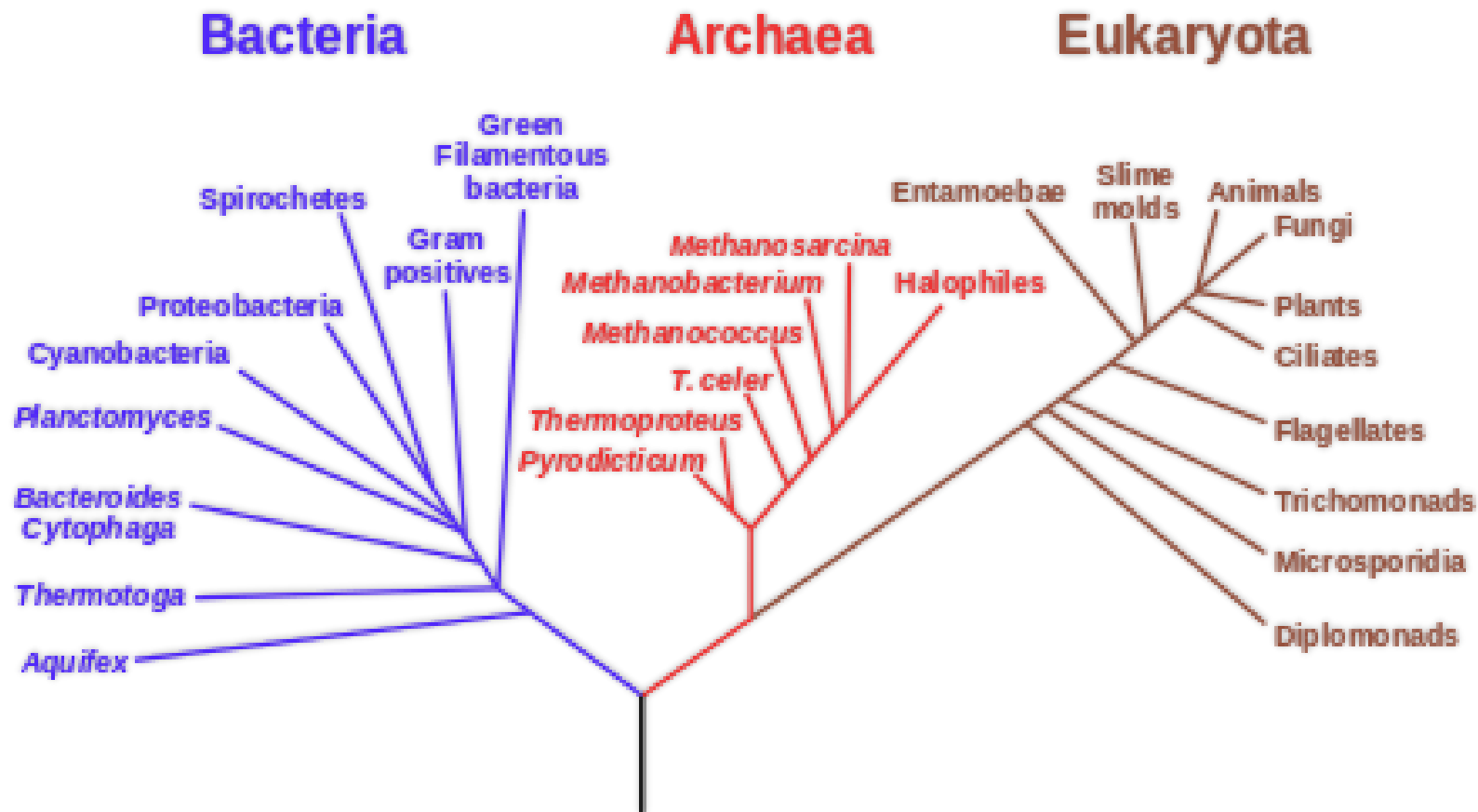
Nagy **Balázs** József
technológus mérnök

PhD hallgató, F-labor, BME
nagy.balazs.jozsef@mail.bme.hu

Előadás tematikája

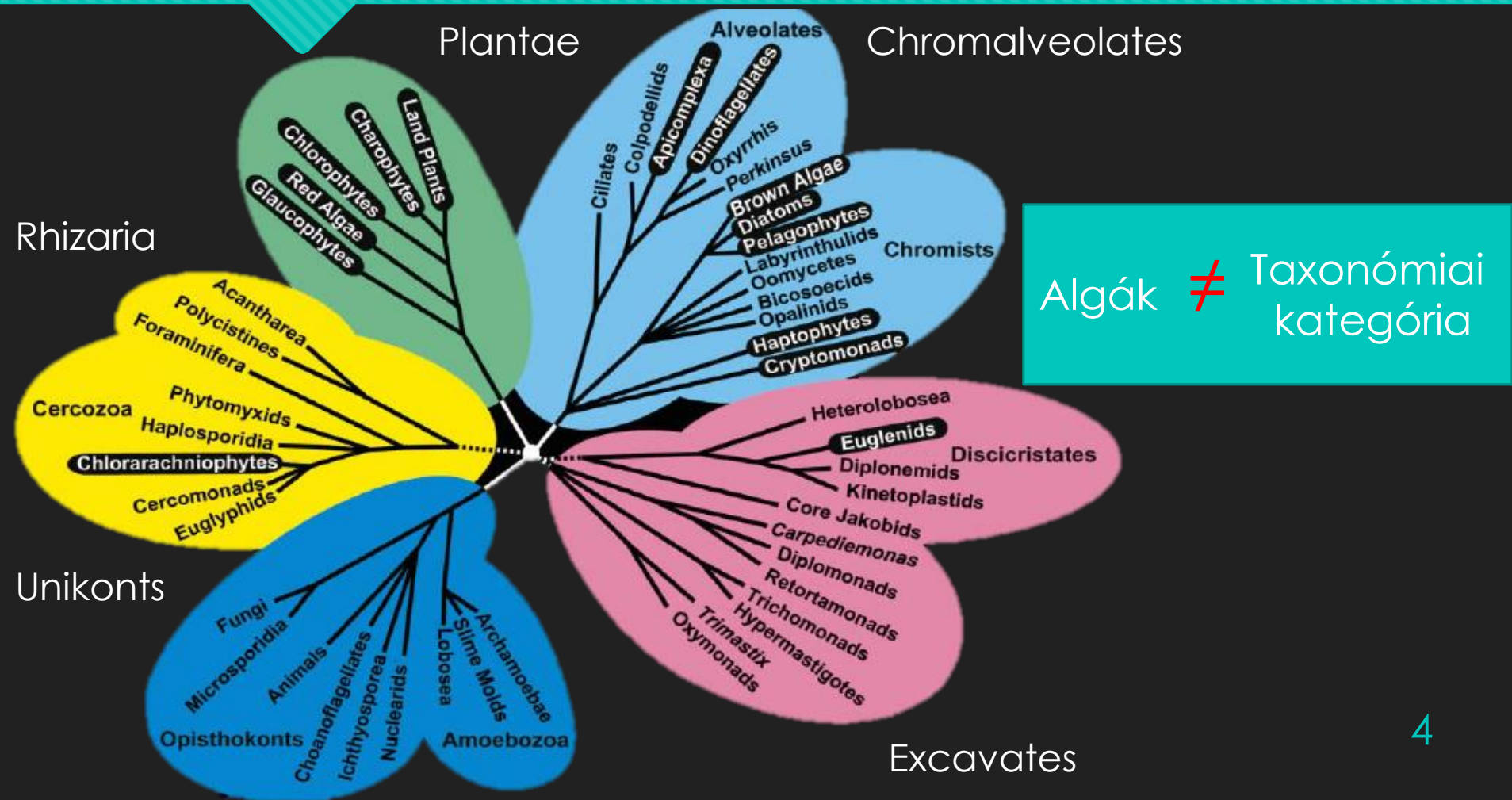
1. Bevezetés, filogenetika, evolúció
2. Algataxonómia – iparban jelentős algák
3. Algatechnológiák fejlődése
4. MAB2.0 projekt

Phylogenetic Tree of Life



Eukarióták „élet fája”

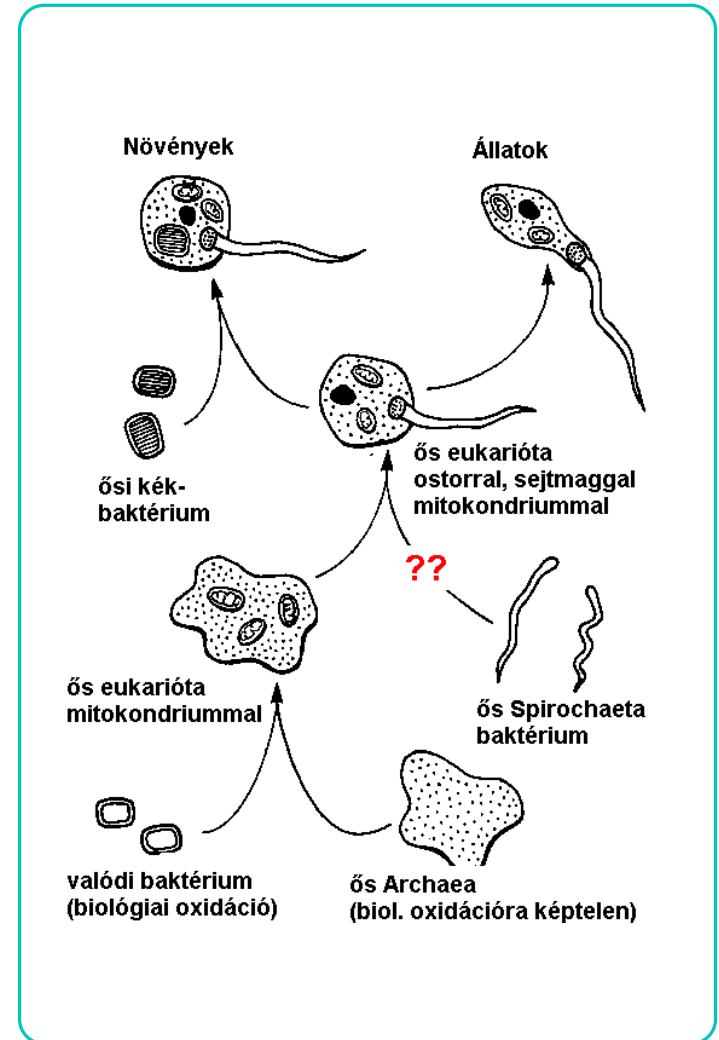
Keeling, 2004



Az eukarióta sejt kialakulásának lépései:

endoszimbiogenézis

- Kb. 850M éve kialakul egy aerob heterotróf, fagocitálni képes amőboid **elő-eukarióta**
- Bekebelez egy aerob anyagcserére képes prokariótát, amit nem emészt meg, hanem **mitokondriummá** válva a sejt energiatermelő organeluma lesz.
- Ostor kialakulása
- Fotoszintetizáló kékbaktérium bekebelezése → **KLOROPLASZTISZ**

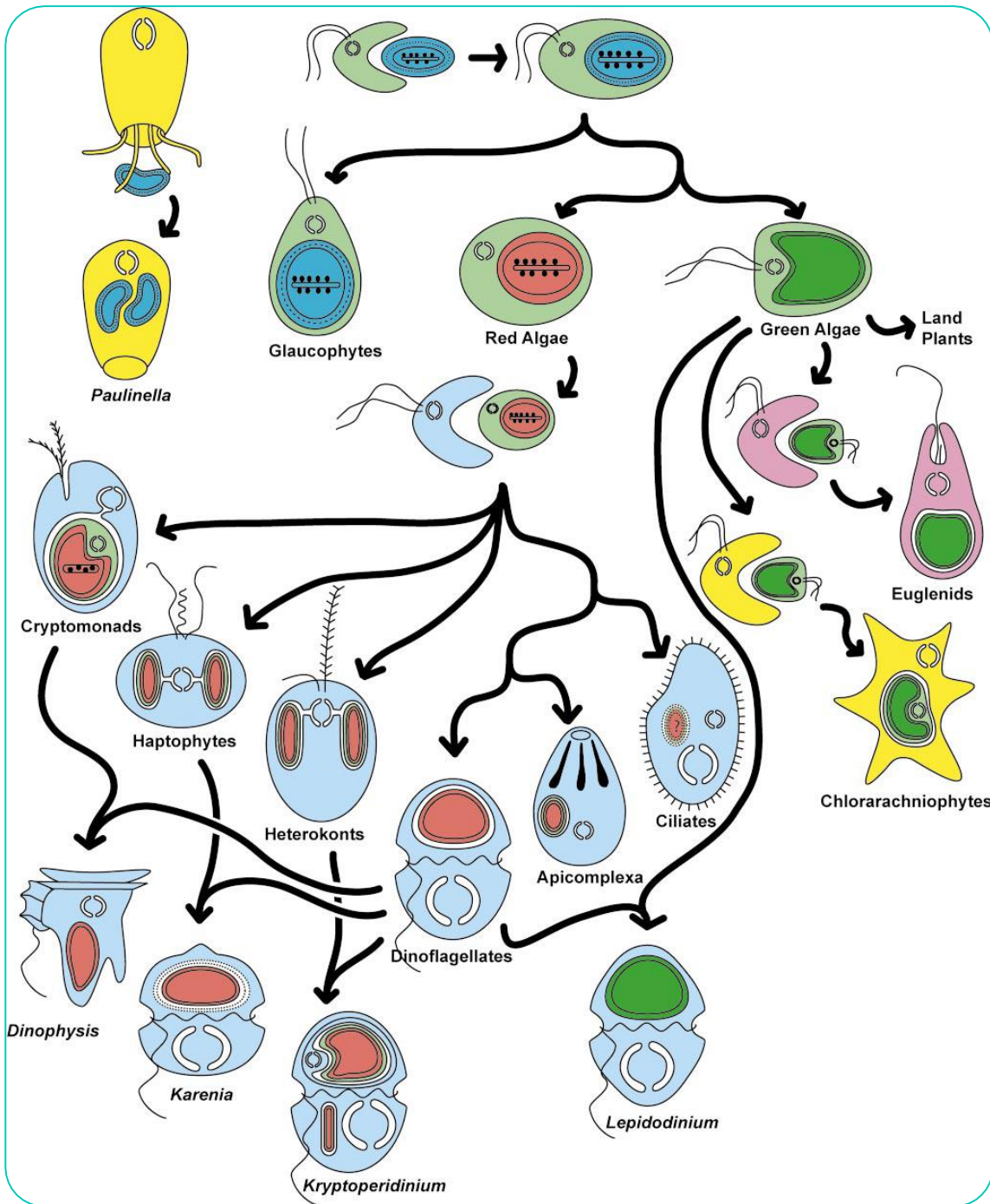


Endoszimbiogenézis kérdései

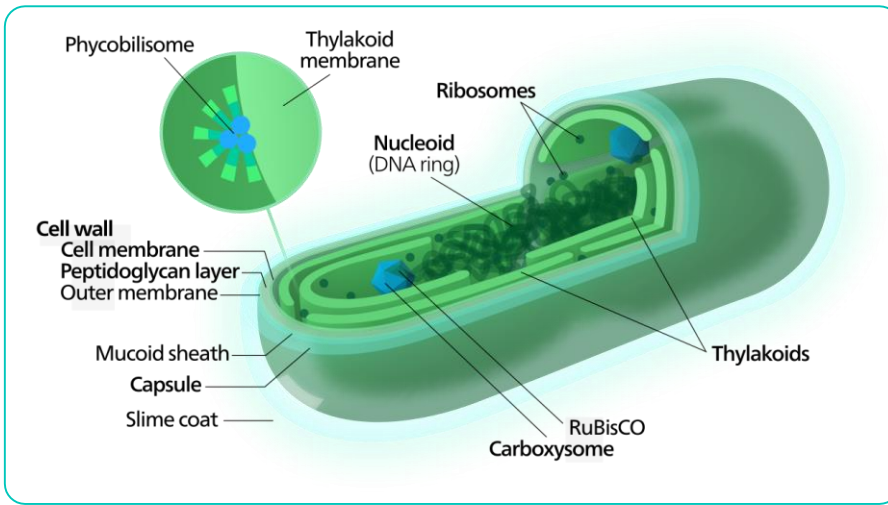
- Csak egyszer történt meg az evolúció során, a sokféle kloroplasztisz további másodlagos szimbiogenézis eredménye.
- A mai baktériumok körében nem ismert bekebelezés, ill. intracelluláris szimbiota, hiszen nem rendelkeznek fagocitáló mechanizmussal.
- **Bizonyítékok:**
 - Geosiphon – Nostoc
 - A kloroplasztisz és a mitokondrium önálló, bakteriális típusú DNS-el rendelkezik
 - Önálló fehérjeszintetizáló rendszer
 - A plasztisz és mitokondrium riboszóma nem eukarióta (80S), hanem bakteriális típusú (70S)
 - Egyes algák szinteste jobban megőrizte a cianobaktérium jellegét, mint a többi eukariótában (vörösalgák és glaukofiták)

Kloroplasztisz evolúciójának áttekintése

(Keeling, 2004)



- Elsődleges
- Másodlagos
- Harmadlagos endoszimbiogenezis
- ❖ **Plantae**
- ❖ **Excavata**
- ❖ **Rhizaria**
- ❖ **Chromalveolata**



Cyanobacteria Kékbaktériumok

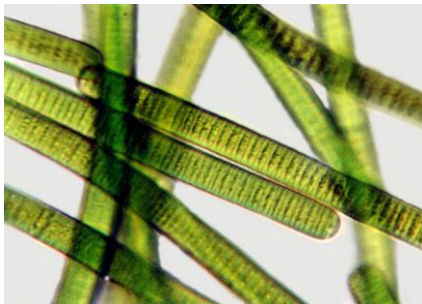
- Az első algák!
- 3,5 – 2,8 Mrd éve
- Az első szervezetek, amelyek mindkét fotokémiai rendszerrel rendelkeznek, és oxigént termelnek.
- A Föld oxidatív légkörének kialakítása.
- Ózonpajzs
- Légköri N₂ megkötése



Chroococcus



Synechocystis



Oscillatoria



Spirulina

Land Area Needed to Produce One Kilogram of Protein

	Sq. Meters	Quality
Spirulina^a 65% protein	0.6	non-fertile
Soybeans^b 34% protein	16	fertile
Corn^b 9% protein	22	fertile
Grain-fed Feedlot Beef^b 20% protein	190	fertile

^a Y. Ota, Earthrise Farms, California 1995

^b Leesley, et al. "A low energy method of manufacturing high-grade protein using spirulina," University of Texas, 1980. Pimentel, 1975, USDA

Water Needed to Produce One Kilogram of Protein

	Liters	Quality
Spirulina^a 65% protein	2100	brackish
Soybeans^b 34% protein	9000	fresh
Corn^b 9% protein	12500	fresh
Grain-fed Feedlot Beef^b 20% protein	105000	fresh

^a Y. Ota, Earthrise Farms, California 1995

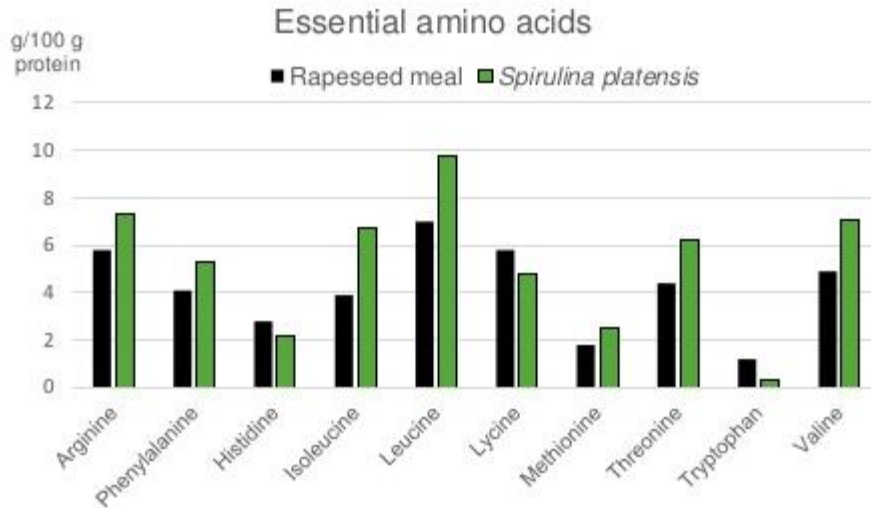
^b Diet for a Small Planet, 1982, pg. 76-77, Dr. David Pimentel, Cornell University, 1981.

Cyanobacteria Kékbaktériumok

- Spirulina táplálékkiegészítők (~65-70% protein)



ALSO THE QUALITY OF PROTEIN MATTERS!



Histidine is the first limiting amino acid in grass silage and cereal –based nutrition of dairy cows

marjukka.lamminen@helsinki.fi

5



Cyanobacteria Kékbaktériumok

- Flamingók rózsás színe az elfogyasztott *Spirulina* **fikoeritrin** pigmentjéből adódik.



10

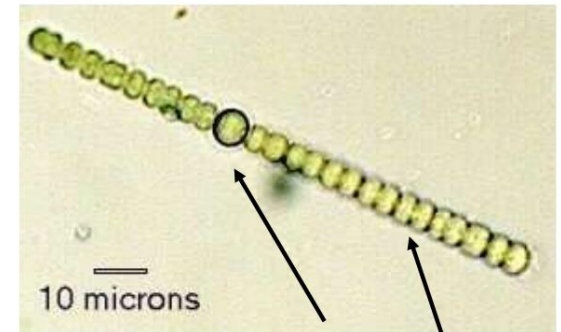
Anabaena

- Rice can often be grown continuously on the same land without the addition of fertilizers because of the presence of nitrogen-fixing cyanobacteria, such as *Anabaena*, in the rice paddies.



Figure 13-14
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W.H. Freeman and Company

Cyanobacteria Kékbaktériumok



Anabaena

Vegetative cells

Heterocyst

Genus	No. of strains
Aphanocapsa	1
Dactylococcopsis	1
Merismopedia	1
Microcystis	2
Synechocystis	1
Anabaena	40
Anabaenopsis	2
Calothrix	6
Cylindrospermum	2
Nostoc	55
Nodularia	3
Tolypotrix	3
Oscillatoria	24
Anthrospira	1
Genera-14	Strains-142

- Nitrogénmegkötés
- Heterociszták
- Nagyobbak, mint a vegetatív sejtek
- Bennük a nitrogenáz enzim
- Szerepe az oxigénmentes környezet biztosítása
- Rizsföldek (Korea) elsődleges N-forrása
- Gombaellenes aktivitás

Talajjavítás - nitrogénmegkötés

Műtrágyázás hátrányai

- Zavarja a növény-mikroorganizmus kapcsolatokat, gátolhatja a nitrogénkötőkkel való szimbiózist.
- Gyengíti a növényi szövetek védekezőképességét a kártevőkkel és gombákkal szemben.
- Nem javítja a talajszerkezetét, ami a tápanyagok kimosódásához vezet.
- Elsavanyodás vagy lúgosodás. Visszafordíthatatlan károsodás, az ökoszisztéma felborulása.

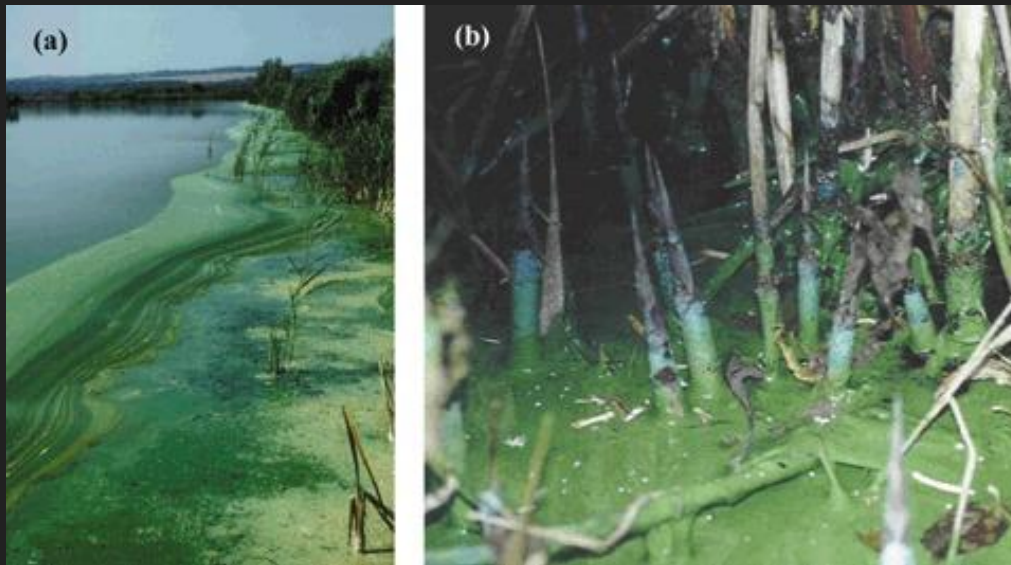
Talajjavítók előnyei

- Növeli a természetes mikroflóra diverzitását.
- Patogének és paraziták elleni védelmet nyújt.
- A tápanyag-visszapótlás kiegyensúlyozottabb, amiben a mikroorganizmusok fontos szerepet játszanak.
- A szervesanyag növelésével a tápanyagok kolloidokat képezve javítják a talaj szerkezetét.

Cyanobacteria

Kékbaktériumok

Microcystis aeruginosa



Máthé Csaba, 2007, Kis-Balaton

- Toxintermelés: hepato- és neurotoxinok; növényekre, állatokra, emberre.
- Algae bloom (vízvirágzás)
- Globális probléma
- Magas szervesanyag- és mesterséges kemikáliákkal szennyezett, eutrofizálódó édesvizekben
- Nyáron, magas víz hőmérséklet

Rhodophyta

Vörösalgák

- *Porphyra* nevezetű vörösalgából Japánban a „Nori” nevezetű ételt készítenek.
- Agar-agar (*Gelidium*)
 - Agaróz és agaropektin
 - Mikrobiológiai táptalajok, gyógyszeripar, élelmiszeripar



Charophyta és Chlorophyta Csillárkamoszatok és Zöldalgák

Mycrasterias



Acetabularia

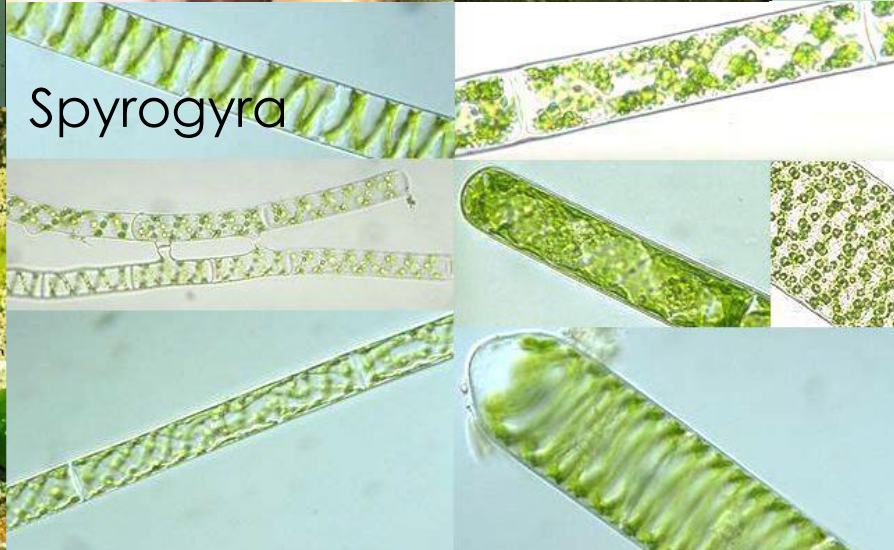


Closterium

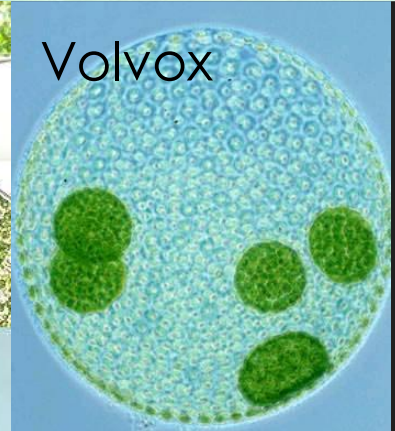


Ulya

Spyrogyra

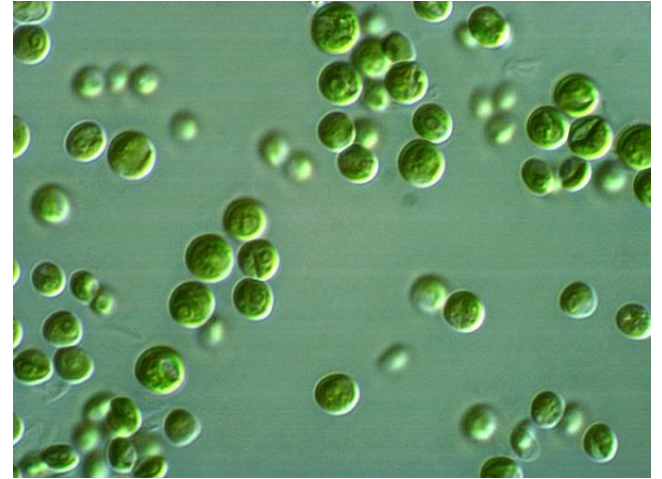


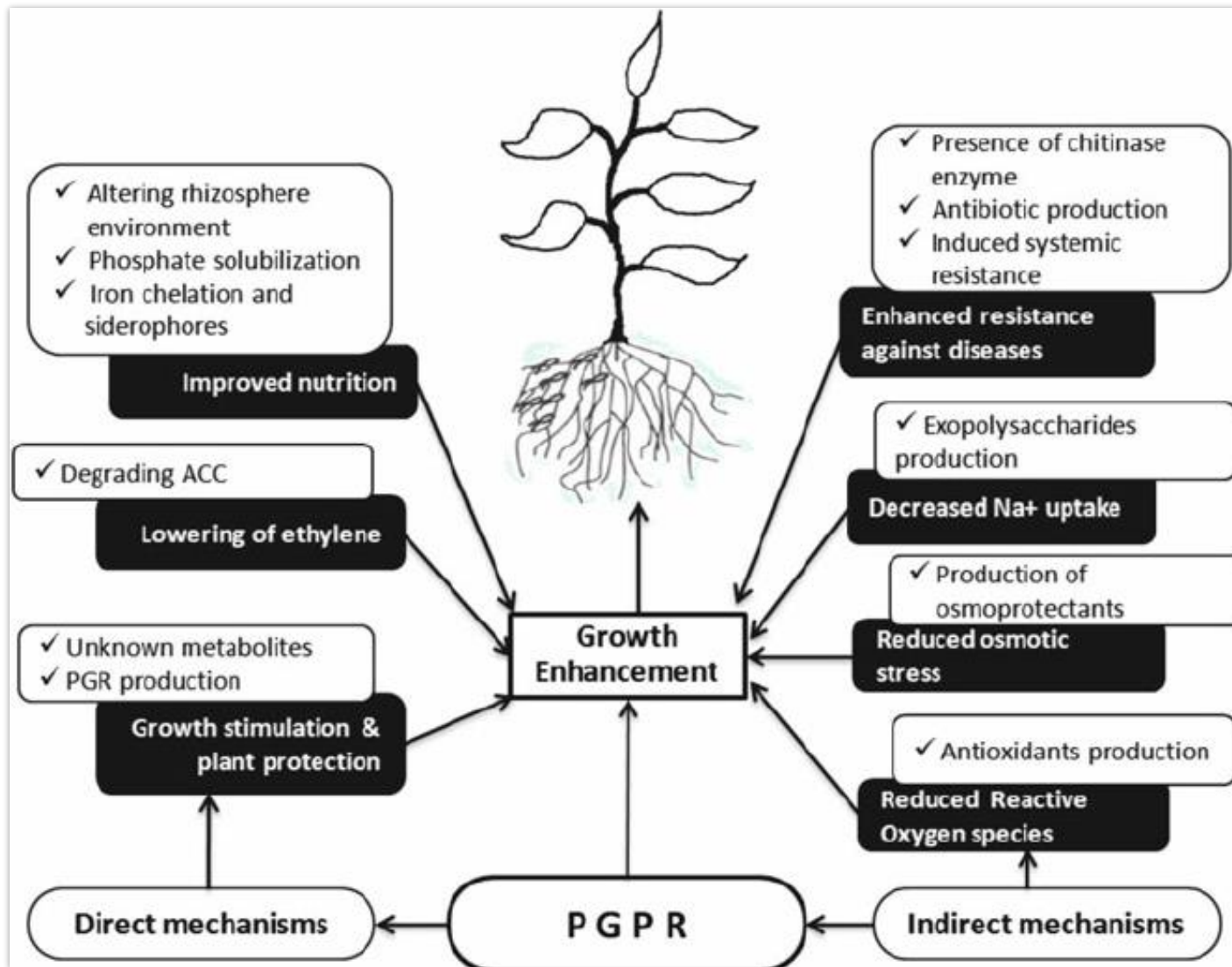
Volvox



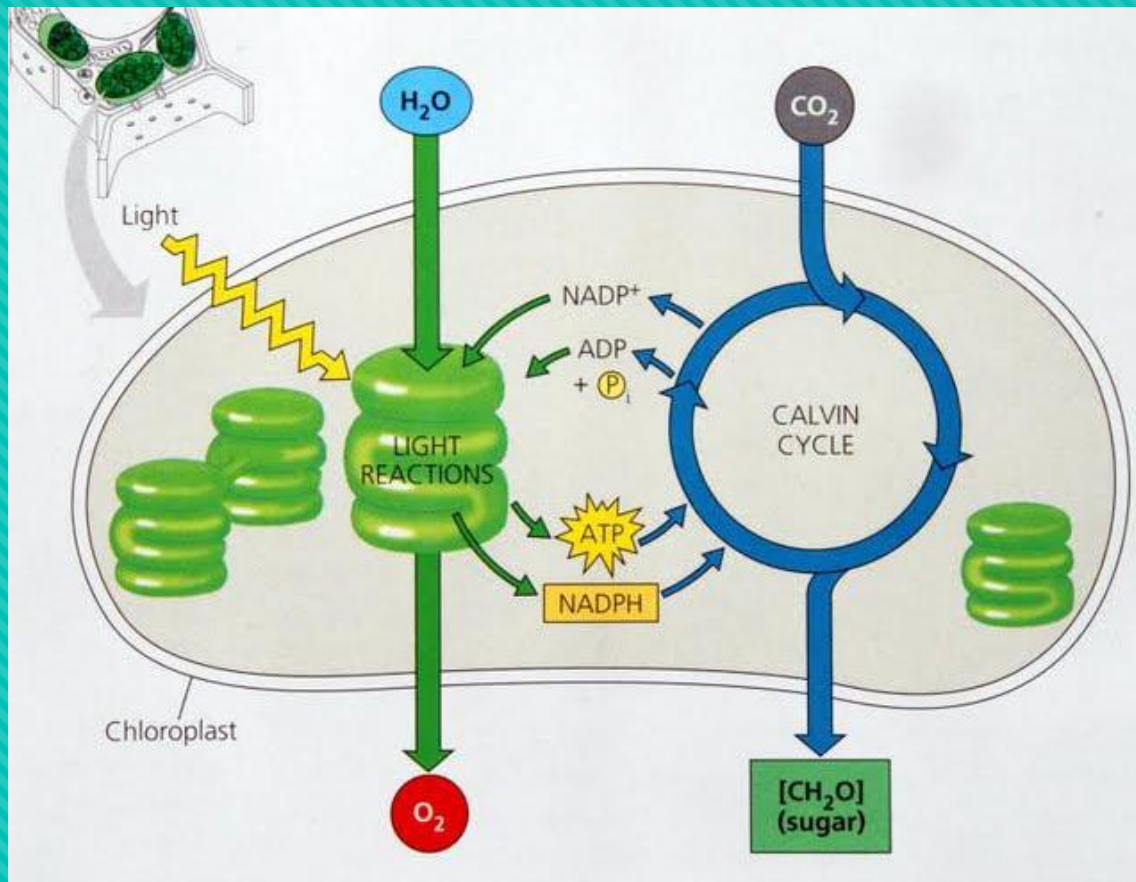
Chlorella

- takarmányként v. emberi táplálékkiegészítőként édesvízi „algafarmokon” termesztik
- 50% fehérjetartalom, vitaminok
- Egysejtű, 2-10 µm, mozgásképtelen zöldalga
- Elsődleges endoszimbiogenezis
- Kétrétegű kloroplasztisz membrán
- Nagy serlegalakú kloroplasztisz
- Klorofill *a* és *b*





Plant Growth promoting Bacteria – „PGPR”



Fotoszintézis vázlat

Algatenyésztés körülményei:

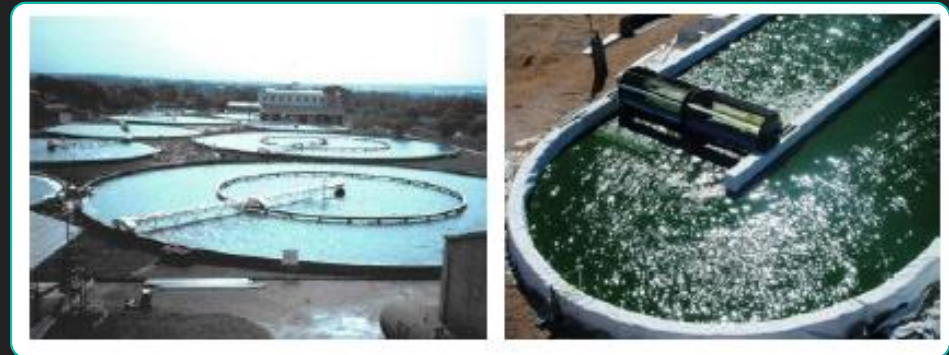
1. autotróf
2. mixotróf
3. heterotróf

Algatechnológia kialakulása

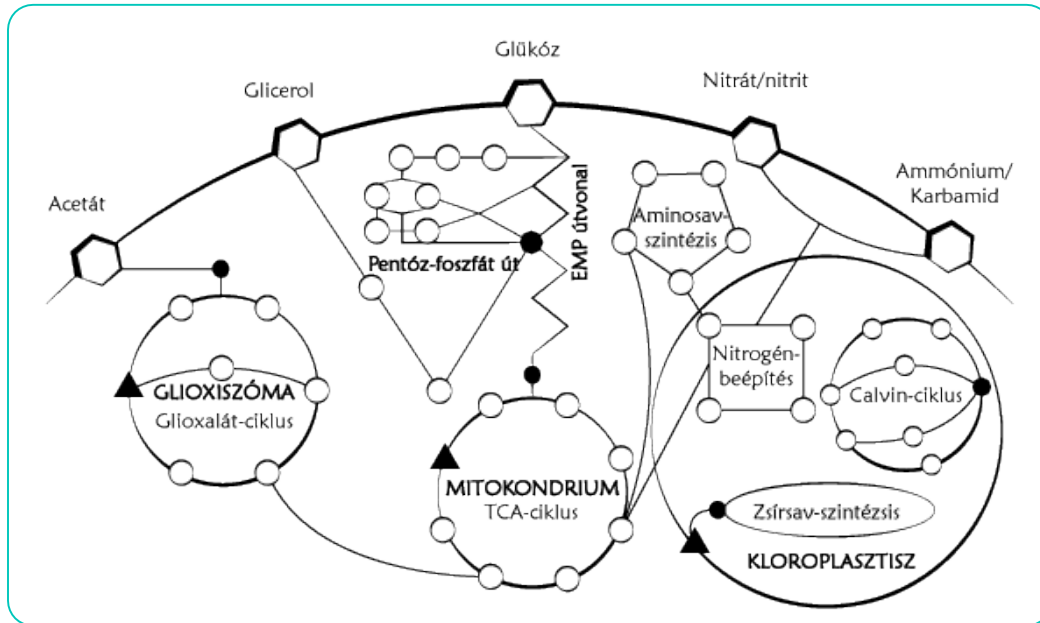
- Először morfológia, taxonómia, ökológia (**primer termelők**)
→ ALGOLÓGIA
- Ipari mértékű sejtömeg-előállítás
- Kiemelt szerepben a fotoautotróf tenyésztés, hiszen alacsony alapanyag- és energiaigényű
- Különféle reaktordizájn → fő irány a biodízelgyártás
- Alternatív megközelítés szerves szénforrás használatával → heterotróf tenyésztés

Fotobioreaktorok

- Többgenerációs technológia
- Elrendezés, geometriai kihívások
- Limitált fényellátás
- Kiszolgáltatott a környezet változékonyságára
- Biomassza elválasztása energiaigényes
- Relatív alacsony sejtszám
- Szűkös gyártható terméklista
- Léptéknövelés nehézségei



Heterotróf



- A szerves szénforrás transzporterei: glükóz – HUP
- Keményítő- és zsírsavszintézis
- „Nitrogénéhség” → növekvő lipidtartalom → feltehetőleg azért, mert kell N a keményítőszintézis enzimtermeléséhez

Heterotróf tenyésztés

- Szénforrással tápláljuk
- Nem minden algatörzs képes rá
- Magas elérhető sejtkoncentráció
- Axénikus, monokultúra, sterilizálható
- Könnyebb léptéknövelés, alacsonyabb fajlagos költségek
- Gyógyszeripari fermentációs eljárások alkalmazhatók
- Nagy hozzáadott értékű termékek előállítása

No	Microalgae	Carbon source	Application	Reference
1	Chlorella protothecoides	Glucose, Yeast extract	biodiesel	Yun Cheng et al., 2009
2	Chlorella protothecoides	Sugarcane juice, Glucose	biodiesel	Cheng et al., 2009
3	Chlorella protothecoides	glucose	Lipid, lipid as a oil, biodiesel	X. Miao and Q. Wu, 2006; H. Xu et al., 2006;
4	Chlorella protothecoides starin 25	glucose	Lipid	T. L. da Silva, et al., 2009
5	Gyrodinium dominans	acetate	Lipid	E.D.Lund et al., 2009
6	Chlorella vulgaris	acetate, glucose, glycerol	Lipid Biodiesel	Y.Lian et al., 2009



Heterotróf tenyésztés

Dokozahexénsav

↓ ↓ ↓ ↓
OMEGA-6
TO
OMEGA-3
RATIO¹

REDUCES
INFLAMMATORY
RESPONSE²

REDUCES RISK OF
CARDIAC DISEASE^{3,4,5}

HEART RATE
BLOOD PRESSURE
IMMUNE FUNCTION
SUPPORT ANTI-INFLAMMATORY
AND ANTIARRHYTHMIC EFFECTS

SKIN
AND COAT
CONDITION⁶

PREVENTS AGE-RELATED
MENTAL DECLINE^{7,8}



DHA OMEGA-3

IMPROVING YOUR PET'S HEALTH NATURALLY

DECREASES
INTESTINAL
INFLAMMATION⁹



LESSENS SEVERITY
OF ARTHRITIS¹⁰

< 1 %
DOG'S CONVERSION
RATE OF ALA TO DHA¹¹



SUPPORTS
BRAIN AND EYE
DEVELOPMENT^{11,12}

IMPROVES
LEARNING AND
TRAINABILITY^{13,15}



ENRICHED
PET FOOD

References:

1. Sinagra AP. *Pharmacotherapy*, 2002. 2. LeBlanc C, et al. *Am J Vet Sci*, 2003. 3. Freeman LM. *J Sm Ani Pra*, 1998. 4. Samaha J, et al. *J Am College Card*, 2007. 5. Smith C, et al. *J Vet Int Med*, 2007. 6. Logan D, et al. *Vet Derm*, 1994. 7. Bauer JE. *J Am Vet Med Assoc*, 2006. 8. Filburn DR. *Vet Therapy*, 2006. 9. Hickman MA. *Clinic Tech Sm Ani Prac*, 2010. 10. Fitzsch D, et al. *J Am Vet Med Assoc*, 2010. 11. Heinemann K, et al. *J Nutr*, 2005. 12. Heinemann K, et al. *J Am Med Assoc*, 2008. 13. Bauer JE, et al. *J Nutr*, 2006. 14. Kelly RL, et al. *Comp Int Sci Sm Fatty Acids Lipids*, 2004. 15. Hoffman L, et al. (unpublished data, 2007).

Alltech
Nurturing the world. Naturally.

For more information about omega-3 and DHA,
please contact your local Alltech representative.

- Áttörés a heterotróf algatenyésztésben
- Tiszta vegyület állítható elő

MAB^{2.0}

MICRO ALGAE BIOREFINERY

**Integration of algae production into waste water treatment:
Introduction of the Climate-KIC
Microalgae Biorefinery2.0 project**

Miklós Gyalai-Korpos, PANNON Pro Innovations Ltd.
Agriforvalor project meeting, 24 February 2017, Budapest

Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep

- Szennyvízgyűjtés és kezelés
- Biogáz-termelés és hulladékkezelés
- Környezetbarát technológiák
- Fejlett labor
- Napi kapacitás: 200 000 m³
- 3 MW energia biogázból



Érvek az algák mellett

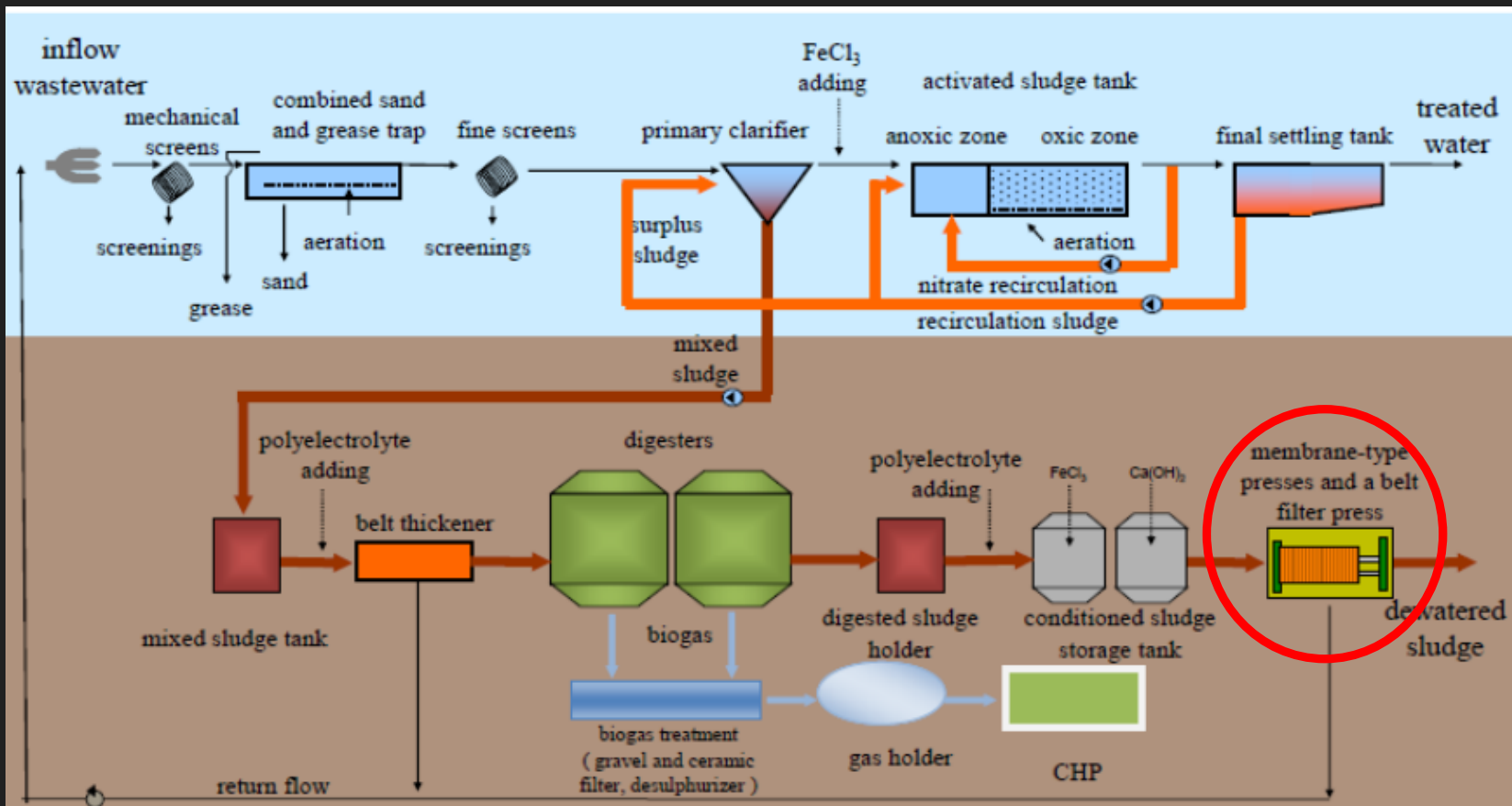
- Hatékony nitrogén és foszforeltávolító képesség
- Gyors szaporodás
- „Korlátlan” ingyen alapanyagok (napfény, csurgalékvíz, füstgáz)
- Értékes biomassza

Algatechnológiák integrálása a szennyvíztisztításba

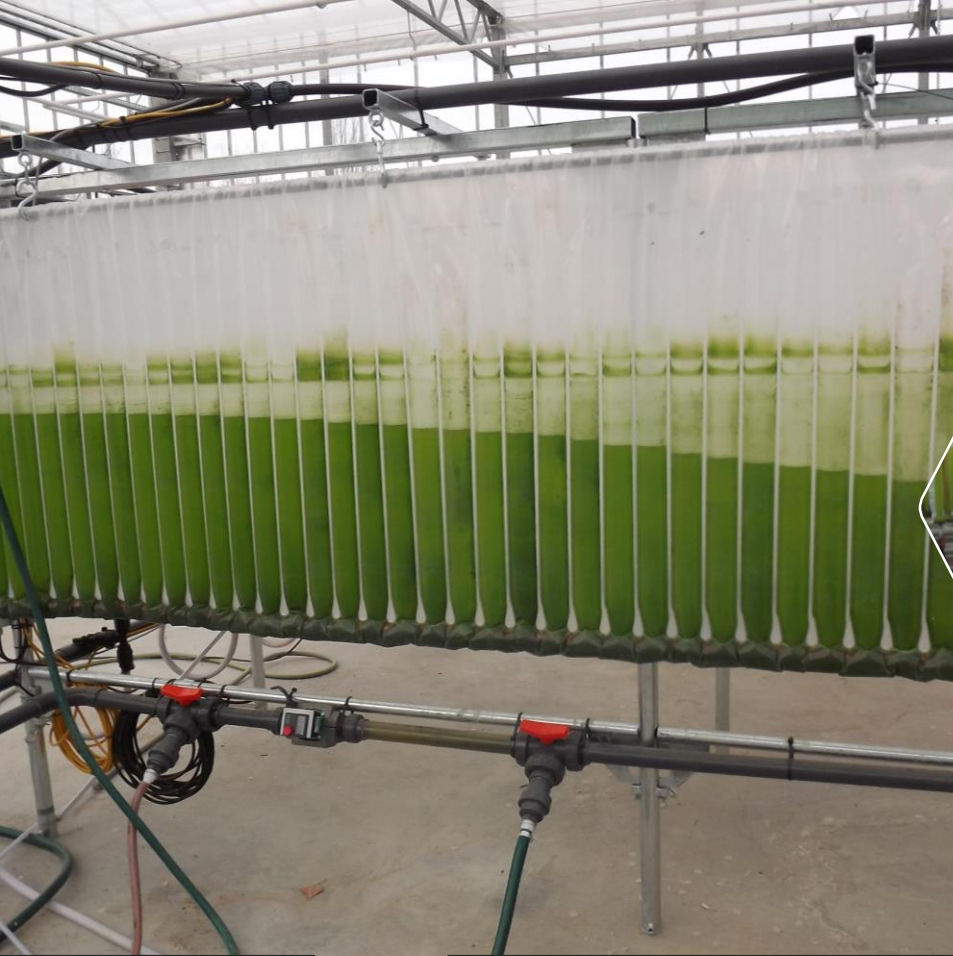
- Törzsszelekció (MACC)
- Infrastruktúra
- Technológia integrálása
- Termékfelhasználás nehézségei



Telep sémája







Testing different reactor designs

2013-2016

Plastic bag reactor



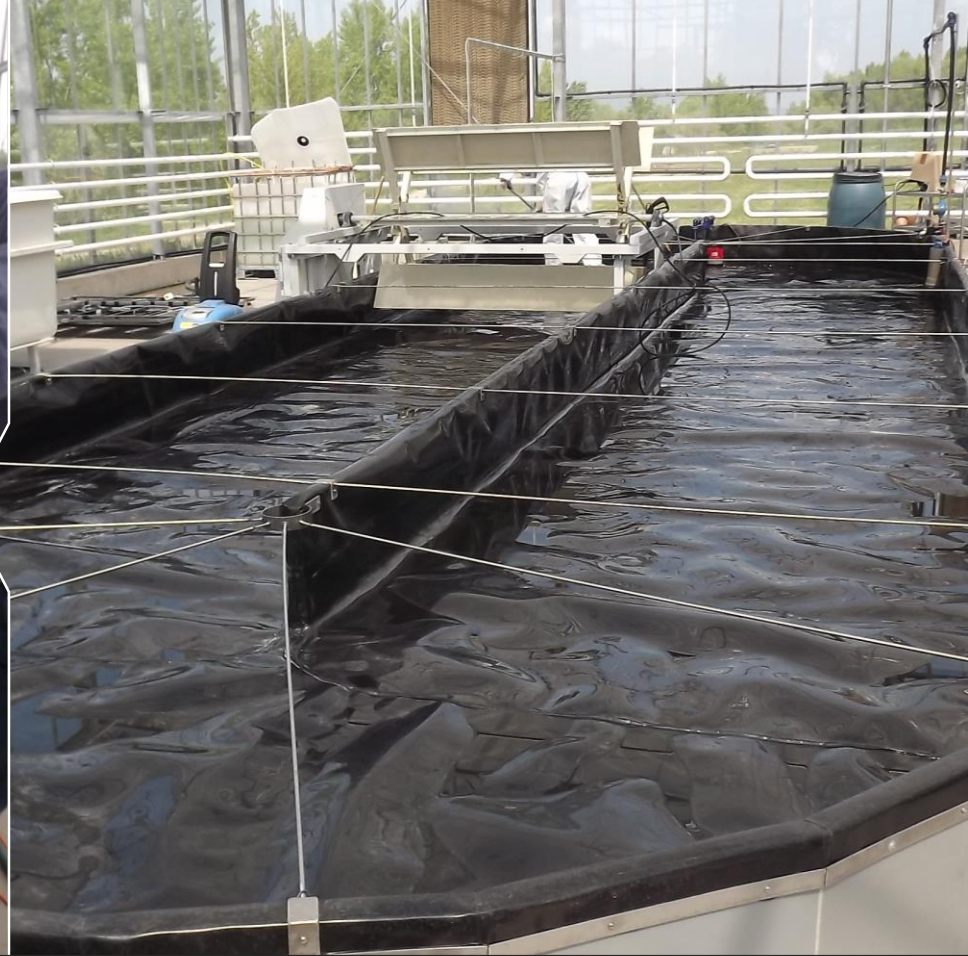
**Testing different reactor designs
2015-2016**

Tubular photobioreactor

Testing different reactor designs 2016

Tank with internal LED lighting





Focusing on the **raceway pond**
2017

Félfolytonos tenyésztés

Low algae cell
concentration
250 mg/L

Weekly AD
effluent feed
3-6 m³

Weekly
harvesting
1,5 kg CDW

CO₂ or flue
gas input

Less human
resources

The background of the slide is a microscopic image of green algae. It shows various stages of cell division and growth, with many green, oval-shaped cells and some elongated, chain-like structures. The cells are set against a light, slightly grainy background.

Kihívások

- Megfelelő áramlás
- Nyitott rendszer
- Fertőzések, kitapadás
- Időjárás



Váratlan kipusztulás

- Paraziták, predátorok
- Idegen mikrobiális aktivitás
- Éhezés



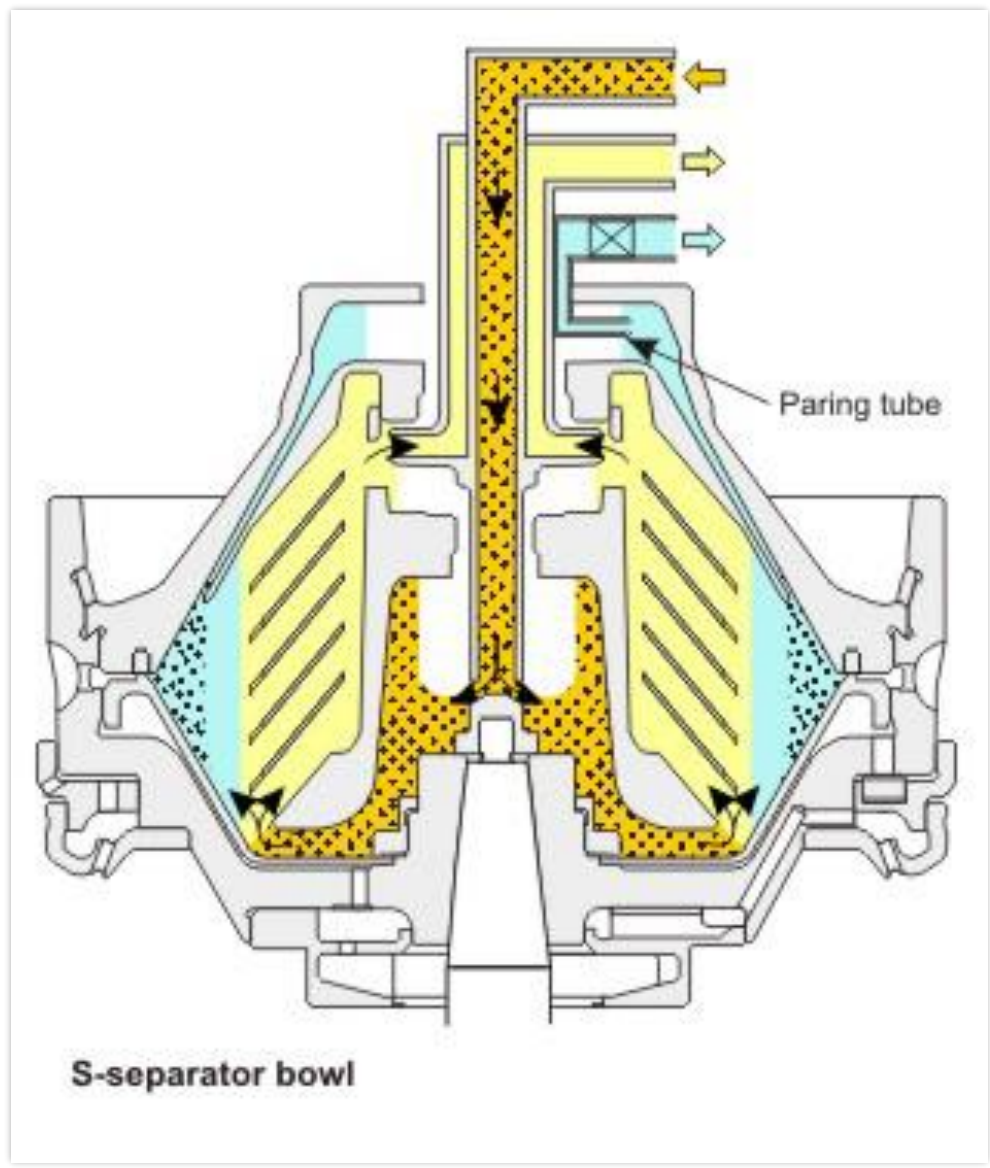
Kihívások

- Füstgáz korrodálja az alkatrészeket
- Nagymennyiségű tiszta csurgalékvíz előállítása
- „Aratás” nagyteljesítményű folytonos centrifugával





GEA Westfalia Separator



GEA Westfalia Separator

50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól → PPGR?

- pH 5,5 ; nitrát 50 mg/L
- *termőrétegének vastagsága 60 centiméternél kevesebb,*
- *Talajvizének évi átlagos szintje 150 cm-nél magasabb, és a talajvízszint legmagasabb átlaga éri el a 100 centimétert*
- Tilos a szennyvíz vagy szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása, ha azokban a mérgező (toxikus) elemek vagy károsanyagok koncentrációja meghaladja a közölt határértékeket.
- A 6 százaléknál nagyobb lejtésű területen szennyvíz, illetve folyékony szennyvíziszap felhasználása tilos. Víztelenített szennyvíziszapot (ha szárazanyag tartalma több mint 25 százalék) csak 12 százaléknál kisebb lejtésű területen lehet felhasználni.
- Szennyvíz, szennyvíziszap felhasználása tilos a zöldségnövények és a talajjal érintkező gyümölcsök termesztése esetében a termesztés évében, valamint az azt megelőző évben.

Más felhasználási területek

- Bioműanyag
- Fehérjekivonat (~40%)
- Parkzöldítés

Köszönöm a figyelmet!



- Nagy Balázs József
- *Felhasznált tananyag: ELTE TTK, Kalapos Tibor, Növényrendszertan I.*
- *Gyalai-Korpos Miklós, PPIS*

