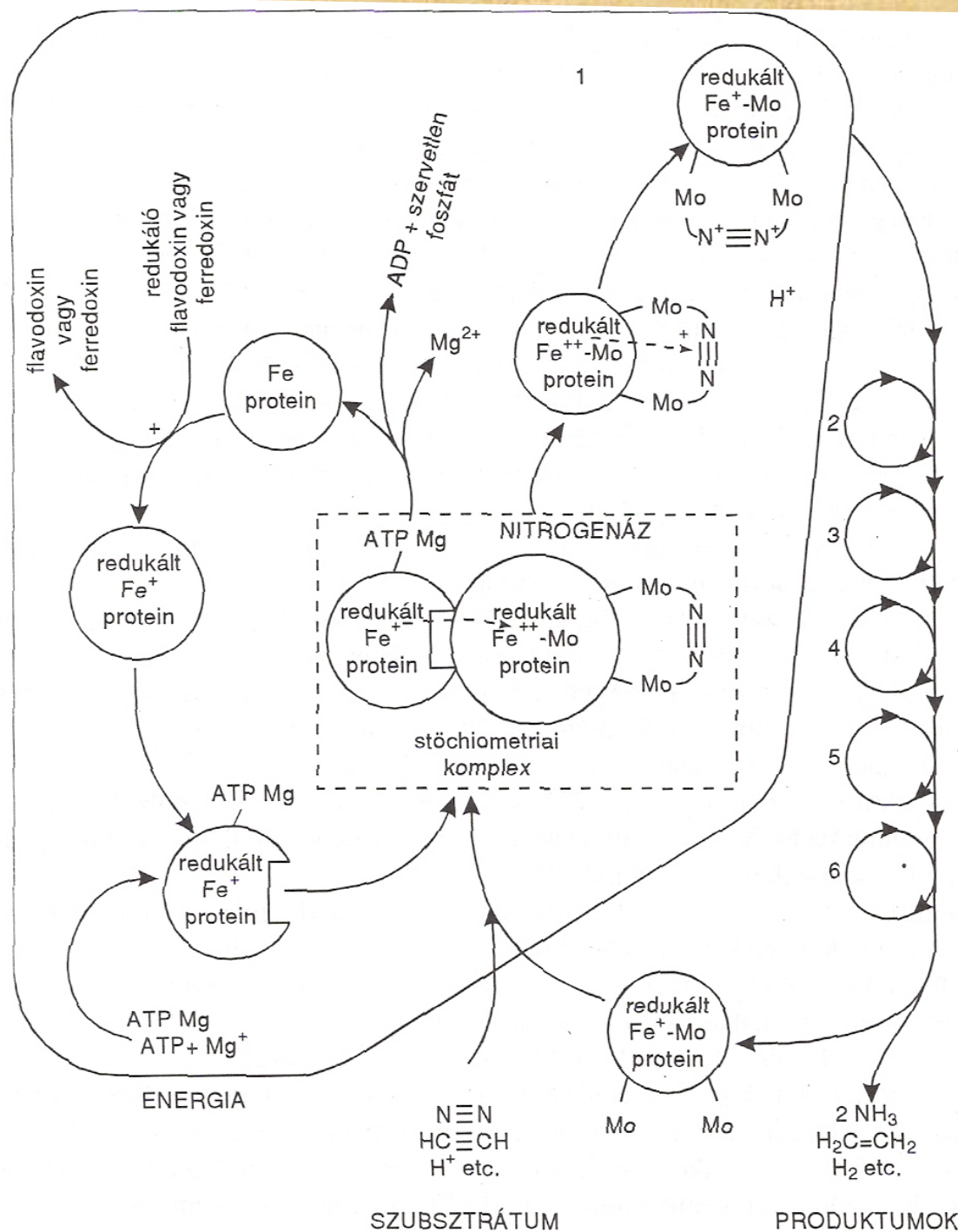


Talajélet-Talajbiológia

Tápanyagok körforgása

A nitrogénáz hatásmechanizmusa (La Recherche, 1976)



- Talajélet: a talajban lezajló élettani jelenségek összessége, melyek kiváltója az edafon.
- Edafon: a talaj életközössége.
A talaj felső 15 cm-es rétegében 25 t.

15-25 cm

Talajokban végbemenő reakciók

- Tisztán kémiai
- Biológiailag ellenőrzött biokémiai
- Biológiailag ellenőrizetlen biokémiai

Az arányok ismeretlenek

A talajban élő fontosabb mikrobacsoportok

Baktériumok	Sugárgombák	Fonális gombák
1. Bacillus 2. Clostridium 3. Micrococcus 4. Pseudomonas 5. Rhizobium 6. Azotobacter 7. Cytophaga 8. Flavobacterium 9. Arthrobacter 10. Spirochaeta	1. Streptomyces 2. Actinomyces	1. Trichoderma 2. Aspergillus 3. Mucor 4. Penicillium 5. Rhizopus 6. Fusarium

A talajban élő fontosabb mikrobacsoportok

- Ellenállóbb anyagok: gombák, sugárgombák
- Apróbb szemcsés, felületi pórusok: baktériumok, élesztők

- A talajélet és a termesztéstechnológia eredménye a biológiailag beéredett talajállapot.
- A talaj felszíne sötétebb, felső része rugalmasabb, morzsalékos szerkezetű, jellegzetesen földszagú, gyomtól, növényi maradványtól, rögtől és üregtől mentes nem tömődött, de nem is laza szerkezetű

A mikrobákra hatással lévő, a talajműveléssel és a vetésváltással befolyásolt tényezők

Fizikai feltételek	Kémiai feltételek	Biológiai feltételek
1. talaj porozitása 2. talaj nedvességtartalma 3. talaj hőmérséklete 4. talaj levegőforgalma	1. talajkolloidok mennyisége és minősége	1. mikrobák száma 2. mikrobák aktivitása 3. mikrobák faji összetétele 4. növénytakaró

Tarlóhántás

Csökkenti a mélyebb rétegek felmelegedését, megőrzi a nedvességet és a tarlómaradványok beforgatásával tápanyagot biztosít a mikrobák és más élő szervezetek számára.

Őszi mélyszántás

Szervesanyag konzerváló, talajszerkezet javító. A beforgatott szerves anyagok a mélyebb rétegekben humifikálódnak. Az állandó forgatás káros, mert fokozza az aerob mineralizációt, csökkenti a humuszkészletet, elporosítja a szerkezetet, segíti az esőcsepp romboló hatását, csökkenti az összpórusteret, korlátozza a földigiliszták tevékenységét, a talajfelszín aerob élőlényei anaerob körülmények közé kerülnek, ami a mikrobák egy részének pusztulásához vezet, hanyatlík az aerob biodinamika.

Altalajlazítás

Az eketalpréteg áttörésével aktiválhatja az aerob mikroflórát, detoxikálva ezzel az anaerobok méreganyagait.

Kíméletes, nagyhatású művelet, mely a méregtelenítésen kívül a talaj átlegegőztetésében és a tápanyagok feltáródásában is szerepet játszik.

A túlzott aktiválás megfelelő nedvességtartalommal párosulva a talaj felső rétegének szervesanyagban való elszegényedését eredményezi.

Tárcsa

A legkevésbé befolyásolja a bakteriális tevékenység jellegét. Kevésbé szellőztet és tartósabb mikrobiológiai aktivitást eredményez. Alkalmazása elsősorban a szárazabb területeken előnyös, azonban túlzott használata esetén kemény, a nedvesség talajba jutását akadályozó, a belvíz kialakulását segítő tárcsatalp réteg alakul ki.

Kultivátor

Kedvezően hat a rizoplánra, kíméletesen aktivál, növeli a mineralizációt, ugyanakkor a humuszanyagokat alig degradálja.

Kombinátor

- A baktériumflóra mérsékelt aktiválása és az aktiválás megfelelő korlátok közé szorítása
- a legcsekélyebb mértékben borítja fel a talaj természetes biológiai egyensúlyát

Hengerek

Korlátozzák a levegő bejutását, lassítják a nitrifikációt.

Az aktivitás fokozásának következményei

- Az aerobok túlsúlya aktiválja a morzsafelületen élő Bacillusok, Actinomyceták és mikrogombák szerkezetképző, kolloidokat bontó tevékenységét.
- Felgyorsul az ásványosodás (akár káros tápelem mobilizáció is lehet), a nitrifikáció, és a patogének pusztulása, csökken a szervesanyag-készlet és a N fixálás.

Az aktivitás fokozásának következményei

- A talajmorzsák belsejére korlátozódik az anaerobok szintetizáló tevékenysége.
- Nő a gombák által előidézett káros folyamatok mértéke.
- Nő a foszfatáz aktivitás.
- Romlik a vízgazdálkodás.

Az aktivitás korlátozásának következményei

- Elmarad a tarlóbomlás során keletkező fitotoxikus vegyületek detoxikációja.
- A felszíni talajréteg gazdagodik szerves és szervetlen tápanyagokban.
- Nem károsodnak az aggregáló hatású gomba és sugárgomba micéliumok.

Serkentés vagy Gátlás?

Ahhoz, hogy eldöntsük vajon serkenten (aerob túlsúly) vagy visszafogni (anaerob túlsúly) kell-e a talajéletet, ismernünk kell az adott terület sajátos biológiai dinamikáját és a talaj szervesanyag-tőkéjének nagyságát. Ezen szempontoknak a termesztésben való figyelembe vételével megteremthető a talaj biológiai egyensúlya, az egészséges talajállapot.

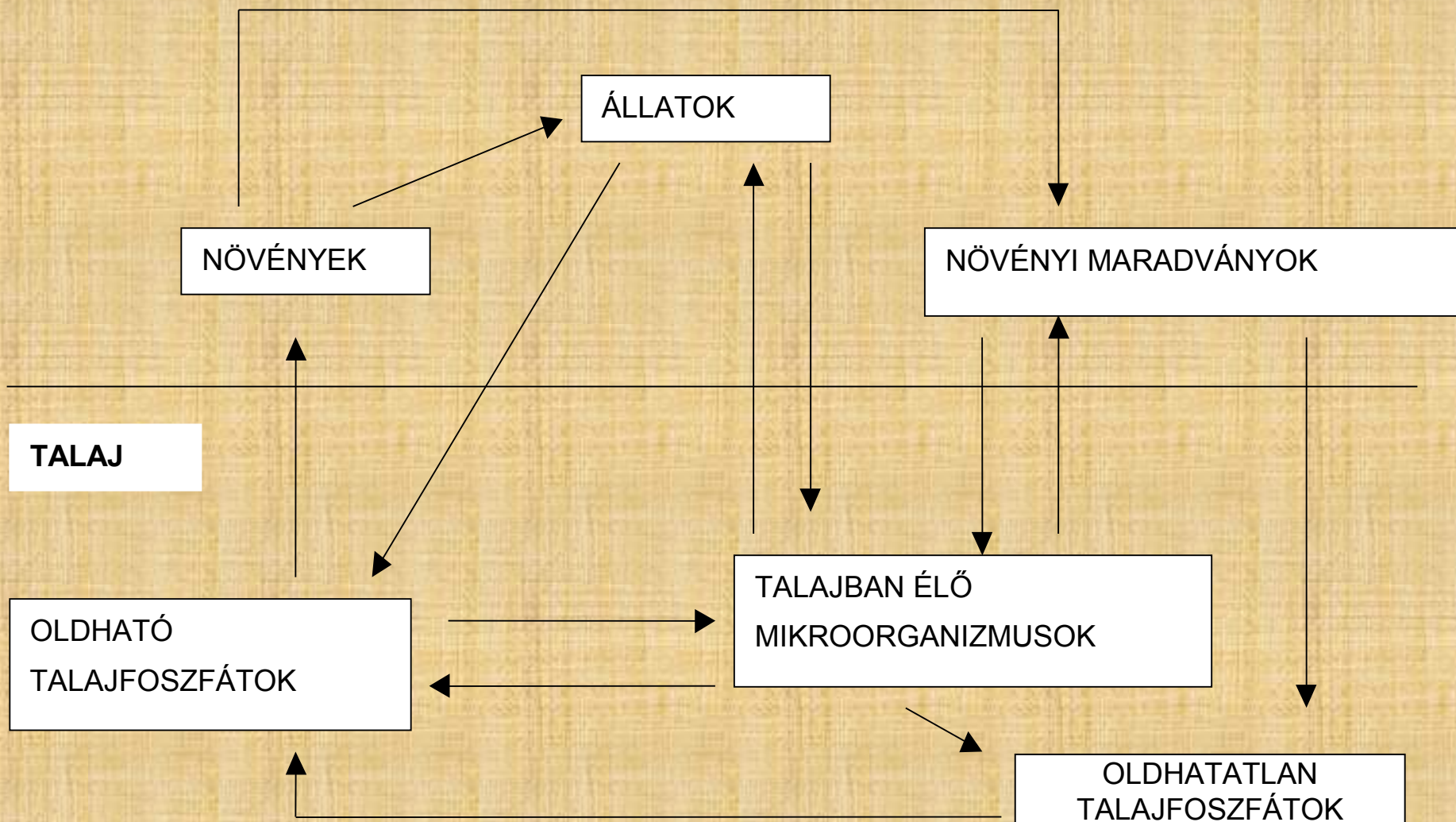
ELŐVETEMÉNY	POZITÍV HATÁS	NEGATÍV HATÁS
Cukorrépa, burgonya	Nagymértékű ásványosodás, megnövekedett mikrobiológiai aktivitás	Szervesanyag- veszteség, Herbicidek gátló hatása
Gabonafélék	Humusz-felhalmozódás	
Herefélék, lucerna	Csökkenti az eróziót, hasznosítja az altalaj vízkészletét. Humusz- felhalmozódás. Drénező hatás. A talajt N-ben gazdagítja. Sok szerves maradványt hagy maga után.	Száraz időjárás esetén kedvezőtlen, tömődött, kiszáradt talajt

Közvetlen biológiai hatás

- A növények fitoncidok termelésével szelektálják a mikroflórát (allelópátia), vagyis megváltoztatják a mikroorganizmusok számát és faji összetételét. Ugyanakkor a mikroorganizmusok markazminokat termelnek, és ezzel segítik vagy gátolják bizonyos növények fejlődését.
- Egyes növények (pl:búza) gyökerei is kiválasztanak olyan aromás vegyületeket, melyek a monokultúras termesztés során feldúsulnak, és az adott növény fejlődésbeli lemaradását, termésdepresszióját okozzák. Ezeket a jelenségeket talajuntságnak nevezik.

Közvetett biológiai hatás

- Az elővetemény által hátrahagyott gyökértömeg
- Vízfogyasztás (gyökerezési mélység)



Rizosféra-rizoplán

A gyökérepidermiszt nyálkaréteg (mucigél) borítja, mely főleg oligo-és poliszacharidokból, valamint fenol vegyületekből áll.

- Rizosféra: a gyökerekhez közel eső talaj
- Rizoplán: a gyökereken kialakult felszíni nyálkaréteg.

Rizosféra-rizoplán

1 mm² felületen 12-14 mm hosszú hifa fonalak.

A nyálkaréteg 1-10 µm vastag. A megnyúlási zónában és az epidermiszsejtek kapcsolódásánál a legvastagabb.

Kontaktus teremtés a tápanyagfúzió számára, védelem a szárazság és a mikrobák ellen.

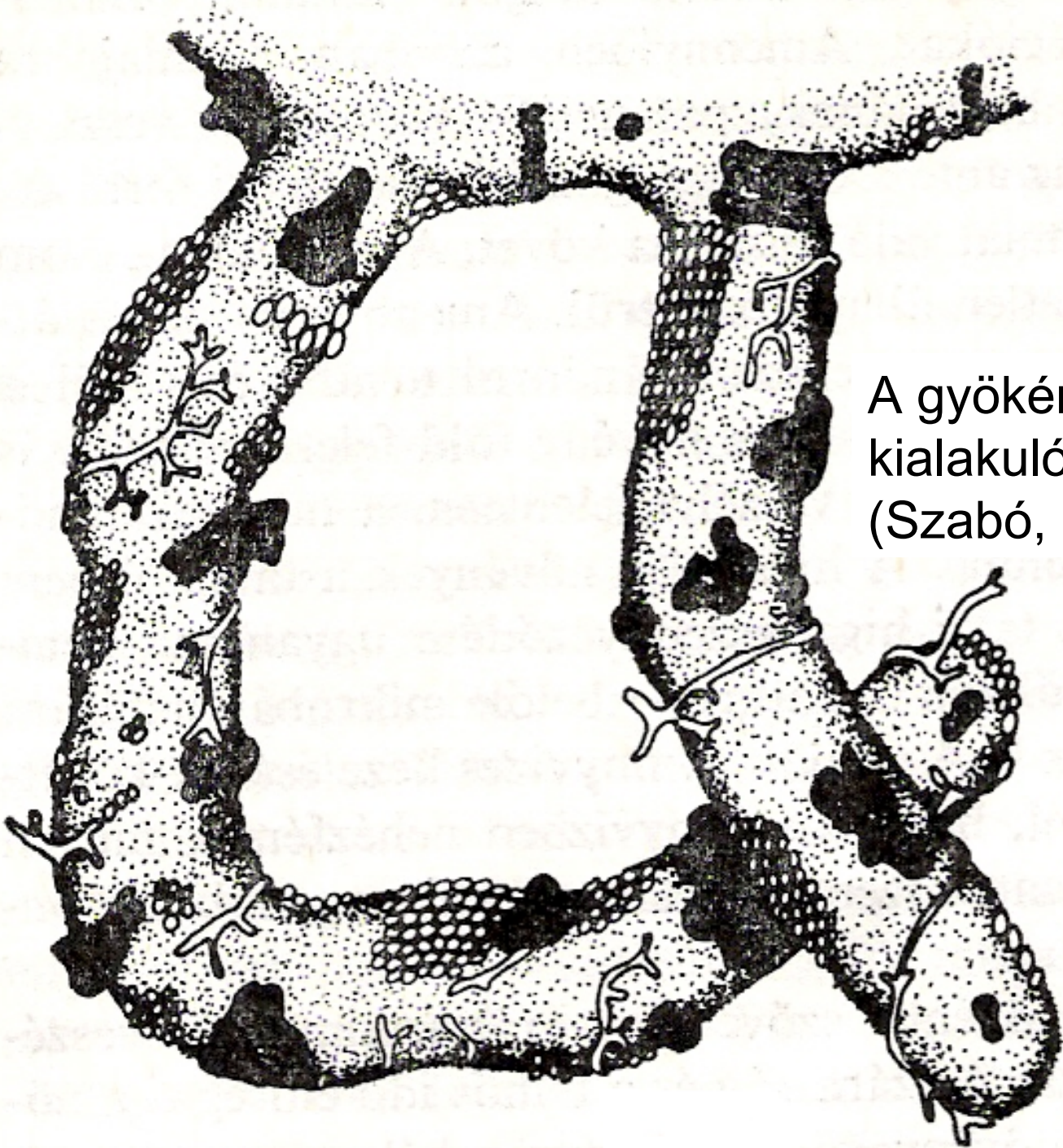
Rizoszféra-rizoplán

A gyökérváladákkok összetétele:

- Szénhidrátok
- Aminosavak
- Szerves ssavak
- Nukleotidok, flavonok, enzimek
- Növekedési faktorok
- Auxin, glükózid, szaponin, szkopoletin

A gyökérváladékok szelekciós szerepe

- Szelektálja a mikroflórát
- Serkentés akár 10 mm távolságból is.
- A gyökér által leadott anyagokat a rizoplánflóra lebontja.



A gyökérszőrök felületén
kialakuló rizoplánmikroflóra
(Szabó, 1986)

Mikorrhiza

- „Gombagyökér”
- A növény föld alatti részei és a gombák közötti szimbióta kapcsolat, ahol a gomba a gazdanövénnyel szemben nem vagy csak kis mértékben patogén.

Két legfontosabb csoport:

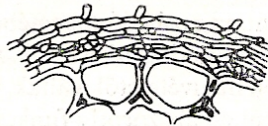
- Ektotróf (hüvelyképző) mikorrhiza
- Vezikuláris-arbuszkuláris mikorrhiza (VAM)

Ektotróf

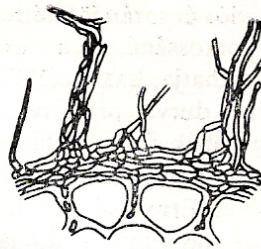
- Mérsékelt övi fák.
- Rövid elágazó gyökerek.
- A hifák az ekto és az endodermiszt érik el.



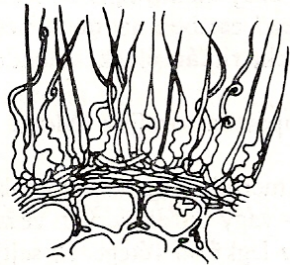
A altipus



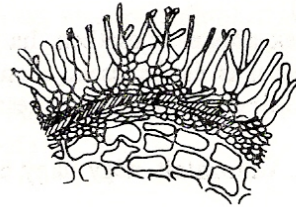
B altipus



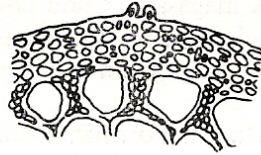
C altipus



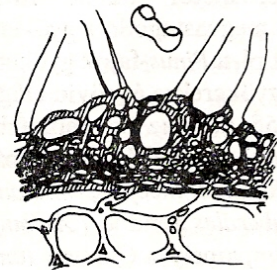
D altipus



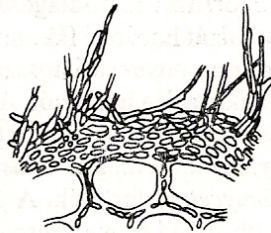
E altipus



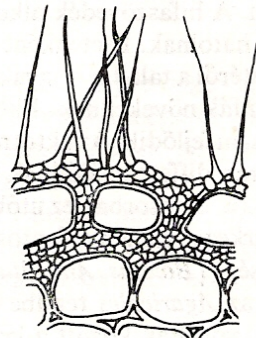
F altipus



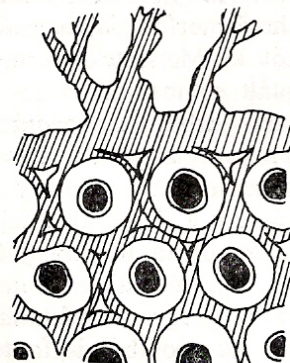
G altipus



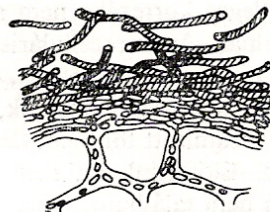
H altipus



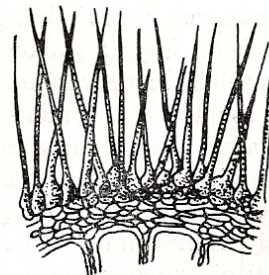
I altipus



J altipus



K altipus



L altipus

Az ekto-mikorrhizaszerkezet
fontosabb altípusai

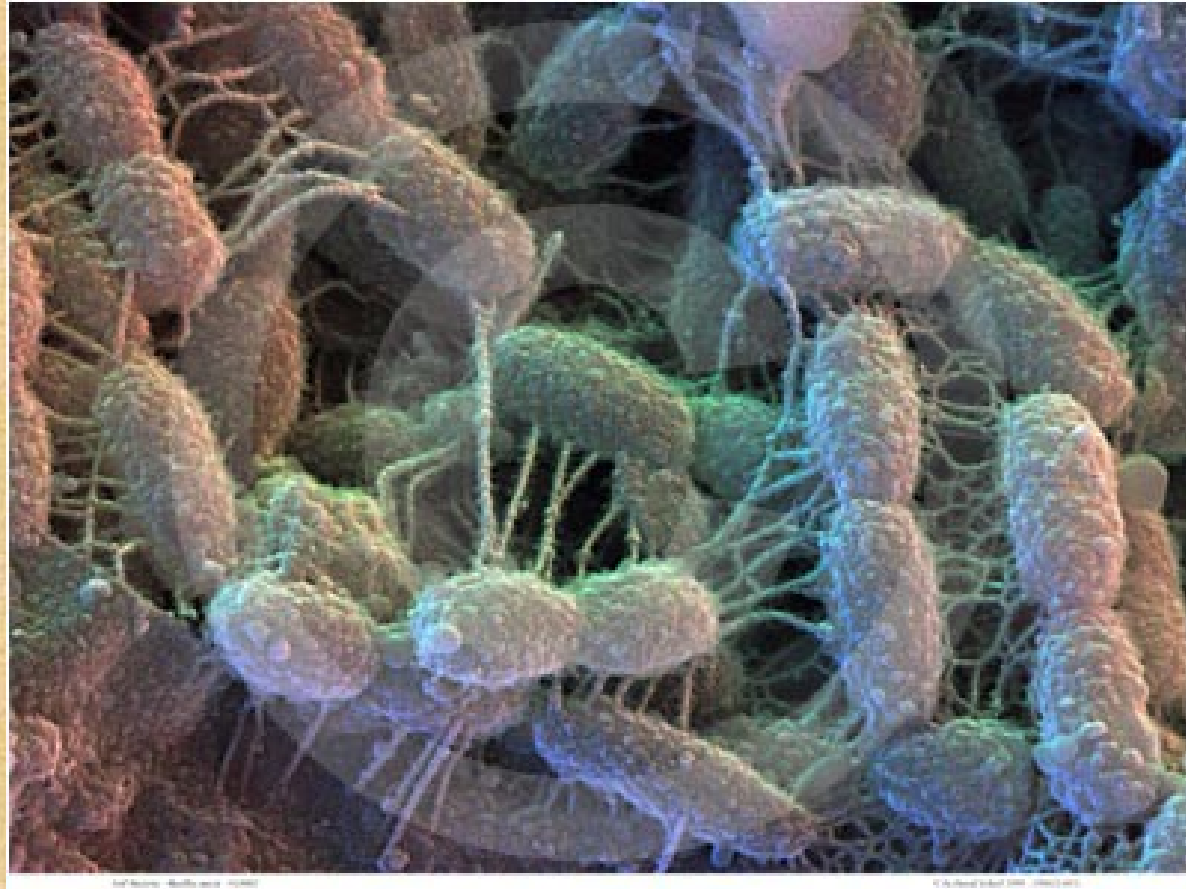
(Mosse et al., 1981)

VAM

- Pl.: évelők, mérsékelt övi gyümölcsfa, trópusi fák.
- A gyökér morfológiailag nem változik.
- Szorosan bevonják a gyökeret és a talajt is akár több cm távolságban.
- *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*

A mikorrhiza kialakulását befolyásolja

- pH
- Hőmérséklet
- Oxigén hiány
- Nedvesség
- Tápanyagok



Kórokozók és a talaj

- Belsőszülött szaprofita mikroflóra aktivitás
- Mélybe szántás vagy sekélyen?
- Sajátos fiziko-kémiai és biológiai talaj állapot
- Talajtényezők, növények, helyi viszonyok és kölcsönhatások mérlegelése

Biológiai aktivitás

- A talaj biológiai aktivitásának vizsgálatával meghatározható e a talajlakó mikroorganizmusok mennyiségének és faji összetételének változása.
- A talajban lezajló mikrobiológiai folyamatok intenzitásának elbírálására :
 - a talaj szén-dioxid produkciójának mérésén alapuló eljárásokat.
 - különböző részfolyamatok (például enzimaktivitás, polifenol-oxidáz, dehidrogenáz, szacharáz, kataláz, stb).

Cellulózrostok kialakulása

- a cellulóz-mikrofibrillumok bioszintézise,
- a mikrofibrillumok csoportjainak sajátos térbeli orientálódása, aggregálódása, szabályos alakzatok létrejötte,
- az aggregátumok további elrendeződése a sejtekben vagy sejtcsoportokban.

Cellulózbontás

A mikroorganizmusok pozitív szerepe és jelentősége a cellulózbontás terén elsősorban abból a tényből adódik, hogy a fotoszintetizálók hatására a Földön évente a szén-dioxid 3×10^{10} tonna szerves anyaggá transzformálódik, amelynek szénkészletét a körforgalomba a cellulózbontók vezetik vissza

A cellulóz kémiai tulajdonságai, felépítése és lebomlása a talajban

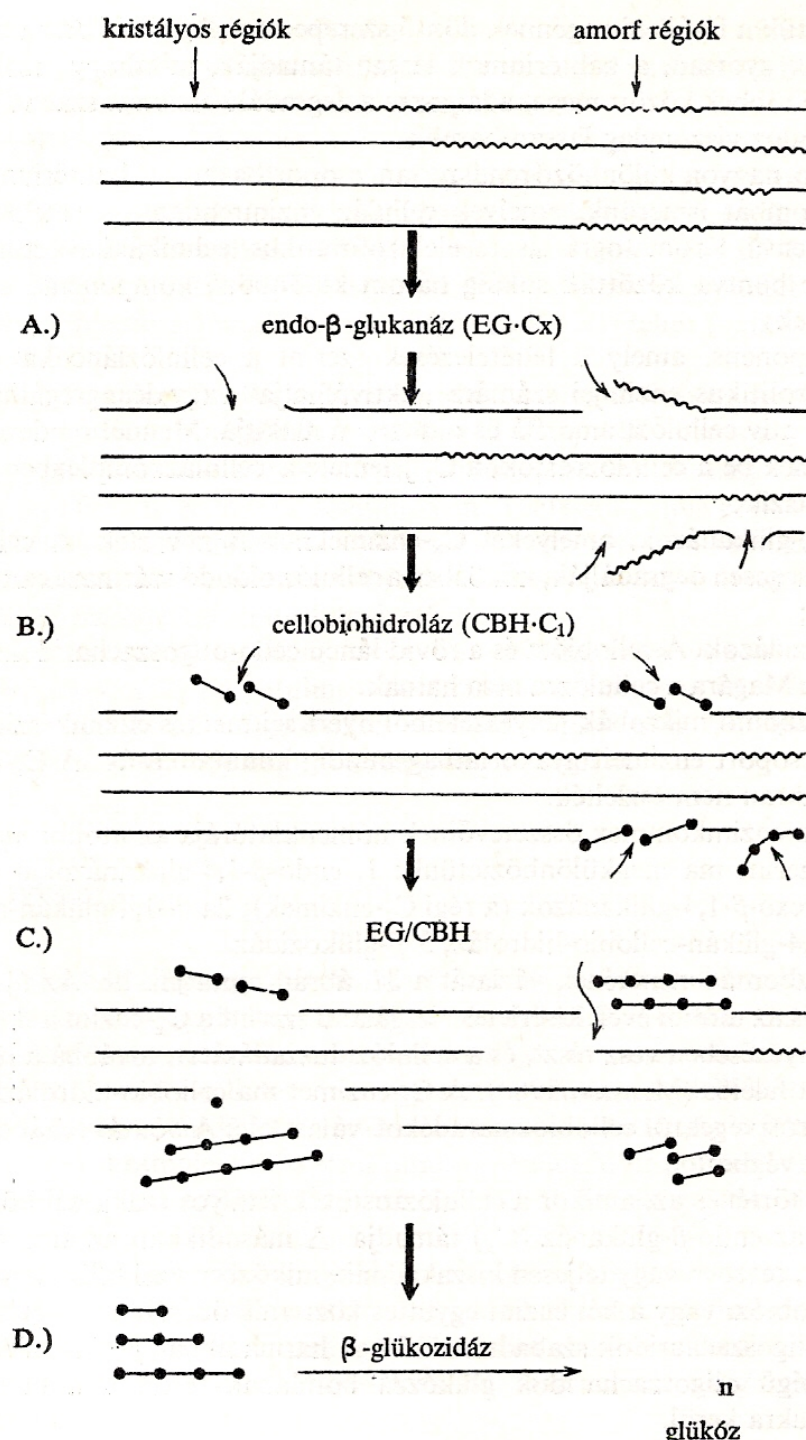
A natív cellulóz nem egyszerűen glükózanhidrid-lánc, hanem szupramolekuláris struktúrákká rendeződött polimer, amely a sejtekben és szövetekben nem cellulózszerű mátrixba épül be és gyakran lignin veszi körül.

A legegyszerűbb szerkezeti felépítésű poliszacharid: D-glükózegységekből, béta (1,4) - kötésekkel alakul ki, a legalacsonyabb energiaszintet képviseli, és elágazást nem tartalmaz. Részleges savas hidrolízis vagy cellulázzal történő enzimatis bontás útján a cellulózból két glükóz egységet tartalmazó cellobióz keletkezik.

A cellulóz lebomlása

- A cellulózt cellobiózra bontó celluláz csak egysejtűekben, gombákban, csigákban termelődik, a többi élőlény a cellulózt nem képes felhasználni.
- A bontás aerob és anaerob körülmények között mehet végbe. A két folyamat lényegében csak a lebontás utolsó szakaszában, a glükóz végső beépítési lépcsőjének kialakulásában különbözik egymástól. Az aerob folyamatoknál a glükóz szén-dioxidra és vízre bomlik, míg az anaerob lebontásnál végtermékként metán és hidrogén, illetve szerves savak és alkoholok mellett egyéb szerves anyagok is keletkeznek.

A natív cellulóz enzimatiskus lebomlása (Mishura, 1980)



Az endo- β -1,4-glükánáz hatására megduzzad a cellulózlánc, depolimerizálódik és rövid rostok jönnek létre.

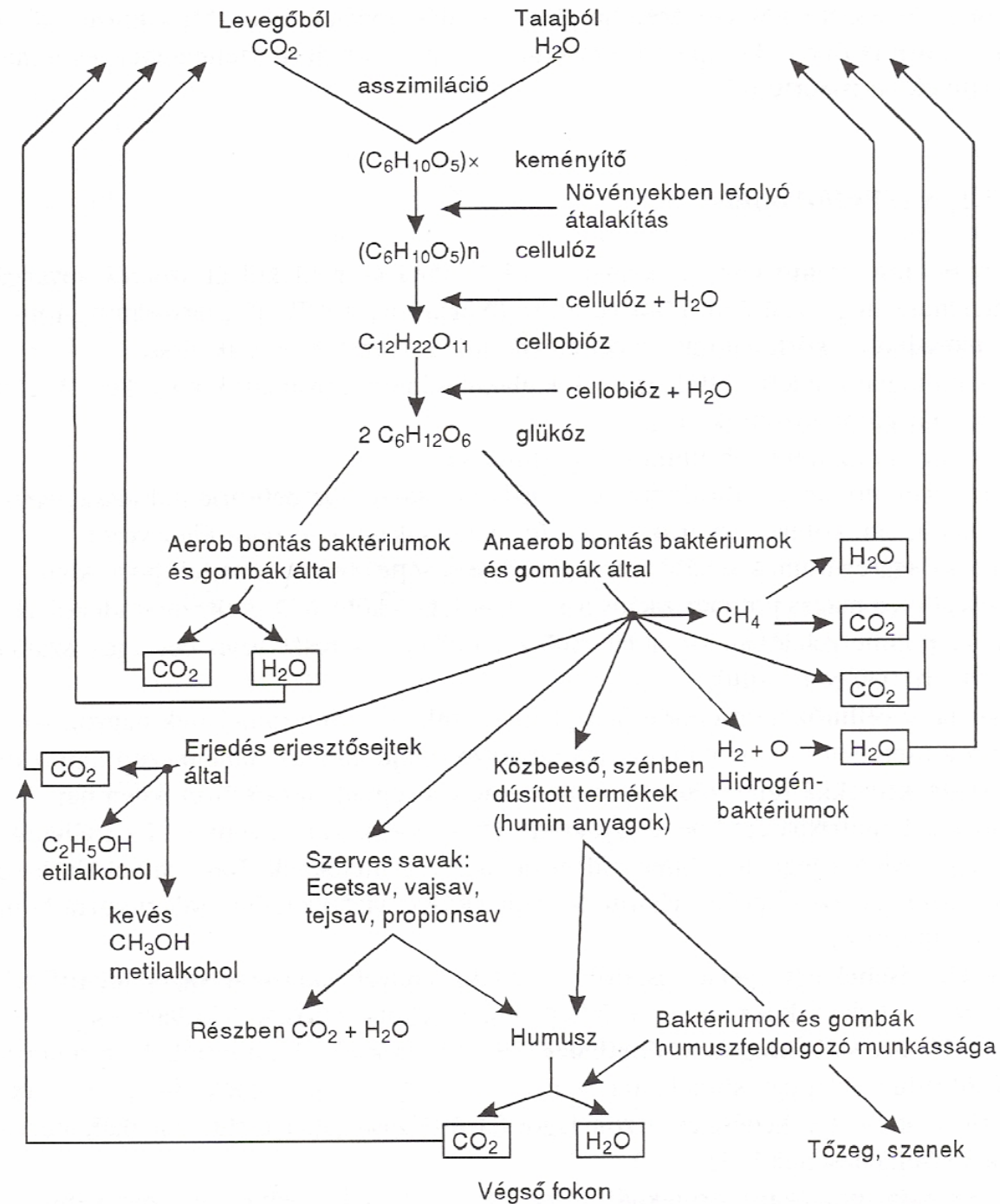
Az exo- β -1,4-glükánáz a terminális rostvégekből cellulózmaradékot szakít ki, így cellobióz és 3-5 glükóz egységnyi oligoszacharid marad vissza.

Végül a β -glükózidáz a glükóz egységeket glükózzra bontja.

A cellulóz lebomlása



A szén körforgalma (Fehér, 1954)



A cellulózbontás ökológiai feltételei

- Talaj-talajlakó mikroszervezetek, genetikai típus, ásványi anyagok mennyisége, tápanyagtőke, humusztartalom, nedvességtartalom, levegőzöttség, stb.
- Éghajlat-hőmérséklet, csapadék, stb.
- Agrotechnika-trágyázás, talajművelés, növényvédelem, öntözés, termesztett növény
- Melioráció-vízrendezés, talajjavítás, talajvédelem.

A cellulózbontás ökológiai feltételei

A mikroorganizmusok elsősorban optimális nedvességet igényelnek a cellulóztartalmú anyagok bontásához. A baktériumok, az Ascomycetes és a Fungi Imperfecti tagjai a nedvesség és hőmérséklet szélesebb intervallumain belül tevékenykednek. A cellulózbontó baktériumok a $VK_{max}=60-70$ %-os értékénél a legaktívabbak, ez alatt a sugárgombák kerülnek előtérbe. A cellulózt bontó gombák szaporodása a $VK_{max}=30-40$ %-os értéknél a legintenzívebb.

A cellulózbontás ökológiai feltételei

A cellulózbontó baktériumok számára a 6,5-7,8 közötti, a gombák és a sugárgombák számára a 6-7 közötti pH tartomány optimális, de a baktériumok 5,5-9, a gombák 4,5-9 pH érték mellett is bontják a cellulózt.

Inkább gomba. *Schizophyllum commune* axiális irányú növekedése akár 0,3 mm/óra sebességet is elérhet

Aerob cellulózbontás

A baktériumok közül a *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Cellvibrio* és *Cellfalciculata* sp.

A gombák közül az *Aspergillus*, *Fuzarium*, *Penicillium*, *Stachybotris*, *Trichoderma* és *Chaetomium* sp.

A bontás termékei CO_2 és H_2O .

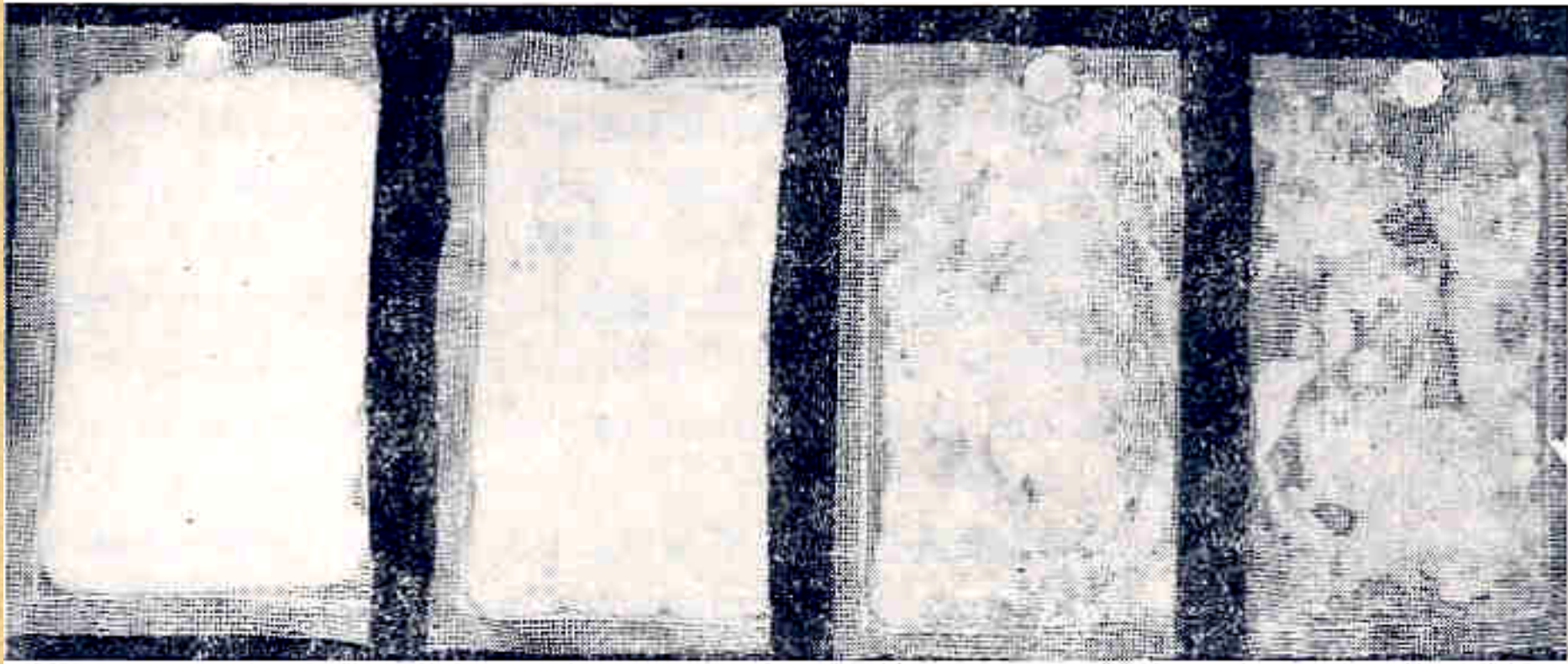
Anaerob cellulózbontás

Clostridiumok vesznek részt és végtermékként H_2 , CO_2 , CH_4 , alkoholok, szerves savak és humin anyagok keletkeznek.

A mikroorganizmusok cellulózbontó aktivitását befolyásoló ökológiai tényezők

- nedvességtartalom,
- talajtípus és tápanyag-ellátottság,
- mikrobaösszetétel,
- növényborítottság,
- agrotechnika,
- gátlóanyagok,

Cellulóz teszt



Talajenzimek eredete

- Élő mikroba, növényi gyökér, mikro- és mezofauna endocelluláris enzimeit.
- Szabad enzimek

Szabadenzimek eredete

- Mikrobákból és növényi gyökerekből származó extracelluláris enzimek
- Korábban akkumulálódott enzimek
 - Sejtalkatelemekhez kötve
 - Intakt, de elhalt sejtben
 - Sejtfragmentekben
 - Nem sejtalkatelemekhez kötve
 - Növényi gyökerekből
 - Mikrobákból és faunaelemekből
 - Extracelluláris
 - Endocelluláris

Enzimaktivitások

Oxidoreduktázok

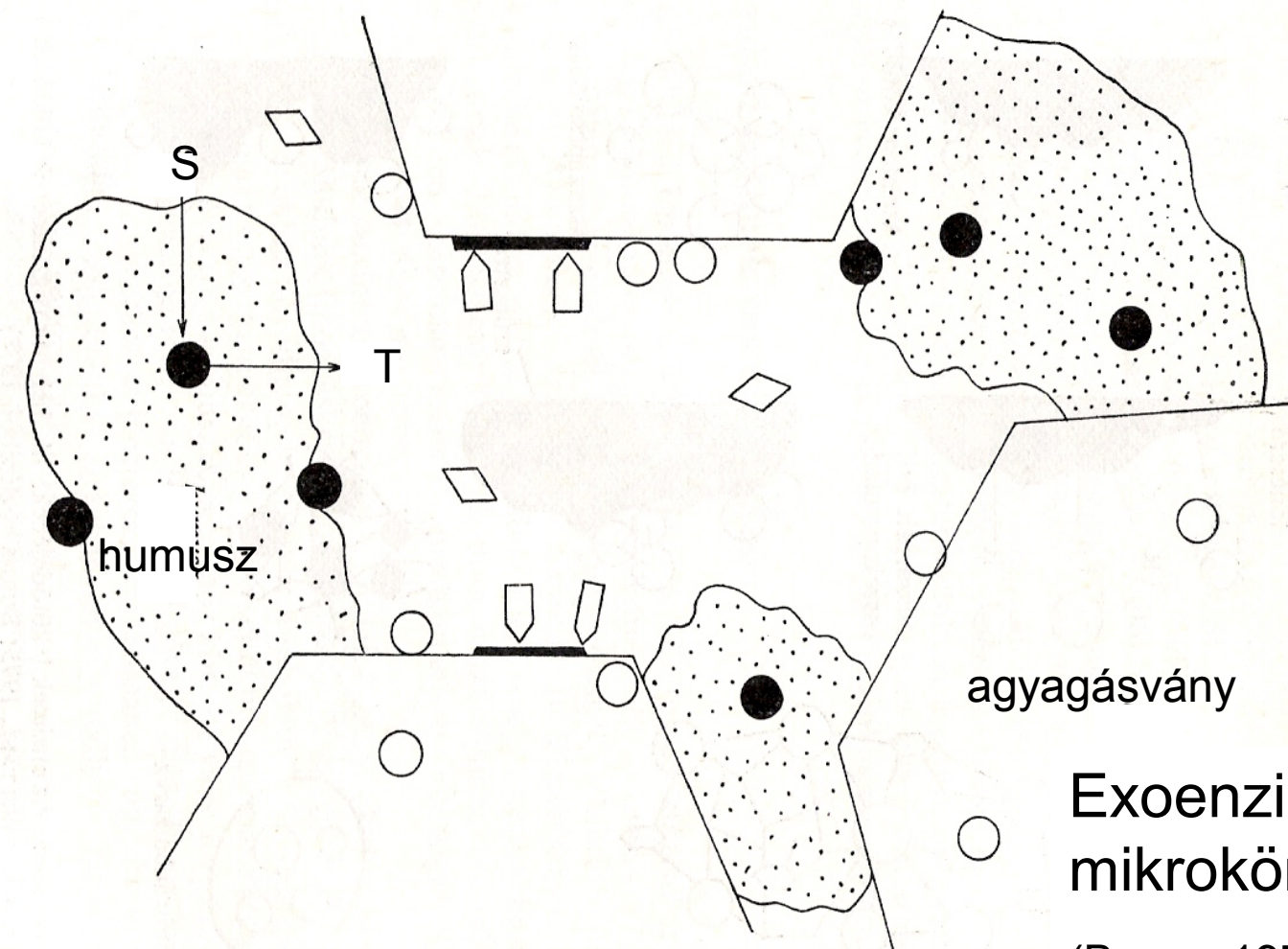
- Dehidrogenáz, kataláz, oxidázok

Transzferázok

- Rodanez, szukráz, transzferáz

Hidrolázok

Foszfatáz, amiláz, celluláz, invertáz, ureáz, proteáz, egyéb



Exoenzimek a talaj mikrokörnyezetében

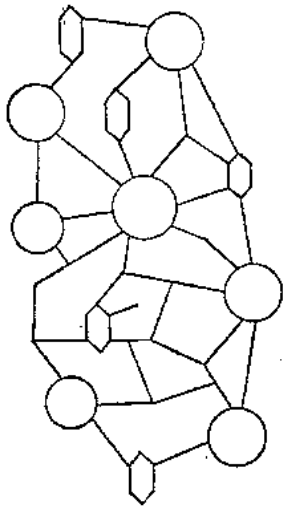
(Burns, 1978)

- = a kolloidális humusz révén fogva tartott enzimek
- = agyagásvány felületén vagy a lemezek között fogva tartott enzimek
- ◡ = szerves kolloid film felületére tapadt enzimek
- ◊ = a talajoldatban átmenetileg jelenlevő szabad enzimek
- S = szubsztrát
- T = termék

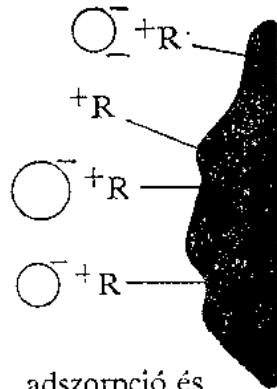
Az enzimek lekötődésének és rögzülésének lehetőségei

(Burns, 1978)

kopolimerizáció



ioncsere



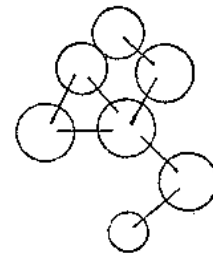
adszorpció és összekapcsolódás



enzim



kovalens kötődés

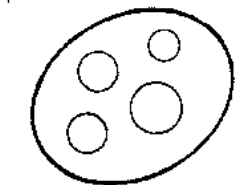


összekapcsolódás

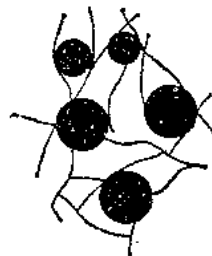
szubsztrát



adszorpció



membránba zárva



fogvatartás

A talajenzimek aktivitását befolyásoló tényezők

- Humusztartalom
- Nyomelemek
- Nedvességtartalom
- Hőmérséklet
- pH
- Növényvédő szerek
- Nehézfémek

Ammonifikáció (fehérjék)

A nitrogéntartalmú szerves anyagokat lebontják és ammónia keletkezik. $C/N = 25:1$.

Aerob, anaerob

Pentozán hatás

Végtermékek: oxisavak, alkohol, zsírsav, szerves sav, ammónia, metán, szén-dioxid, hidrogén, kén-hidrogén.

Ammonifikáció (fehérjék)

Obligát aerob: *Bacillus putidum*, *B. cereus*, *B. megatherium*, *B. mesentericus*, *B. subtilis*.

Aspergillus, *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichoderma*.

Fakultatív anaerob: *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *E. coli*.

Obligát anaerob: *Clostridium putrificum*, *Cl. tetani*, *Cl. sporogenes*, *Cl. Perfringens*, *Cl. Bif fermentans*.

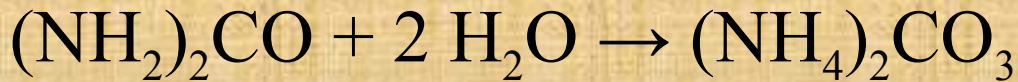
Ammonifikáció (karbamid)

Gömb és pálcika alakú urobaktériumok. Aerob, lúgos pH-t igényelnek. C-forrásuk szerves savak és szénhidrátok.

Sarcina urea

Micrococcus urea

Bacillus pasteurii



Ammonifikáció (húgysav és hippursav)

Proteus vulgaris

Clostridium aciduricum

Húgysav → karbamid

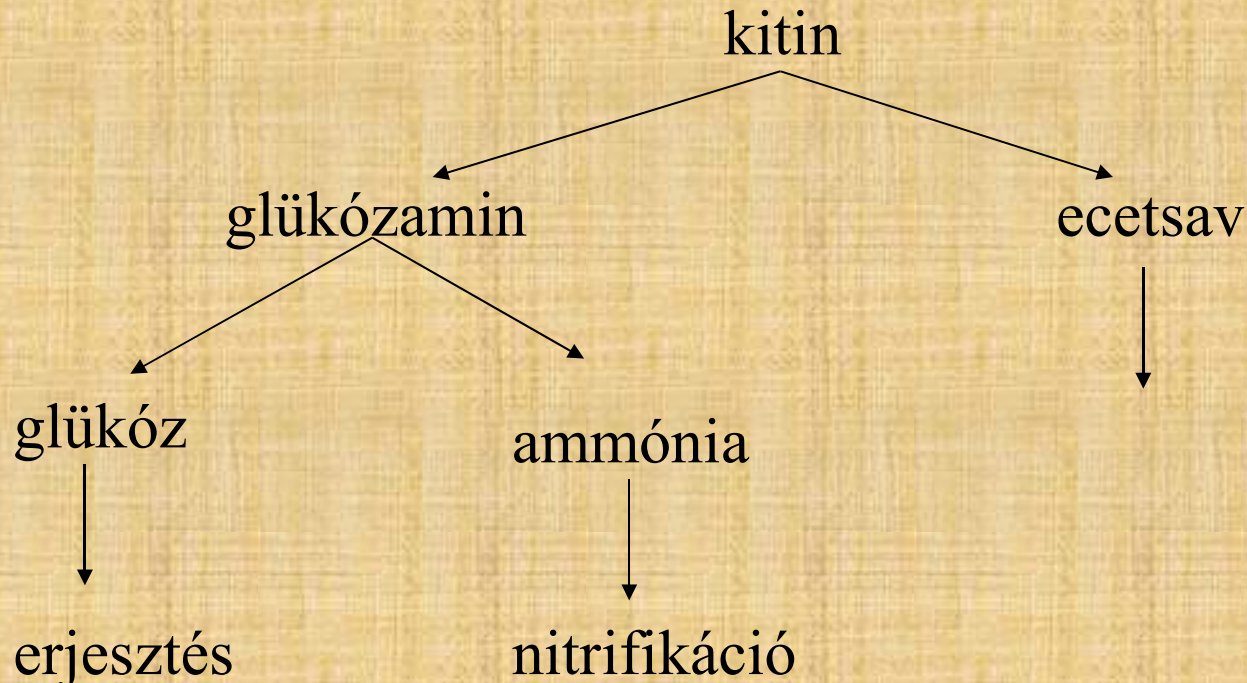
Hippursav → benzoésav + glikokol

Glikokol → ecetsav + ammónia

Ammonifikáció (kitin)

Bacterium chitinovorum, Achromobacter, Flavobacterium, Pseudomonas

Aspergillus, Fusarium, Mucor, Penicillium, Trichoderma.



Ammonifikáció (humusz)

Bactoderma, Mycobacterium, Nocardia.

Egyedüli C és N-forrásként hasznosítják a humátokat.

Nitrifikáció

Az ammóniát nitritté, majd nitráttá oxidálják. Aerob, G-, kemolitotróf szervezetek.

Nitrosomonas

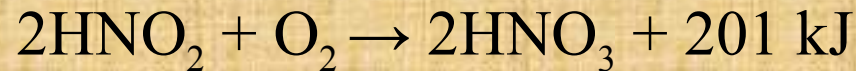


Nitrosococcus

Nitrospira



Nitrobacter



Nitrospina



Nitrifikáció

Faj	T	pH
<i>Nitrosomonas europaea</i>	5-30 °C	5,8-8,5
<i>Nitrospira briensis</i>	15-30 °C	6,5-8,5
<i>Nitrosococcus nitrosus</i>	2-30 °C	6,0-8,0
<i>Nitrosolobus multiformis</i>	15-30 °C	6,9-8,2
<i>Nitrobacter vinogradskii</i>	5-40 °C	6,5-9,5
<i>Nitrospira gracilis</i>	20-30 °C	7,0-8,0
<i>Nitrococcus mobilis</i>	15-30 °C	6,8-8,2

Nitrifikáció

- Az oldható szerves anyagok gátolják a nitrifikáló baktériumok tevékenységét
- Nagyobb mennyiségű oldható szerves anyag a talajban szinte soha nem fordul elő
- A talajban élő nagy mennyiségű szerves anyagot igénylő baktériumok a mineralizáció révén megteremtik a feltételeket a nitrifikálók számára

Denitrifikáció

Nem valódi denitrifikáció
(Nitrátredukció)



Bacillus cereus, B. subtilis
Ps. fluorescens,
Streptomyces sp.,
Xanthomonas sp.
Aspergillus, Mucor,
Penicillium

Valódi denitrifikáció

Közvetlen
(biológiai)



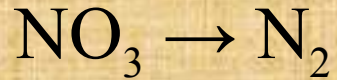
asszimilatív

Közvetett
(kémiai)



disszimilatív

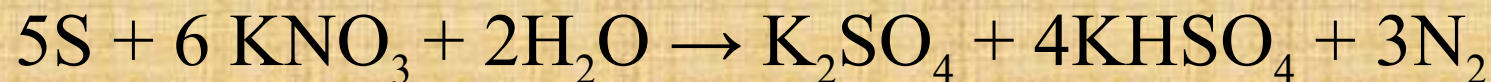
Denitrifikáció (közvetlen)



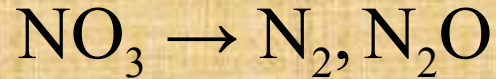
pH 6-9

Mezofilek: *Micrococcus*, *Pseudomonas*. G-, asporogén.

Termofilek: *Bacillusok*, *Bacterium pyocyneum*,
Bacterium fluorescens, *Spirillum desulfuricans*



Denitrifikáció (közvetett)



pH 5,5 alatt tisztán kémiai úton megy végbe.



Biológiai nitrogénkötés

Légköri nitrogén megkötése.

Szabadon élők

- Baktériumok
 - Aerobok (*Azotobacter*, *Azomonas*, *Beijerinckia*)
 - Anaerobok (*Clostridium*)
- Kékbaktériumok (*Anabaena*, *Tolypothrix*)

Szimbionták

- Pillangósok gyökerén (*Rhizobium*)
- Levélszimbionták

