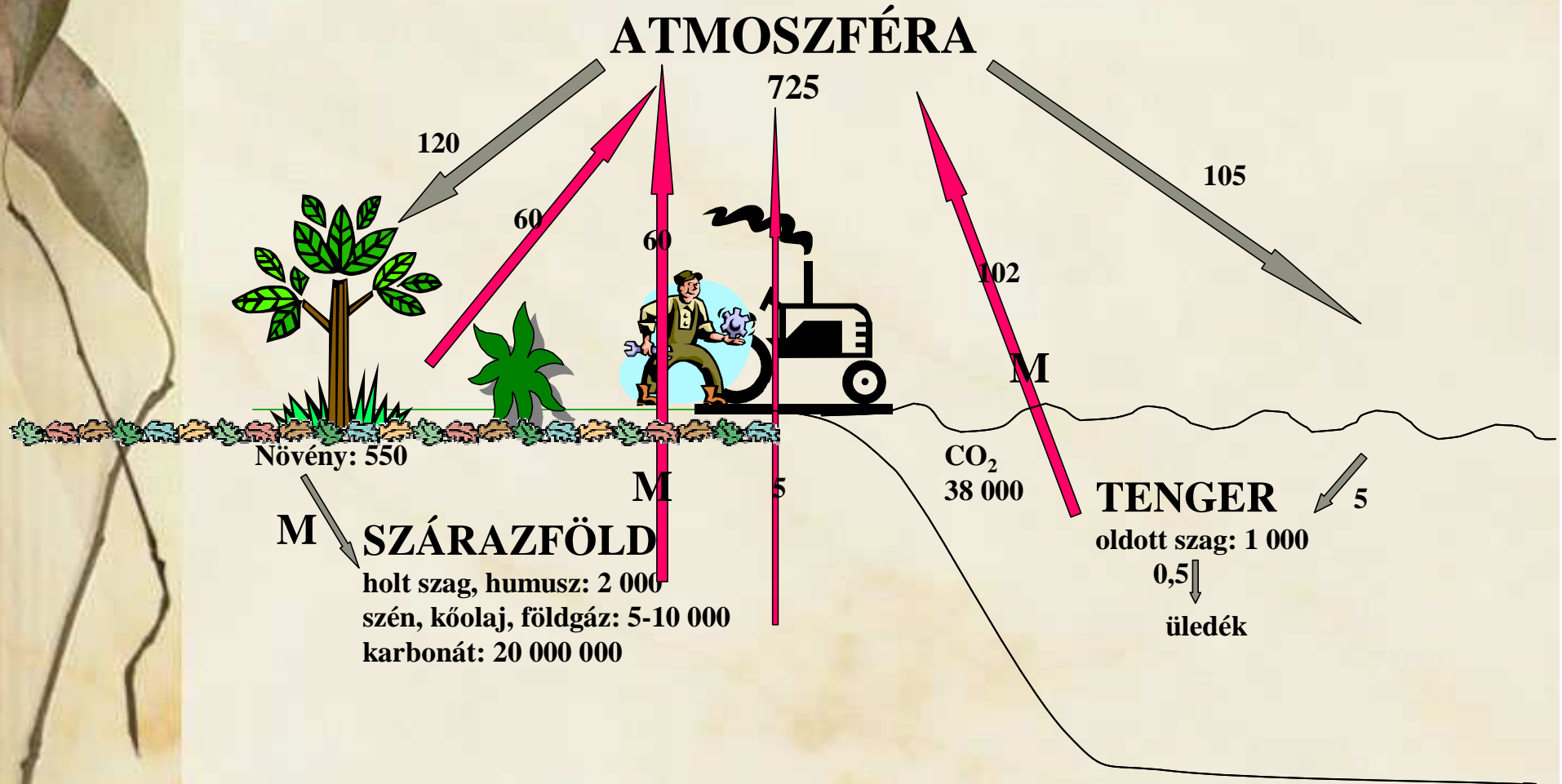


A dried leaf and stem are positioned on the left side of the slide, extending from the top left towards the bottom center. The leaf is dark brown and slightly curled, while the stem is thin and dark. The background is a light, textured surface with subtle, warm-toned patterns.

Elemkörforgalmak a földi ökoszisztémában

Készítette: Gruiz Katalin
a Környezeti mikrobiológia és
ökotoxikológia c. tárgyhoz

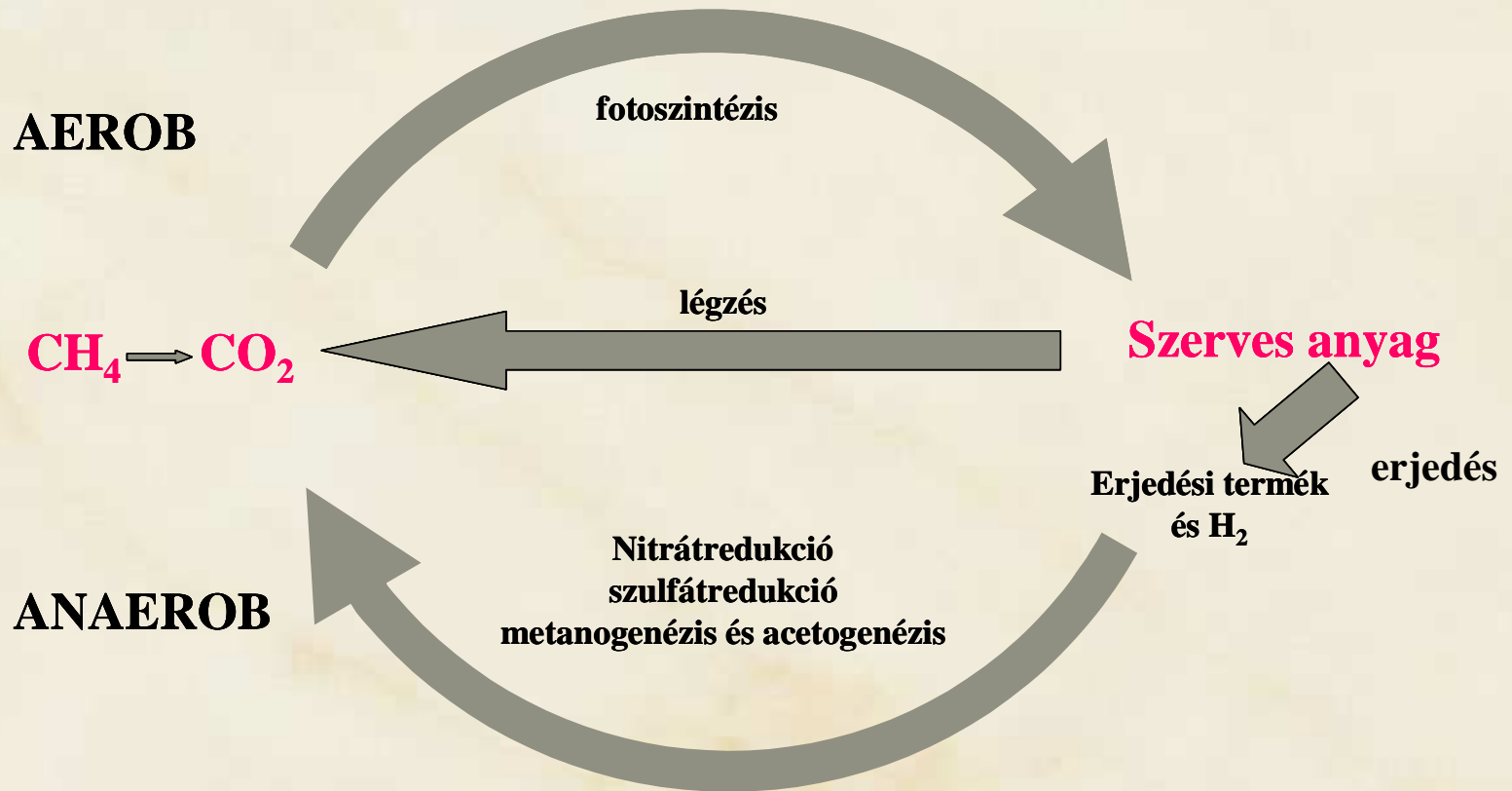
Szénkörforgalom a földi ökoszisztémában



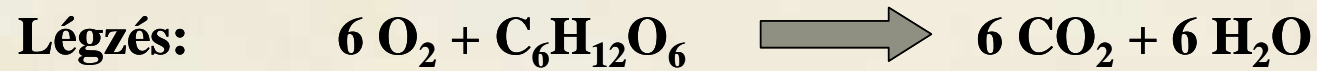
C tartalom ill. tartalék * 10⁹ t

C áram nyilakon: * 10⁹ t/év

Mikroorganizmusok szerepe a szénkörforgalomban




Szénkörforgalom



Aerob lebontás: holt szerves anyag, cellulóz, lignin, kőolaj, szerves szennyezőanyagok, xenobiotikumok lebontása

Anaerob lebontás: anaerob légzés, erjedés

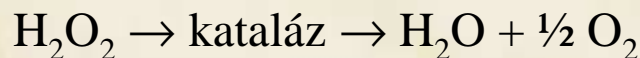
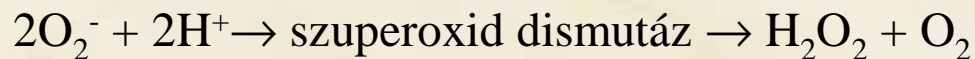


Aerob és anaerob biodegradáció

Aerob biodegradáció: cukrok, keményítő, cellulóz, lignin

Anaerob biodegradáció: erjedés, fakultatív és obligát anaerobok

Obligát anaeroboknál hiányzik a kataláz:



Az erjedés az anaerob táplálékláncok bevezető lépése

Másodlagos erjesztés: acetogenezis, metanogenezis

Az erjesztő baktériumok az etanolt, a vajsavat vagy a propionsavat acetáttá és hidrogénné erjesztik. Szoros együttműködésben vannak a H_2 -t hasznosító metanogén baktériumokkal.

Syntrophobacter wolfei: vajsav \rightarrow acetát + H_2

Erjedési folyamatok

Tejsavas erjedés

laktát, etanol

Enterobaktériumok

szukcinát

H₂

formiát

CO₂

acetoin

CO₂

2,3-butándiol

acetát

etanol

Propionsavas erjedés

propionát

Clostridiumok

acetát

etanol

C₄

aceton

CO₂

isopropanol

butanol

butirát

CUKOR

Piruvát

Acetil-CoA

Acetil-CoA

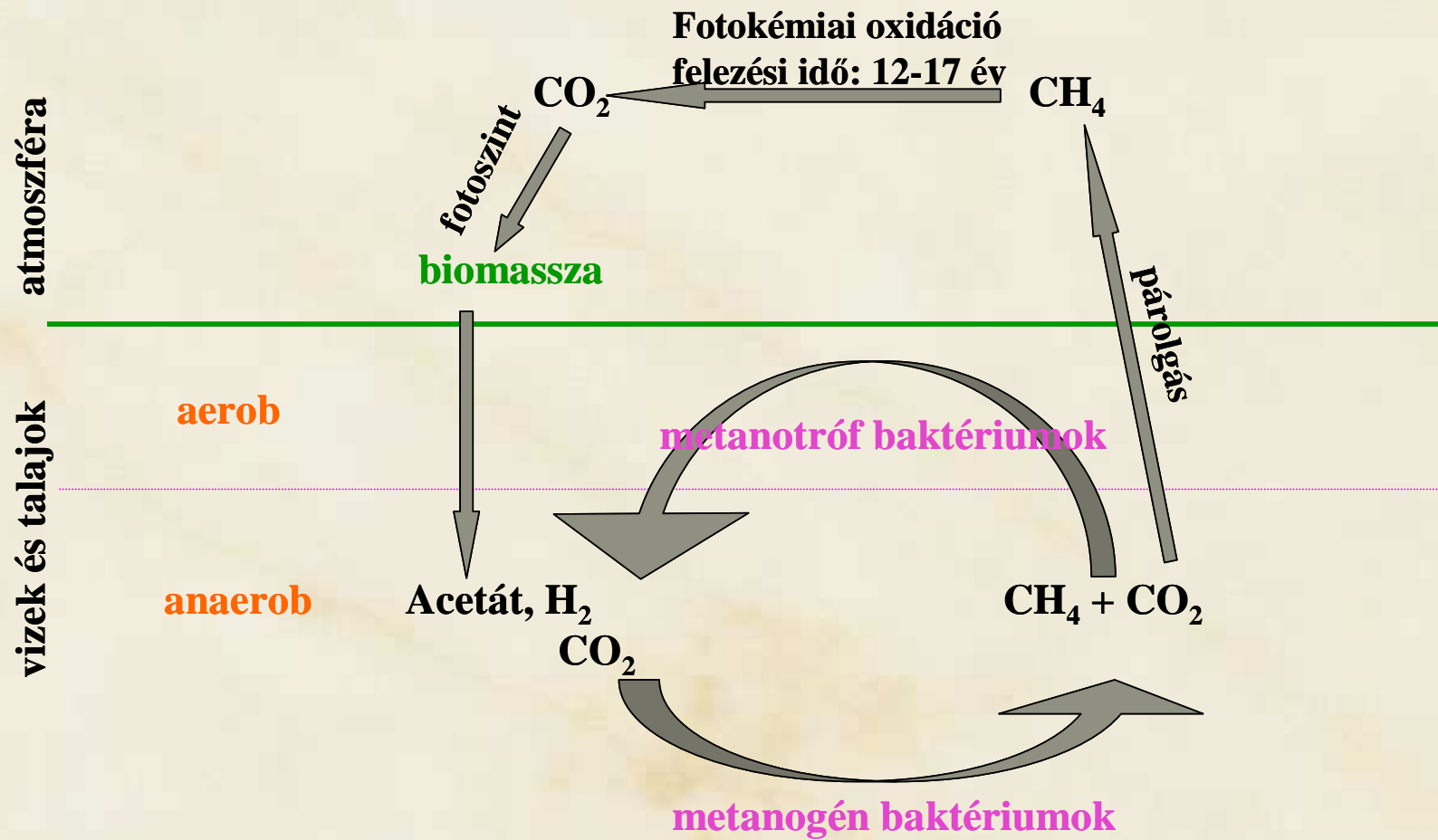
Aerob és anaerob légzésfajták

			redoxpot	
aerob	Szénhidrát + O ₂	légzés	CO₂ + H₂O	+0,8
	Ammónium + O ₂	nitrifikáció	NO₂/NO₃ + H₂O	
anaerob	Szénhidrát + NO ₃	nitrátlégzés	N₂O/N₂ + H₂O	+0,4
	Zsírsv, H ₂ + SO ₄ ²⁻	szulfátlégzés	acetát, CO₂, H₂S	
	H ₂ + CO ₂	karbonátlégzés acetogénézis*	acetát + H₂O	
	H ₂ + CO ₂	karbonátlégzés metanogénézis**	metán + H₂O	
				- 0,3

**Clostridium acetogenum/thermoaceticum,*

***Archaeobacteria: Methanobacterium, Methanococcus, Methanospirillum, stb*

Metánkörforgalom





Acetogenezis és metanogenezis

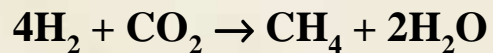
Acetogén baktériumok: obligát anaerob acetogén (nem= ecetsavbaktérium).

Karbonátlégzés: $2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$. A CO_2 a terminális elektronakceptor, a H_2 anaerob oxidációjához (légzés).

Clostridium acetogenum, Clostridium thermoaceticum

Metanogenézis: a biogáz termelés alapfolyamata. Metán az üvegház hatásért felelős gáz. 400×10^6 t/év, ebből 90×10^6 t/év a kérődzők metán termelése.

Az acetát a metántermelés köztiterméke.



Archeabacteria, Archea: sajátos evolúció eredményei, eltér az eubaktériumoktól a sejtfal, a membrán és az anyagcsereutak is.

Methanibacterium, Methanococcus, Methanomicrobium, Metha-no-spirillum, Methanothermus

Az acetátot is képes hasznosítani a *Methanisarcina* és a *Methanotrix*

Metanotrófok

Metanotrófok: a metánkörforgalomban a metán energiaforrásul történő hasznosítását végzik.

Aerob metanotróf vagy metilotróf baktériumok, melyek a metánt, a metanolt, a metilamint, a formiátot és a formamidot is képesek hasznosítani: talajban, vizekben.

Baktériumok: *Methylosynus*, *Methylocistis*, *Methylobacter*, *Methylococcus*

Metanotróf gombák: *Candida boidinii*, *Hansenula polymorpha*



Kőolajszármazékok lebontása

Aerob vagy fakultatív anaerob baktériumok:

Pseudomonas, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*,
Rhodococcus, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*,
Flavobacterium, *Beijerinckia*, Aktinomicéták, pl.
Acinetobacter calcoaceticus,

Anaerob baktériumok: nitrátredukálók: *Pseudomonasok*,
Moraxella, szulfátredukálók: *Desulfobacterium*,
Rhodopseudomonas,

Gombák: *Candida*, *Rhodotorula*, *Aspergillus*, *Penicillium*,
Trichoderma, *Cununghamella*, *Rhizoctonia*,



Xenobiotikumok lebontása

CCl_4 és CHCl_3 : *Acetobacterium woodii*, kometabolizmussal: *Methylophylus*, *Mathylobacterium*,

Triklóretilén és tetraklóretilén: *Pseudomonas putida*, *Xanthobacter aurotrophyucus*, *Xanthomonas*

Klór-légzés: HCl termelés ATP képzés mellett, redukzív dehalogénezés: általában keverék-tenyészetek képesek csak rá.

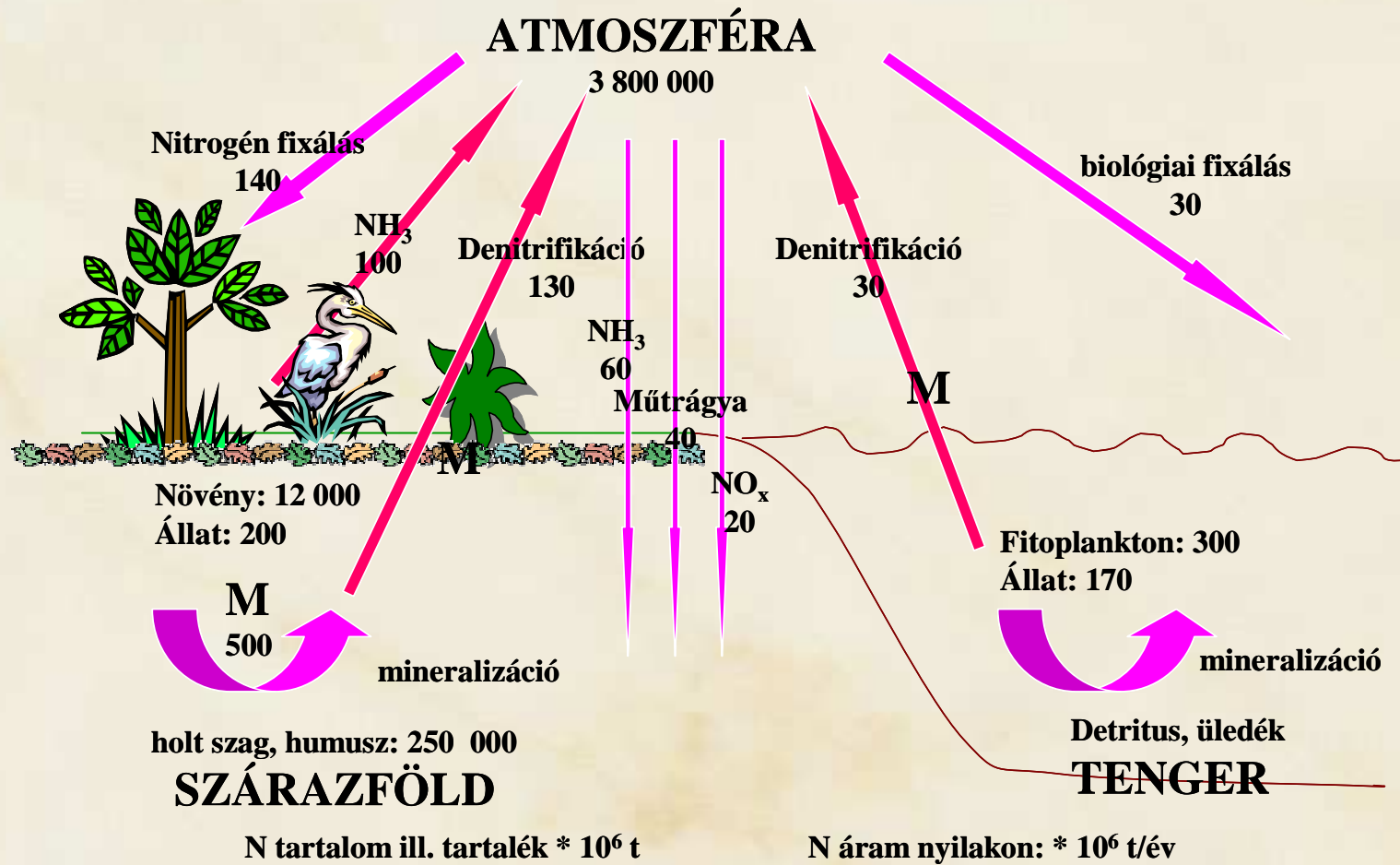
Klórozott aromások lebontása: *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas putida*,

PCB, dioxin: *Pseudomonas testosteroni*, *Brevibacterium*,

Műanyagok, gumi: *Streptomycesek*,

Xenobiotikum bontása függ: a mikroorganizmustól: tiszta vagy kevert kultúra, a vegyi anyag kémiai szerkezetétől, koncentrációjától, biológiai hozzáférhetőségétől, kometabolizálhatóságától, tápanyag-kiegészítők (N, P, H-akceptor) jelenlététől.

Nitrogénkörforgalom a földi ökoszisztémában



Mikrobiális nitrogénkörforgalom

Nitrifikálók:

Nitrosomonas
Nitrobacter
Nitrococcus
Nitrospira

Denitrifikálók:

Pseudomonas
Bacillus lichenif
Escherichia coli

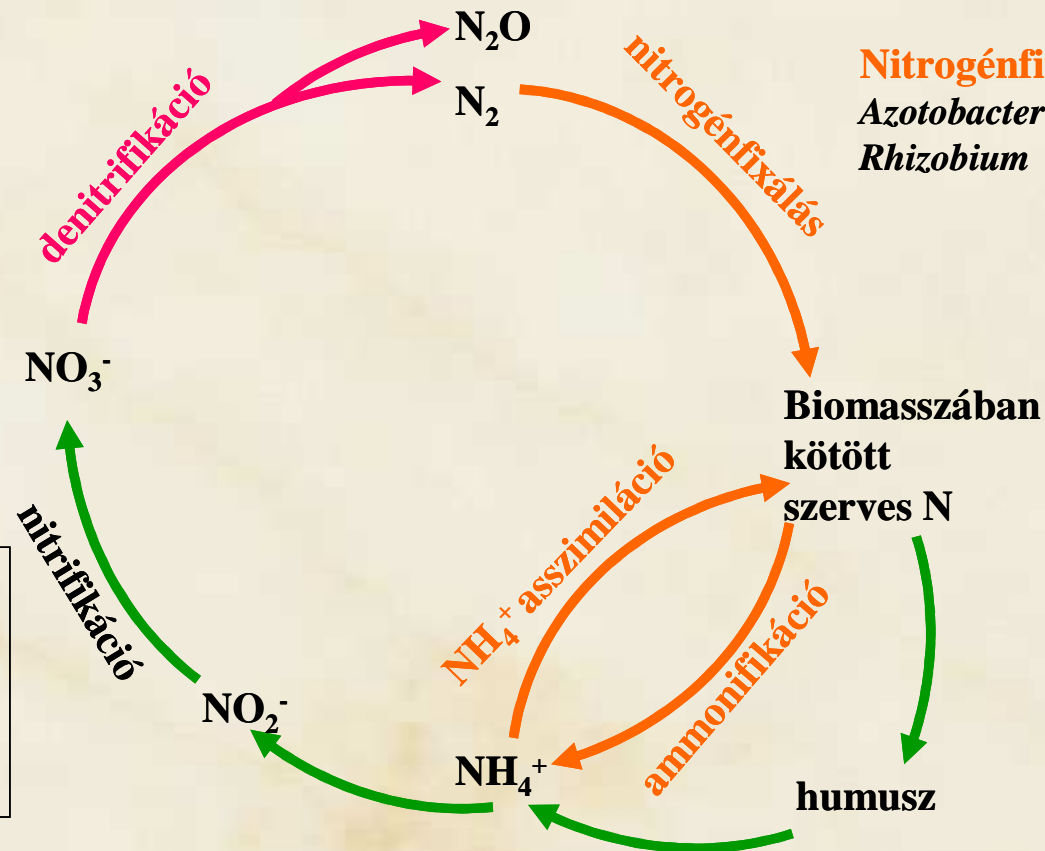
Anaerob

Aerob

Aerob és
anaerob

Nitrogénfixálók:

Azotobacter
Rhizobium



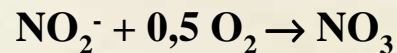


Baktériumok a nitrátkörforgalomban

Nitrifikáció: ammóniumoxidáció és nitritoxidáció



Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrospira, Nitrosolobus, Nitrosovibrio



Nitrobacter, Nitrococcus, Nitrospina, Nitrospira

Gomba: *Aspergillus*

Denitrifikáció: nitrátredukció: $\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$ (N_2O)

Egyik anaerob légzésforma, nitrát a H-akceptor.

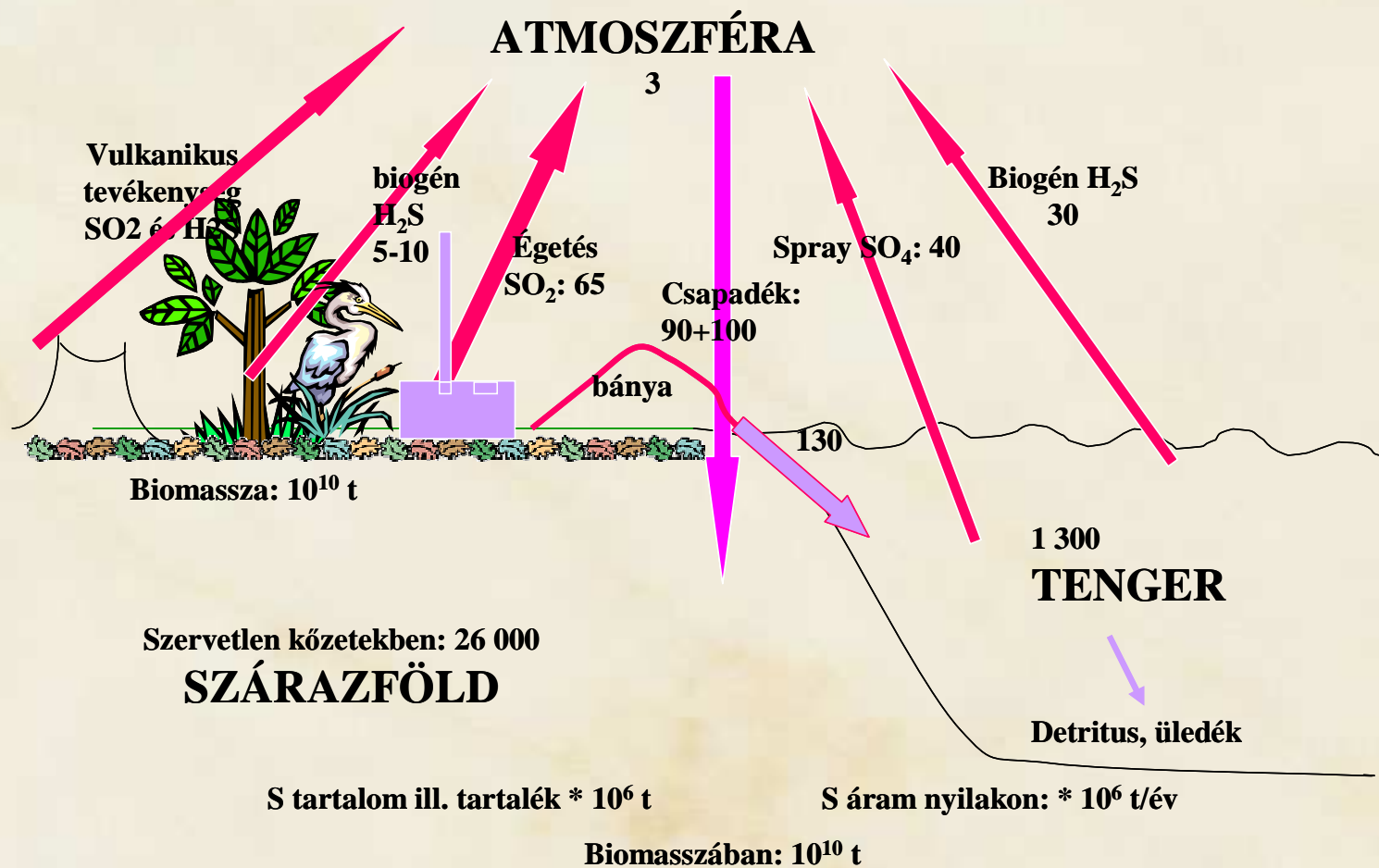
Pseudomonasok, Bacillus licheniformis, Paracoccus denitrificans, E. coli, stb.

Légköri nitrogén megkötése: szabadon élők és szimbinták:

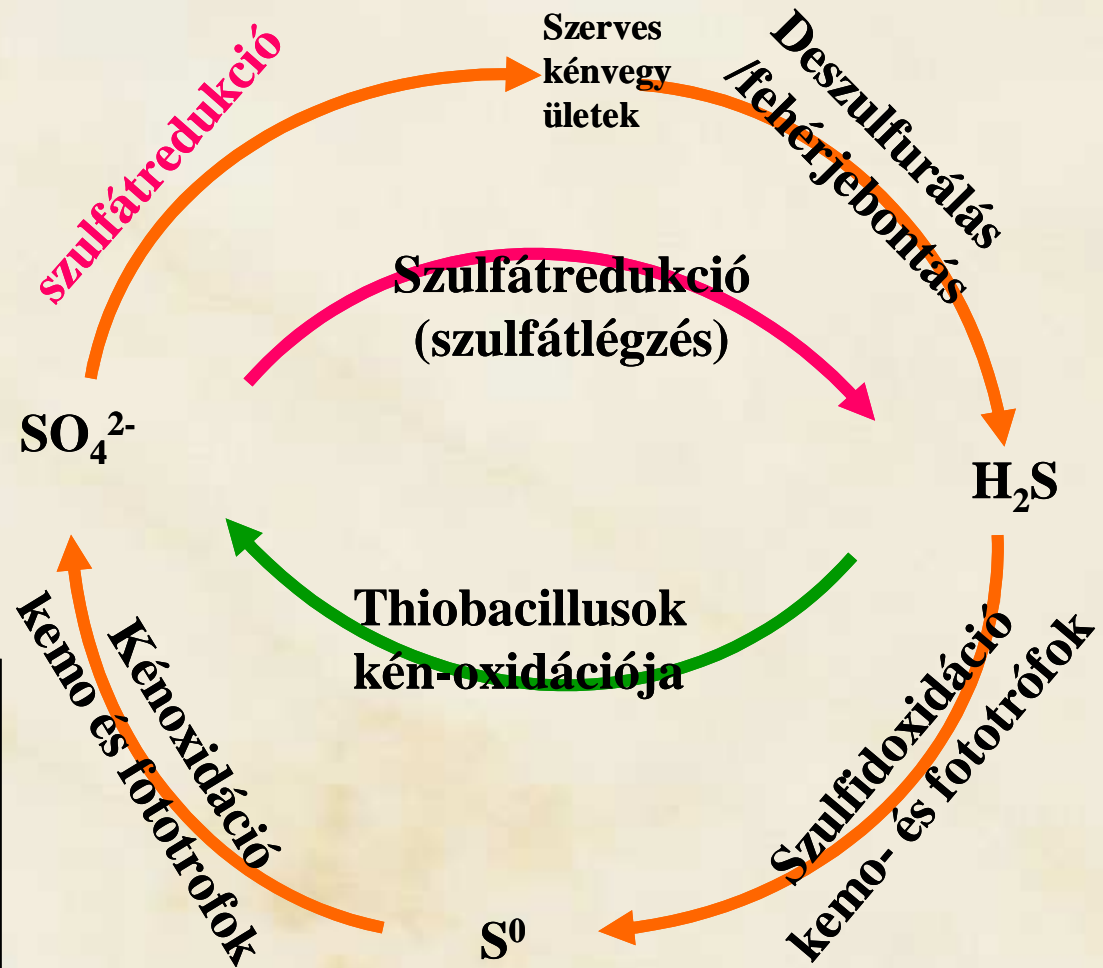
Azotobacter, Rhizobium

Ammonifikáció: ammónium oxidációjából nyernek energiát

Kénkörforgalom a földi ökoszisztémában



Mikrobiális kénkörforgalom



Anaerob	
Aerob	
Aerob és anaerob	

Szulfátredukció

Aerob: beépül szerves sejtalkotókba

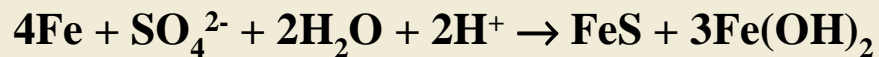
Anaerob: vizek, üledékek: a szulfát elektronakceptorként funkcionál, anaerob lézéshez

Acetát és CO₂ képzés laktátból, propionátból, etanolból: *Desulfovibrio*, *Desulfomikrobium*, *Desulfolobus*

Acetátból CO₂ és H₂: *Desulfobacter*, *Desulfococcus*, *Desulfonema*, *Desulfotomaculum acetoxidans*

H₂ oxidáció fakultatív kemolitotrófokkal: *Desulfovobrio desulfuricans*, *Desulfotomaculum orientis*

A vas anaerob korroziója: több lépés összevont reakciója:



A kolloid vasvegyületek a csövek eldugulását okozhatják.

Kénoxidáció

H₂S, elemi kén és tioszulfát redukált szubsztrátot jelent a színtelen kénbaktériumok és a fototróf vörös kénbaktériumok számára.

A színtelen kénbaktériumok lehetnek fonalasok, vagy egysejtűek. Archeabaktériumok is képesek a redukált kénvegyületeket oxidálni (kemolitotrófok, szénforrásuk a CO₂).

***Thiobacillusok* (kénsav), fonalasok: *Beggiatoa*,**

Vörös kénbaktériumok: *Chromatiaceae*, *Thiorhodaceae*, *Thiospirillum*

Zöld kénbaktériumok: *Chlorobium*

A környezetben a szén és kőzetek a kéntartalmát oxidálják. Ha van toxikus fém a kőzetben (bánya) akkor a fémek kioldása is megtörténik

Kénoxidáció

Tavakban fonalas kénbaktériumok: *Thiotrix*, *Thioplaca*

Egysejtű, nagyméretű: *Thiofulvum*, *Achromatium*

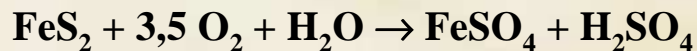
Kénhidrogén → elemi kén → kénsav

Többen összedolgoznak, pl. színtelen fonalas kénbaktériumok a cianobaktériumokkal és vörös kénbaktériumokkal.

Thiobacillusok: savtűrőek: pH 1-5 *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans*

Betoncsövek korróziója: szulfátredukálól és kénoxidálók együttműködéséből

Vas oxidáció és szén kéntelenítés:



Bioleaching, féмкиoldás

Vízi ökoszisztémák foszforháztartása

Oligotróf 0,001-0,01 mg/l

szerves anyag

aerob

PO_4^{3-}

Fe^{3+}

FePO_4 oldhatatlan

0,01-1 mg/l

Eutróf

szerves anyag

aerob

anaerob

PO_4^{3-}

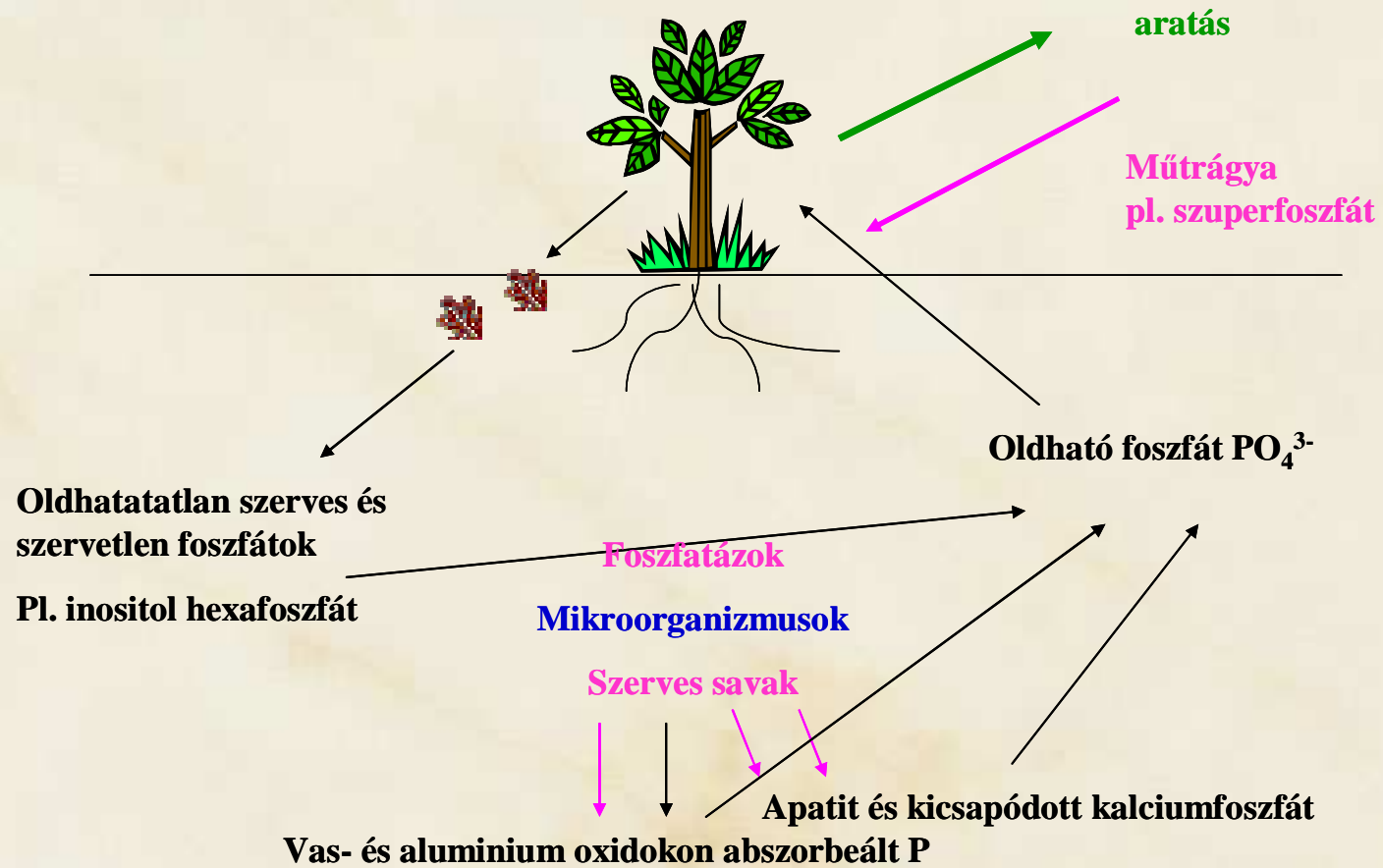
$\text{H}_2\text{S} + \text{PO}_4^{3-}$ oldható

Fe^{2+}

FeS



Foszforkörforgalom



Holt szerves anyagok sorsa a talajban, humifikáció

