

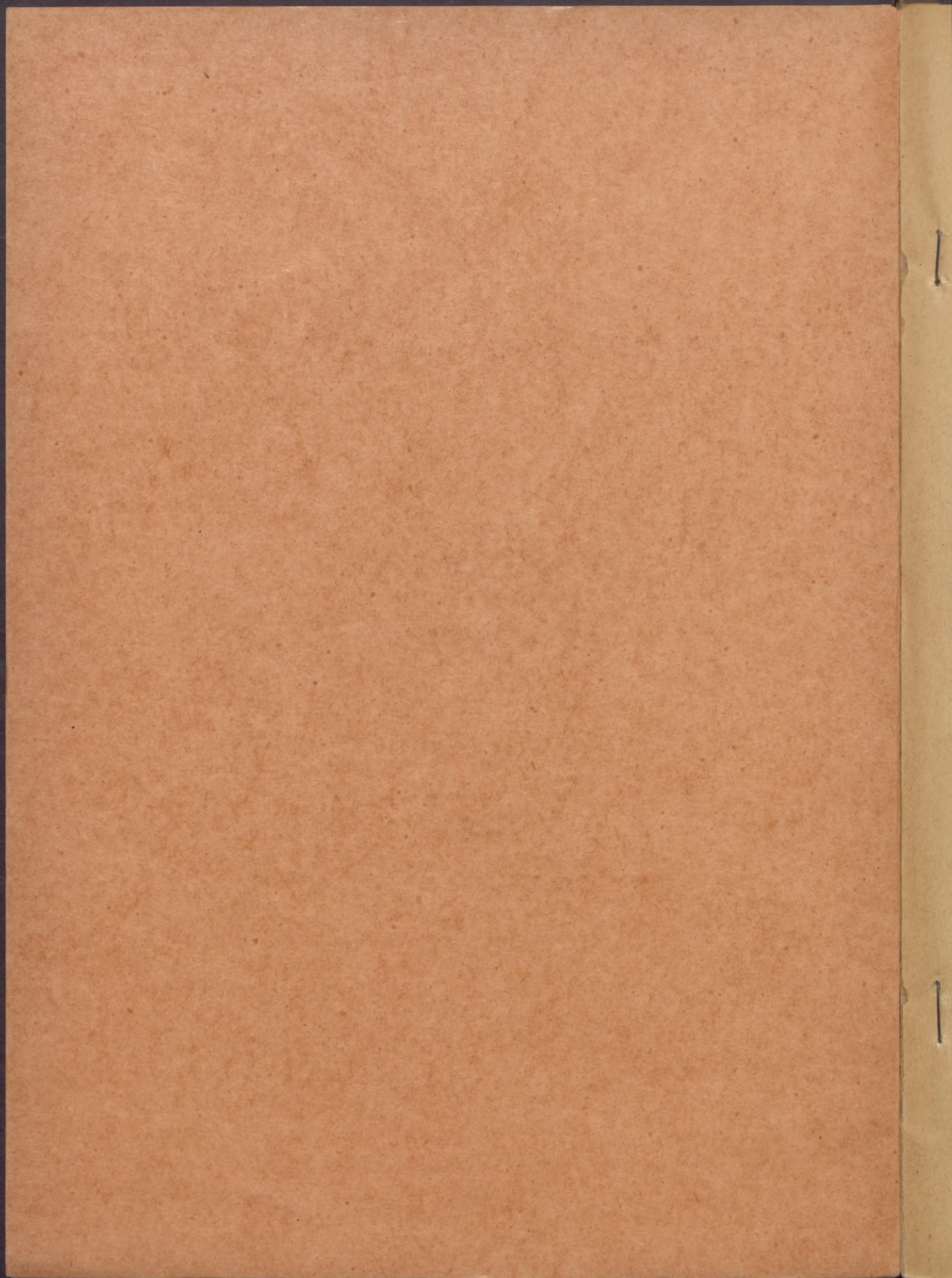
TALAJMIKROBIOLÓGIA

Dr. FEHÉR DÁNIEL

egyetemi ny. c. tanár.
előadásai alapján

KÉZIRAT

Sopron. 1951.



Agrártudományi Egyetem Erdőmérnöki Kar Jegyzetei.

TALAJMIKROBIOLOGIA.

Dr. FEHER DÁNIEL

egy.ny.r.tanár
előadásának
anyaga

Kézirat,
Sopron, 1951.

Kiadja az Agrártudományi Egyetem Tanulmányi Osztálya Sopron.



223186



B E V E Z E T É S .

A talajélet tudománya aránylag fiatal és viszonylag rövid multra tekint vissza. Alig néhány évtizede annak, hogy fokozottabb figyelmet fordítottak a talajban lefolyó biológiai jelenségekre és a talajban élő mikroorganizmusok, elsősorban a baktériumok, a mikroszkópikus gombák, azután a talajban élő moszatok, valamint a véglények vagy protozókák jelentőségére. Az emberi és állati szervezet életében való fontosságukra már korábban rájöttek a kutatók és éppen ezért a mikroorganizmusok szerepének és jelentőségének felderítése tulajdonképpen az orvostudomány érdeme. De ez is hosszú ideig bizonytalan úton járt mindaddig, amíg a mikroorganizmusok vizsgálatához szükséges technikai segédeszközök, így elsősorban a mikroszkóp fejlődése, megfelelő alapot nem szolgáltatott arra, hogy ennek a segítségével ezek a viszonylag kicsiny élőlények láthatóvá és megismerhetővé váljanak.

A Janssen testvérek és utánuk Kirchner Atanáziusz tették meg az első lépéseket a mikroszkóp felfedezésére / 1601-1680/. Utánuk a holland Leeuwenhoek / 1632-1723 / már összetett nagyítót készített, amelynek segítségével a vízben és a különböző folyadékokban élő mikroorganizmusokat ki tudta mutatni. Ezeket az alapvető felfedezéseket azután a mikroszkóptechnika tudományos kiépítésénél számos kutató alkalmazta. Elsősorban Abbé / 1840-1905 / híres német fizikus munkásságának köszönhetjük azt, hogy a mikroszkóptechnika a mai tökéletes fejlettségét elérte, amely amint Abbé vizsgálatai mutatják, a fejlődés optikai lehetőségét véve tekintetbe, elméleti szempontból alig fejleszthető már tovább. Abbé alapvető munkásságát 1870 táján kezdte meg és a múlt század 80-90-es éveiben fejtette ki a mikroszkóp optikai lényegére vonatkozó törvényszerűségeket és alapította meg a Zeiss-gyárat, amely mikroszkóptechnikai téren még ma is vezető szerepet játszik.

Amint már említettem elsősorban az orvostudományok voltak azok, amelyek az emberi betegségek ellen indított küzdelmeik során, főleg Pasteurnak / 1822 - 1895/ és azután Robert Kochnak / 1843-1910/ korszakalkötő felfedezéseivel kapcsolatban az u.n. orvosi bakterológiát fejlesztették. Pasteur halhatatlan érdeme, hogy Spallanzani nyomán haladva beigazolta az "ősnemzésről", a "generatio spontanea"-ról évszázadokon keresztül vallott felfogás helytelenségét és beigazolta, hogy élő szervezet csak élő szervezet ivaros vagy ivartalan szaporodásafolytán jöhet létre a jelen történelmi időszakban.

A mező és erdőgazdaságtanban a talaj életéről vallott hit és felfogás csak nagyon lassan tudott elterjedni. Ahhoz, hogy ez kifejlődhessék, először a mezőgazdasági bakterológiának egy alapvető jelentőségével, az erjedéssel kellett a tudománynak tisztában lennie. Először a francia származású Cagniar de Latour / 1777-1859/, majd utána a német Theodor Schwann 1820-1882/ mutatott rá

arra, hogy a cukortartalmu folyadékok erjedésekor gombák mutathatók ki, amelyek az erjedés biokémiai folyamatát életműködésükkel közvetlenül előidézik. Sajnos, ez az alapvető megfigyelés nem ment át a köztudatba. A híres német agrikulturkémikus: Justus von Liebig / 1803 - 1873 / és különösen Ernst Stahl / 1660-1734 / már korábban kifejtették elveiket, amelyeknek alapján az erjedés nem egyéb, mint mechanikai anyagszétválasztás, amelyet molekuláris erők idéznek elő. Liebig neve és tekintélye olyan nagy volt, hogy vele szemben csak Pasteur nagy tudása tudta minden kétséget kizárólag beigazolni, hogy az erjedés csak élőlények működésével magyarázható meg, mert valamely cukortartalmu folyadék, amelynek élőlényeit hevítéssel elpusztítják, az élet hiánya következtében önmagától, tisztán kémiai-fizikai úton nem képes erjedni.

Liebig az agrikulturkémia területén vallott merev fizikai-kémiai felfogásával szinte évtizedekre megbénította a kelő biológiai gondolkodás kifejlődésének lehetőségét. Természetesen nem szabad Liebignek mint agrikulturkémikusnak az úttörő munkásságát e miatt helytelen világításba helyeznünk. De mint sok nagy kutató, ő is az egyoldalúság hibájába esett és működésének ez a része, amely a biokémiai jelenségek lefolyásánál az élő szervezetek szerepét és befolyását tagadta, különösen a mezőgazdasági mikrobiológia kifejlődésére hosszú időn keresztül hátráltatólag hatott. Ő és iskolája a talajban lefolyó bomlási folyamatokat is tisztán kémiai okokra vezette vissza. Ezzel szemben ő volt az első, aki azt hirdette, hogy a talajból elvont táplálékanyagokat, természetes trágyázással, vagy ha ez nem lenne kielégítő, mesterséges műtrágyák adagolásával pótolni kell.

A mezőgazdasági talajbiológiai kutatás alapját tulajdonképpen a hüvelyesek gyökerein élő baktériummal a Bacillus radicicolával kapcsolatos vizsgálatok vetették meg. Ezen a téren a Hellriegel és Willfahrt 1886-ban, Beijerinck pedig 1888-ban hozták legelőször nyilvánosságra alapvető megfigyeléseiket, amelyek szerint ma már tudjuk, hogy a hüvelyesek gyökereinek gumóiban élő baktériumok a levegő szabad nitrogénjét közvetlenül megkötik és azután később a gyökerek rothadásakor ezt a nitrogént a talajnak átadják és így közvetlenül gyarapítják a mezőgazdasági talajaink nitrogénkészletét olyan forrásból, amely egyébként a növények számára hozzáférhetetlen volna.

A talajban szabadon élő nitrogénkötő mikroorganizmusok tevékenységét Berthelot ismerte fel 1893-ban. Az első nitrogénkötő baktériumnak, az anaerob Clostridium pastorianum-nak a kitenyésztése Winogradsky nevéhez fűződik. Beijerincknek pedig a különösen mezőgazdasági talajokban olyan nagyon elterjedt Azotobacter chroococcum-ot sikerült kitenyésztenie.

A nitrifikáció folyamatát régebben kémiai folyamatnak tartották és bár Schloesing és Müntz / 1877 /, továbbá Cohn / 1875 / Wollny / 1888 /, Angliában pedig Franklin, Warrington / 1890 / és még több kutató kétséget kizáróan bebizonyították, hogy a nitrifikáció mikroorganizmusok munkájának eredménye, a folyamat tulajdonképe-

ni felderítése Winogradsky és Omeliansky nevéhez fűződik. Ugyan-
csak Winogradsky tenyésztette ki először nitrifikáló baktérium-
kat is.

A talaj mikroorganizmusok kutatása terén sokat kö-
szöhetnünk Löhnis, majd utjabban Waksman és Russel vizsgálatainak
is. A gombakultúra megindítása ~~Agar~~ / 1886 /, azután Oudemans
és Koning / 1902 / nevéhez fűződik, bár Pasteurnak már 1876-ban
sikert a szőlőtalajból borélesztőt kitenyésztenie. Hansen pe-
dig 1882-ben megállapította, hogy a borélesztőnek főtartozékadási
helyük a talaj, amelyből az év minden szakában sikerült kite-
nyésztetni őket.

Raul France, aki a talajban élő mikroorganizmusokkal
szintén behatóan foglalkozott, 1911-ben kiadott munkájában a ta-
laj élőlényeinek összességét "edaphon" névvel jelölte. A talaj
mikroszervezetein: a baktériumokon, gombákon, moszatokon és pro-
tozoákon kívül a magasabbrendű gombák fonalai, azután a talajt
benépesítő alacsonyabbrendű és magasabbrendű állatok, így a kü-
lönböző férgek, főleg giliszták, a különböző rovarok, a vakond
stb. a talaj élete szempontjából szintén fontos működést fejte-
nek ki. Főképpen a talaj fizikai úton való porhanyításánál és ál-
talában a növénytermelés szempontjából annyira előnyös morzsás
szerkezet kimunkálásánál, valamint a talaj humuszának kialakítá-
sánál működnek közre nagyon tevékenyen.

A kutatóknak egész seregét lehetne még felsorolni, a-
kik a talajban lefolyó életjelenségekkel foglalkoztak és beiga-
zolták, hogy teljesen helytelen volt az a merev kémiai és fizi-
kai felfogás, amely a talajt kémiai vegyületekből álló élettelen
keveréknek tekintette, amelyben némi változást csak a külső szer-
vetlen klimatológiai tényezők, vagy pedig a belső kémiai és fizi-
kai faktorok eszközölhetnek, eltekintve természetesen attól, hogy
a természetett növények saját céljaikra a talajban lévő tápsók jó-
részét igénybe veszik, amelyet azután természetes vagy mesterséges
trágyázással a mezőgazdának pótolnia kell.

A talaj életével foglalkozó tudományos kutatás ezen
a téren gyökeres változást idézett elő, mert beigazolta, hogy a
talaj minden vonatkozásban rendkívül bonyolult élő szervezetnek
tekinthető, amely él és táplálkozik és összetételét a rajta lévő
növényzet és a benne lefolyó életjelenségek hatására ugyyszólván
óráról-órára változtatja.

A TALAJBAKTÉRIUMOK.

A baktériumok általános ismertetése.

A talajbaktériumok a talaj biológiájában rendkívül fontos szerepet játszanak, miután működésük a növény táplálkozása szempontjából elsőrangú fontossággal bír. Ezért a következőkben röviden a baktériumok általános ismertető jeleivel fogunk foglalkozni.

A baktériumoknak a növényországban való sorozását indokoltá tette az a körülmény, hogy amint az újabb vizsgálatok ki-
derítették, az ide tartozó fajok egy jelentékeny része autotroph
mint pl. az ismert nitrifikáló baktériumok, amelyek a talajban lé-
vő ammoniát nitrátokká oxidálják és ugyanekkor az így nyert hőener-
gia segítségével anélkül, hogy a magasabbrendű növényekhez hasonló-
an a Nap fény és hőenergiájára lennének szorulva a levegő CO_2 -
ját szétbontják és belőle életműködésük szempontjából a carbont
hasznosítják. Hasonlóképpen a levegő szabad nitrogénjét megkötő
baktériumok egy része szintén közvetlen asszimilálásra képes. Ter-
mészetesen a baktériumok hovatartozásánál a növény és állat-
ország között éles határt vonni nem lehet, azonban az előbbi em-
lített táplálkozási jelenségek és azután a baktériumok általános
morfológiai tulajdonságai indokoltá tették az egységes tárgya-
lás céljából ezeknek a növényországba való sorozását.

A baktériumok túlnyomó része egyszetű és csak egyes
fajok egyedei egyesülnek azután fonál-, gömbalaku koloniákká. A
baktériumok teste általában rendkívül egyszerűen van alkotva és
a növényországba tartozó többi élőlényvel szemben azzal a kifeje-
zett különbséggel bírnak, hogy bennük sejtmagot - a többi növé-
nyeknél vett értelemben - kimutatni nem lehet és ezenfelül sejt-
faluk felépítésénél nélküli a cellulóset.

Általában a baktériumok sejtfa-
la valószínűleg szintén
a protoplazmához hasonló összetételű fehérjenemű vegyület, amely
eltérően a plazma többi részeitől szilárdabbá és ellenállóbbá vá-
lik. A rendes mikroszkópi megfigyeléseknél figyelmesebb vizsgálá-
latkor jól észre lehet venni a sejtfa-
lat, de különösen élessé vá-
lik ez az ultramikroszkópi vizsgálatoknál vagy methylikékkal való
élve festésnél. Különösen a nagyobb baktériumokon lehet a sejt-
falat jól kimutatni. Különös sajátága a baktériumok sejtfa-
laknak, hogy a tulajdonképeni sejtfa-
lat még nagyon sok fajon egy nyál-
kás burok veszi körül, amelynek következtében a baktériumoknak
Staphylococcus és Streptococcus néven ismert láncszerű formáit
ez a nyálkás borítórétég ragasztó hatása hozza létre.

Egy különös jelenség még, amely bizonyos fokig a sejt-
falképződéssel van összefüggésben, a baktériumtest normális sejt-

falán kívül még egy rendkívül ellenálló természetű hártya keletkezése, amely a baktériumtestet a külső behatások ellen hatékonyan megvédi. Különösen jól lehet ezt a tokozódást az u.n. tokosított formákkal kimutatni. Ez a tokozódás valószínűleg a legkülső sejtfalrétegekből keletkezik, azonban ezeknél sokkal ellenállóbbá válik. Igen érdekes a tokozódásnak az a formája, amelynél a baktériumok változó életviszonyok mellett veszik magukat ilyen tokkal körül, így pl. a *Bacterium pneumoniae*, vagy a *Streptococcus mucosus*, amely a tejben, vagy a vérszerűen való tenyésztés-kor tokozódik ilyen módon be.

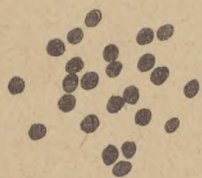
A baktériumok alakja:

A sejtfal adja meg tulajdonképpen a baktériumtest alakját és nagyságát és ezért ezzel kapcsolatban röviden szólni óhajtunk most ezekről. A baktériumtest normális alakját a következő alapformákba lehet összefoglalni: Kerek alakú coccus, azután a hosszúra megnyúlt pálcaszerű bacillus és a csavaros alak a spirillum.

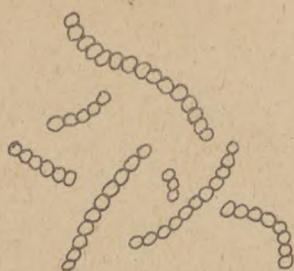
A kerek baktériumokat a coccusokat általában még a lakai szempontból két csoportra osztják, nevezetesen: makro- és mikrococcusokra. A coccusok szaporodás közben és utána rendszerint rövidebb-hosszabb ideig együtt vannak és az ilyen módon együtt maradt baktériumok azután különböző alakokat vehetnek fel. Ilyenek pl. a gyöngysorralakú formák, amelyeket *Streptococcus*oknak neveznek, azután a szőlőfürt alakjában szabálytalanul sorakozó coccusok, amelyeket *Staphylococcus* néven foglalnak össze és végül a párosszámban négyesével, nyolcasával, tizenhatosával a tér két egymással merőleges irányában elhelyezkedő coccus csoportok, amelyeket *Sarcina* névvel jelölnek.

Egy különös formájuk még a baktériumoknak az u.n. thiobaktériumok, amelyeknek jellemző sajátossága, hogy a hengerforma sejtfonalak több baktériumtestből állnak, amelyeket vastag nyálkahártya vesz körül. Ezek a fonalak lehetnek egyszerűek / *Beggiatoa* / de el is ágazhatnak. Végül egy különleges formája a baktériumoknak az u.n. Actinomycesek. Ide tartoznak a Streptomycesek is, amelyek a streptomycin nevű antibiotikumot termelik. Sugárszerűen elágazó kolóniákat alkotnak, amelyek azután a fejlődés egy bizonyos szakában apró pálcaszerű baktériumokra esnek szét. Ezek az Actinomycesek rendszertani szempontból még nem tekinthetők teljesen tisztázottaknak. Általában monopodialisan elágazó sugárszerűen elhelyezkedett szálakat képeznek, amelyeknek vastagsága a baktériumtest vastagságával 0.5-0.8 μ között változik. A fonalaknak a már említett szétesése tulajdonképpen nem egyéb, mint spóráképződés. Ilyenkor a megfelelő fonalak a levegőbe emelkednek, belsejükben a spórák elkülönülnek egymástól és azután az anyafonál fálának szétbomlása után szabadon válnak.

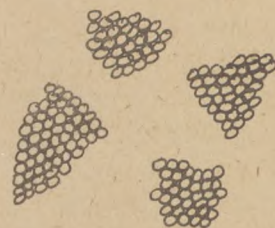
A baktériumtest formáival kapcsolatban meg kell még röviden emlékeztünk az u.n. involúziós vagy degenerációs formákról, amelyek rendszerint akkor keletkeznek, amikor a baktériumok



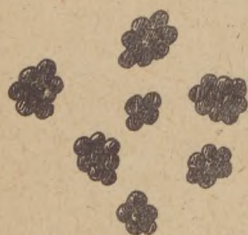
Micrococcus



Streptococcus



Staphylococcus



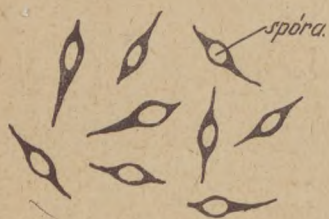
Sarcina



Bacillus (atrich)



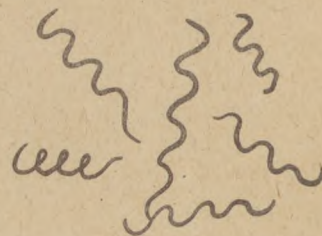
Bacillus (peritrich)



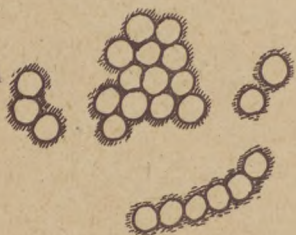
Clostridium



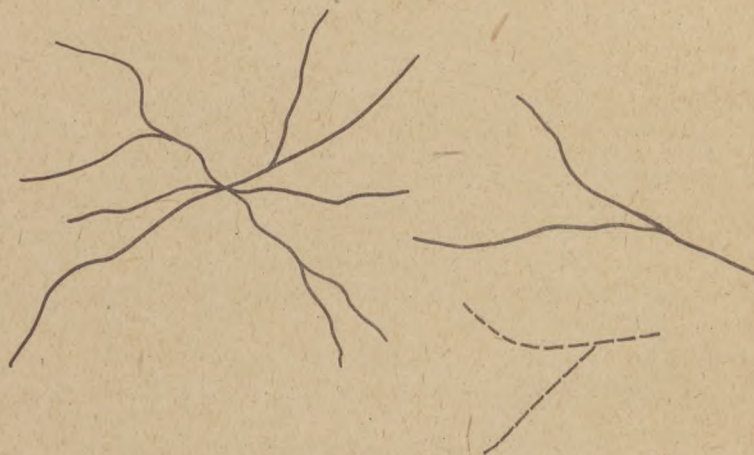
Spirillum



Spirochaeta



Azotobacter chroococcum



Actinomyces

kedvezőtlen táplálkozási és életviszonyok közé jutnak. A normális kultúrtenyészetekben ez az eset rendszerint akkor áll elő, amikor a tenyészetek előregednek, illetőleg a tenyészetekben lévő telepek növekedése folytán ezek táplálóanyagokban kimerülnek. Ilyen pl. a *Bacillus radicicola* alakjának elváltozása, azután a coccuseknek és mikrococcusoknak hosszanti megnyúlása. Egy másik jellemző sajátága a baktériumtest alakjának az u.n. pleomorphizmus, amely névvel azt a jelenséget jelöljük, amikor a baktériumok változott életviszonyok mellett más és más alakot vesznek fel. Ennek egyik jellemző esete pl. a *Micrococcus melitensis*, amely 37 C°-on gömbalaku, szobahőmérsékletnél pedig pálcaszerű formát vesz föl.

A baktériumok nagysága szintén rendkívül változik. Általában a baktériumok jelentékeny részét a legkisebb élőlények közé tartoznak és még ma is eldöntetlen, hogy vajon egyes fertőző betegségeket, amelyeknek előidézőjét normális optikai és tenyésztési módszerekkel eddig kimutatni nem sikerült, nem olyan baktériumok okozzák-e, amelyeknek nagysága a mikroszkóp optikai sajátosságaira vonatkozó számítások szerint a mikroszkópi látás határán kívül esik. A mikroszkópi látás alsó határa akkor jelentkezik, ha a vizsgálandó tárgy vagy baktérium nagysága $< 0.15 \mu$ ($1 \mu = 0.001 \text{ mm}$).

Ezentúl lehet ugyan tárgyakat nagyítani, azonban anélkül, hogy a tárgyak szerkezetében újabb részletek kivehetővé válnának. Minden kísérlet, amely e teljesítőképeség nagyítására vonatkozott, gyakorlati szempontból eredménytelen maradt. A határt csak a Köhler-féle ultraibolyamikroszkóp /Uviolmikroszkóp/ és Siedentopf és Zsigmondy által konstruált ultramikroszkóp segítségével lehet kitolni. Az ultraibolyasugarakat az emberi szem már nem érzékeli, de a fényképezőlemez még megrögzíti őket. Ennek segítségével tehát még további részleteket lehet felismerhetővé tenni, ha a mikroszkópi képet lefényképezzük. Az ultraibolyasugarak hullámhossza $\lambda = 275 \text{ m}\mu$. Az ultramikroszkóp viszont olyan kis részeket tesz láthatóvá, amelyeknek nagysága maximális értékben $4 \text{ m}\mu$ -vel, vagyis $0.000.004 \text{ mm}$ -el egyenlő. Természetesen ennél a határnál már nem lehet az illető láthatóvá tett tárgyak közelebbi alakjait kivenni. A lényeg abban áll, hogy ezek a rendkívül apró tárgyak fekete mezőben mint élesen világító pontocskák jelennek meg. Az ultramikroszkóp a bakteriológián kívül még a koloidkémiaiban is nagy szerepet játszik.

Az ultramikroszkóp mellett mikroszkópi célokra kikíválóan alkalmasak az u.n. ultramikroszkópi kondenzorok, parabolo- és kardoidkondenzorok, amelyek a kondenzor közepe táján elhelyezett sötét mező segítségével csak az u.n. elhajlított sugarakat engedik a szembe jutni. Ujabbán az u.n. elektroultramikroszkópok 50-, 100.000-szeres nagyítást is lehetővé tesznek.

A mikroszkópi látás határa összefüggésben van az emberi szem által még érzékelhető legkisebb fényhullám hosszúságával. Ez a nagyság kb. 0.2μ , amely adat az u.n. Helmholtz Abbe-féle egyenlettel van összefüggésben, amely a következő:

$$d \geq \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha}$$

ahol λ a fénycsuga hullámhosszát, $n \cdot \sin \alpha$ a vizsgálatnál használt mikroszkop tárgylencse numerikus aperturáját jelenti, viszont d azt a legkisebb távolságot adja, amely két pont között még az adott tárgylencsével feloldható, illetőleg a szem számára érzékelhető - vé tehető. Ha a nátriumfényt vesszük irányt adóul, amely az emberi szem számára az érzékelhetőségek legalsó határán van és ha a modern mikroszkop technika teljesítőképességének legnagyobb határán álló numerikus aperturát 1,30-nak vesszük, úgy $d = 0,23 \mu$. Ez az egyenlet és az itt vázolt adatok egyúttal a mai mikroszkop technika teljesítőképességének határát is adják. Ezentúl lehet ugyan tárgyakat nagyítani, azonban anélkül, hogy a tárgyak szerkezetében újabb részletek válnának kivehetővé. A mikroszkop feloldóképessége csak a tárgy megvilágítására használt fény hullámhosszána csökkenésével növelhető tovább. Tudjuk, hogy a gyorsan mozgó anyagi részecskék, pl. elektronok úgy viselkednek, mintha pályájuk mentén hullám terjedne tovább. 75000 Volt feszültség különbséggel olyan katod sugarakat állíthatunk elő, melyeknek hullámhossza csupán $4,47 \cdot 10^{-10}$ cm.

Egy tekercs mágneses tere a tekercs tengelyével párhuzamosan haladó elektronsugarakra hasonló fókuszáló hatást fejt ki, mint az optikai lencsék a fénysugarakra. Az ilyen u.n. mágneses elektronsugarak segítségével elektronsugarakat kibocsátó testekről reális, nagyított képet állíthatunk elő. Az elektron-mikroszkop felépítése hasonló az optikai mikroszkopéhoz, a fényforrást az elektronsugarakat emittáló izzókatód helyettesíti, az innen kilépő és megfelelő elektromos tér segítségével felgyorsított elektronsugarakat egy a kondenzorlencse szerepét betöltő mágneses tekercs tere az igen vékony gelatin fólián nyugvó tárgyra gyűjti össze. A tárgy a sugarakat részben adszorbeálja, részben átengedi. A tárgyról továbbhaladó sugarakat az objektívlencsét helyettesítő mágneses elektronsugarak nagyított reális képpé egyesíti, melyről az okulárlencse szerepét betöltő második mágneses elektronsugarak újból felnagyított reális képet állít elő a fényérzékeny lemezen. A mágneses elektronsugarak felbontóképessége már elérte a 10 millimikront, az elektronsugarak segítségével nyert képek mélységelessége kb. ezerszer nagyobb, mint a közönséges mikroszkopképeké.

A baktériumok nagysága rendkívül változó. Különösen a hosszúság az, amely erősen változik. Egyike a legnagyobbaknak a *Bacillus Bütchlii*, amely $4-5 \mu$ vastag és $50-60 \mu$ hosszú. Hasonlóképpen rendkívül nagy a *Spirobacillus gigas*, amely $160-400 \mu$ hosszú és $4-6 \mu$ széles. A legkisebb baktériumok egyike a *Spirillum parvum*, amely mindössze $0,1-0,3 \mu$ szélességet mutat, tehát már a mikroszkop látás alsó határán van. Hasonlóképpen rendkívül kicsi a *Streptococcus gracilis*, amely a legkisebb coccusok közé tartozik $0,2-0,4 \mu$ átmérővel. Egyenesek egyike a legkisebb baktériumoknak a *Bacillus influenzae*. A normális coccusok legtöbbje 1μ -nél nagyobb átmérővel szűkített rendelkezni. A *Bacillus radialis* $1-1,5 \mu$ hosszú és $0,5-0,8 \mu$ széles. Lönnis szerint a talajban és a trágyában előforduló baktériumok közül a legtöbbnek nagysága $0,25-10 \mu$ között változik.

természetesen a fonalakká egyesült baktériumok jelentékenyen nagyobbak, a protozókák pedig rendszerint 10-20-szor akkora testűek, mint a körülöttük levő baktériumok.

E mikroorganizmusokat a rájuk váró élettani folyamatok elvégzésében parányiságuk nem gátolja, miután ezeknek a rendkívül kis élőlényeknek adszorpciós felülete teljes nagyságukhoz viszonyítva igen nagy. Löhnis számításai szerint, ha a baktériumokat kockáknak képzeljük, amely kockáknak éle 10μ , illetőleg 1μ hosszú, úgy ezekből 1 mm kockában 1 millió illetőleg 1000 millió fog helyet foglalni. Ezek összes felülete azonban már 600, illetőleg 6000 mm² adszorpciós felülettel rendelkezik az 1 mm élű kocka 6 mm² felületével szemben. Tehát a baktériumtestnek 100-illetőleg 1000 -szeres megnagyítását hozza magával.

A plazma:

A sejt falon belül foglal helyet a baktérium élet központjául szolgáló protoplazmatest, amelyben a tulajdonképeni élő testen belül még élettelen tartalmi részeket lehet kimutatni. A baktériumtest protoplazmája általában a növénysejt protoplazmájához viszonyítva különleges eltéréseket nem mutat. A baktériumtestében is megtalálhatjuk, éppen úgy, mint a magasabb rendű növények sejtjeiben a protoplazmán belül a vakuolákat, de hiányzik belőle legalább a magasabbrendű növények értelmében vett jó kialakult sejtmag. A vakuolák azonban általában nem olyan nagy kiterjedésűek, mint a magasabbrendű növények sejtjeiben és így ez a jelenség is rámutat a baktériumtest élénk életműködésére.

A protoplazma tartalmi részei között meg kell említenünk a szerveket és szervetleneket. A szerves tartalmi részek közül viszont meg kell különböztetnünk a nitrogénmentes és a nitrogént tartalmazó szerves részeket. A nitrogénmentes szerves részek túlnyomó részben szénhidrátokból és zsírokból állanak, azonban azzal a jellemző sajátossággal, hogy a szénhidrátok közül itt, a magasabbrendű növényekben annyira elterjedt keményítőt kimutatni nem lehet. Ennek a helyét legtöbbször a glikogen és más még egyelőre közelebbről meg nem határozott szénhidrátok foglalják el. Hasonlóképpen nincs még közelebbről meghatározva a baktériumtest protoplazmájában kimutatható zsíros tartalmi részek közelebbi kémiai szerkezete. A nitrogéntartalmú részek közül a legfontosabbak a fehérjék, amelyeket Meyer A. után volutin névvel jelölnek. Ezek rendszerint szemecskék, amelyek szintelenek, erősen fénytörők és a baktériumoknak tartalék táplálékul szolgálnak, a nitrogénmentes szénhidrátokkal együtt. A szervetlen részek közül meg kell említenünk az u.n. kénbaktériumok testében kimutatható kénszemcséket, amelyek pl. az ismert *Beggiatoa alba* testében kerek, erősen fénytörő pontok alakjában jelentkeznek. Az elhalt sejtekben pedig azután kristályok alakjában mutatkoznak.

Az u.n. vasbaktériumok testében *Chlamydothrix* és *Chrenoethrix* a vas és a vele együtt járó mangánhidrát mint a -morph tömeg válik ki.

A baktériumok testében sejtmagot rendszerint nem találunk, legalább is nem abban az értelemben, amilyenben a magasabbrendű növények sejtmagjának szerkezetét felfogjuk. Mindössze megfelelő festési és rögzítési eljárásokkal csak annyit lehet kimutatni, hogy a baktériumok testét kitöltő protoplazma belső részén bizonyos a plazma többi részeitől élesebben elkülönült plazmaképződmény látható, amely bizonyos fokig legalább morfológiai és fiziológiai értelemben a magasabbrendű sejtek sejtmagjának felel meg.

Szaporodás:

A baktériumoknak különös sajátása a rendkívül gyors szaporodás, mely szaporodás elsősorban a baktériumtesteknek nagyon gyors és ismételt osztódása folytán jött létre. Ez a körülmény magyarázza meg a baktériumoknak rendkívül gyors elterjedő képességét, amennyiben számuk természetesen a gyors osztódás következtében nagyon gyorsan növekedik. Ezenkívül azonban a baktériumok szaporodása az u.n. spórák segítségével is végbe megy. Ezek a spórák a legtöbb baktériumnál a sejt belsejében keletkeznek. A baktériumsejt többnyire csak egy spórát hoz létre és csak kivételes esetben szokott két spóra kifejlődni. A spóráképződést rendszerint már az anyabaktérium életében meg lehet figyelni, amennyiben mikroszkóp segítségével egyes festési és rögzítési eljárásoknál jól ki lehet mutatni a spórák jelenlétét. Ezek a spórák azután megérésük után szabaddá válnak, de ellentétben a baktériumtesttel, a spórákat egy rendkívül nagy ellenállással bíró hártya, a spóra fal veszi körül. A spóráképződésnek ezt a módját endogennek nevezzük és az így keletkezett spóráknak a neve endospóra, amelyek különösen akkor keletkeznek, amikor a baktériumok kedvezőtlen életviszonyok közé kerülnek. Jellemző ezeknek a spóráknak rendkívül nagy ellenállóképességére, hogy egészen 140°-os száraz meleget és 130°-os hideget is el tudnak viselni. Csak a 100°-ra hevített nedves gőz hatása az, amely ezeket a spórákat elöltni képes. Ezek az endogen spórák életképességüket lappangó állapotban rendkívül soká megőrzik és azután kedvező életviszonyok közé kerülve életműködésük fonalát megint felveszik, kicsiráznak és tovább szaporodnak. A fertőző betegségeknek egy jelentékeny része nemcsak közvetlenül a baktériumok által megy végbe, hanem ezeknek a terjesztésében ezek a rendkívül ellenálló spórák jelentékeny szerepet játszanak.

Az endospórák mellett még az u.n. arthrospórák is kifejlődnek, amelyekre nézve jellemző az, hogy ezek rendszerint az egész baktériumsejtnak spórává való átalakulása útján keletkeznek. Az endospórák falában rendszerint egy külső és belső réteget is meg lehet különböztetni, amelyeket exin és intin névvel jelölik.

A Trichobaktériumok, ahova a Chlamydothrix, Crenothrix és a Beggiatoa fajok tartoznak, nem fejlesztnek endospórát, hanem a fejlődés útján konidspórákat hoznak létre, amely konidspórák mozdulatlanok, vagy mozgásra képesek, amikor ez utóbbi esetben mozgásukat csillangó szálacskákkal végzik.

Egy másik jellemző sajáttsága a baktériumtestnek az u. n. csillangó szálacskák fejlesztése. Ezeket normális körülmények között rendszerint nem lehet észrevenni, csak nagyon különleges festési eljárásokkal lehet egyes fajokon a csillangó szálacskákat kimutatni, míg a sötét mezőben való vizsgálatnál élénkebb és határozottabb formában jelentkeznek. A csillangó szálacskák száma a különböző baktériumfajoknál rendszerint változó. Általában azokat a baktériumfajokat, amelyeknek nincs csillangójuk atríchnak, ha a csillangók a test egész felületén kifejlődnek, peritríchnak és hogyha pedig a baktériumtest mindkét pólusán csillangók vagy csillangó kötegek fejlődnek ki, akkor ezt amphitríchnak nevezzük. A csillangók nagysága és alakja rendkívül változó. Nagyságuk általában $0.01-0.05\mu$ között változik, míg hosszúsága egyes fajokon /pl. *Bacillus typhi*/ 26.5μ -t is elérheti. Nagyon gyakori a csillangók csavaros alakulása. A csillangók általában protoplazma képződmények, amelyek a protoplazmával szoros összefüggésben állanak és a protoplazma külső szilárdabb összetételű falrészletét áttörik.

A baktériumok mozgása elsősorban ezeknek a csillangóknak a hatása, de a baktériumok önálló mozgását meg kell különböztetni az u. n. Brown-féle molekuláris mozgástól, amelyet a mikroszkóp látómezejében a rendkívül apró tárgyak megfigyelésekor jól észre lehet venni és amely azt mutatja, hogy minden oldatban a részecskék állandó molekuláris mozgásban vannak.

A mozgás gyorsasága szintén változó. Általában a legtöbb faj testhosszúságának 1-2 szeresét képes másodpercenként utképen megtenni, de ritka esetben tízszeres hosszúság megtevésére is képesek.

A baktériumtest színe legtöbbször különös festőanyagot nem mutat. Egyes baktériumok azonban kivételes esetben mutatnak színeződést, ilyenek pl. a különösen Molisch által behatóan tanulmányozott purpurbaktériumok, amelyeket chromophoroknak neveznek, ilyen pl. a Rhodobacillus palustris, a Rhodobacterium capsulatum. Hasonlóképpen ilyen a Bacillus violaceus, amely ibolyaszínű. Ez az utóbbi azon baktériumok közé tartozik, amelyek a festőanyagot nem a plazmájukban, hanem a sejtfalukban halmozzák fel. Van azonban egy sereg baktérium, amelyek nem azáltal mutatnak színes telepeket, hogy a plazmájukban vagy a sejtfalban festékanyag van, hanem azáltal, hogy a körülöttük lévő táplálóanyagokban olyan elváltozásokat hoznak létre, amelyeknek eredménye a festőanyag képződés. Egyike a legközönségesebbeknek a Bacterium prodigiosum, amely rózsaszínűre festést okoz, azután a Micrococcus pyogenes aureus, amely narancssárga színeződést hoz létre. stb.

A baktériumtest tövvi fizikai tulajdonságai közül csak röviden akarunk tájékozódni még megemlíteni. A lineáris nagyságra vonatkozólag már a baktériumtest alakjánál megadtuk a szükséges felvilágosítást. Ha most a baktériumtest tömegét és térfogatát vizsgáljuk, egy gömbölkö *coccus*-on, amelynek az átmérője 1μ , a köbtartalom $0.523\mu^3$ és felülete $3.14\mu^2$ lesz.

A baktériumtest a már említett színén kívül még fénytörő sajátsággal is rendelkezik. Ez a fénytörő sajátság az élő baktériumsejteknél aránylag kicsiny, ezért a baktérium vizsgálatokor vigyázni kell, hogy ezeket mindig olyan közelben vizsgáljuk, amelyeknek a fénytörő képessége kisebb, mint az illető baktériumé.

A baktériumok rendszertani helye.

A baktériumoknak a növényországban elfoglalt rendszertani helye Wettstein rendszere szerint a Schizophyta törzse és azoknak Schizomyces alosztálya. Ezeket a Schizophytákat vagy hasonló gombákat nagyon sokféleképpen foglalták rendszerbe és sajnos a különböző, a tudományos életben vezérszerepet játszó nemzetek között még ma sincs egységes megállapodás ezeknek pontos rendszerezését illetőleg. Általában a német irodalomban Lehmann és Neumann legutolsó rendszerét fogadták el, míg az angol, de főleg az amerikai irodalom előretörése következtében Amerikában ma Bergey által lefektetett rendszer szolgál a baktériumok meghatározásának alapjául. Mi a teljesség kedvéért röviden mindkét rendszert ismertetni fogjuk.

Lehmann-rendszere:

A. Schizomycetales.

Keresztosztódással szaporodnak rendes kulturfeltételeik mellett. Alakjuk tehát gömb, pálcá, fonál vagy csavarforma. Elágazások csak rendellenes teratologikus formáknál fordulnak elő, telepeik nem függenek össze szilárdan a táptalajjal. Grámfestésük változó. Endospórák gyakran találhatók. A grámfestés a baktériumok diagnosztikájának fontos eszköze. A készítményt sorban viktóriakékekkel, jód-jodkaliummal, alkohollal és carbolfuksinnal kezeljük. A viktóriakék-szint megtartó baktériumok, a grámpozitívok, az elvesztők a grámnegatívok.

1. Coccaceae. Gömbalaku baktériumok, rendszerint grámpozitívok, spóráképződés nélkül.

2. Bacteriaceae. Egyenes pálcák, amelyek néha fonalakká egyesülnek, spóráképződés nélkül, csillangószálacsákkal vagy nélkül, grámnegatívok.

3. Desmobacteriaceae. Magasabbrendű hasadó gombák vagy baktériumok, amelyek rendszerint hosszú fonalakká egyesülnek és egyik végükön többnyire szilárdan ülnek. Grámnegatívok.

4. Vibrionaceae. = Spirillaceae. Görbe pálcácskák, amelyek néha spirális vagy csavarási alakúak is lehetnek, grámnegatívak, csillangószálalacsokkal.

5. Spirochaetaceae. Hajlékony spirális alakúak, amelyek csillangószálalacsok nélkül mozognak.

6. Bacillaceae. Egyenes pálcácskák endospóra képződéssel többnyire grámpozitívak, csillangószálalacsokkal, vagy azok nélkül.

Ezt a csoportot ez a felfogás valódi baktériumoknak hasadó gombáknak tekinti és külön választja tőlük a következő, a második csoportot:

B. Actinomycetales.

Ebbe a csoportba azokat a különleges baktériumokat sorozzák, amelyeknek rendszertani helye még nem teljesen ismeretes. Jellemző rájuk, hogy fejlődésük első szakaszában mindig vékony fonálforma chlorophyllmentes szervezetek, rendszerint elágazó mycélium képződéssel, amelyeken néha konidium képződést is megfigyelhetünk. Fiatal tenyészetekben rendkívül hasonlítanak a magasabbrendű fonalas gombákhoz és az újabb felfogás bizonyos mértékben átmenetnek tekinti őket ide. Fejlődésük további szakában szétesnek rendszerint vékony pálcákká vagy coccusforma képződményekké, amelyeknek egy tipikus példája a Bokor által leírt Mycococcus cytophagus.

Bergey viszont az Actinimyceteket mint a Schizomycetesek egyik rendjét fogja fel.

Bergey rendszere.

1. rend: Eubacteriales.

1. család: Nitrobacteriaceae.
2. " Coccaceae.
3. " Spirillaceae.
4. "

A 2., 3., 4., és 5. családnak karakterisztikuma nagy vonásokban egyezik a fent mondottakéval, míg az első család ismertető jele, hogy ezek obligát aerob baktériumok, amelyek sohasem képeznek endospórákat és energianyerésük egyszerű C-vegyületek, továbbá S-, H- és N-vegyületek oxidációjával megy végbe.

II. rend: Actinomycetales.

1. család: Actinomycetaceae.

2. család: Mycobacteriaceae.

Ezekhez tartoznak az előbbi rendszerben ugynezen név alatt tárgyalt mikroorganizmusok.

III. rend: Chlamydobacteriales.

Ezekhez tartoznak a kén-és vasbaktériumok.

IV. rend: Thiobacteriales.

Az ezekhez tartozó baktériumok szintén kénbaktériumok.

V. rend: Myxobacteriales.

Ebbe a rendbe a protozoákhoz hasonló baktériumokat sorolnak.

VI. rend: Spirochaetales.

Ebbe a rendbe tartozó baktériumok ugyancsak a protozoákhoz hasonlóak.

Ezenfelül talajbiológiai szempontból meg kell még említenünk Waksman után a baktériumoknak a talajban betöltött biológiai szerepük szerinti osztályozását.

1. Autotroph és fakultatív autotroph baktériumok, amelyek carbonszükségletüket elsősorban a levegő CO_2 -jából fedezik és a szükséges energiamennyiséget szerves anyagok oxidációjából vagy egyszerű carbonvegyületekből nyerik. Ilyenek:

1. Baktériumok, amelyek energiaforrásul N-vegyületek szolgálnak / nitrifikáló baktériumok/.

2. Baktériumok, amelyek energiaforrásul kén és kéntartalmu vegyületeket használnak.

3. Baktériumok, amelyek vas és mangán vegyületek bon-

tásából nyerik energiaszükségletüket.

4. Baktériumok, amelyek az egyszerű carbonvegyületeket bontják energiamennyiségük fedezésére.

5. Baktériumok, amelyek energiaforrássul a hydrogént használják.

II. Heterotroph. baktériumok, amelyek carbonszükségletének fedezésére energiaforrássul különböző szerves vegyületek szolgálnak. Ilyenek:

1. N-kötő baktériumok, amelyek N-szükségletüket a levegő szabad N-jéből nyerik.

a./ Nem symbiotikus N-kötő baktériumok, amelyek lehetnek an aerob / Clostridium-fajok, Granulobacter stb./ vagy aerob baktériumok / Azotobacter, Radiobacter, Bact. aerogenes, Bact. pneumoniae stb./

b./ Symbiotikus N-kötő baktériumok.

2. N-vegyületeket bontó aerob baktériumok.

3. N-vegyületeket bontóak aerob baktériumok.

4. Cellulosebontó baktériumok.

5. Carbamidbontó baktériumok.

6. Denitrifikáló baktériumok.

A baktériumok életmódjára vonatkozólag meg kell jegyeznünk azt, hogy ezek tulnyomórészen vagy élő szervezetekben, élő paraziták vagy korhadó, elhalt szervezeteken élősködő saprophyták, azonban legtöbbjük fakultatív parazita vagy saprophyta is lehet. De vannak autotroph formáik is, amelyek önálló, bár chlorophyllmentes CO_2 - asszimilációra képesek és az ehhez szükséges energiát különböző vegyületek oxydációjával teremtik elő. Ilyenek a nitrifikáló baktériumok, a kén és a vasbaktériumok, a metánbaktériumok, a hydrogént oxydáló baktériumok stb. A legtöbb ezek közül tenyésztéséhez megkivánja a levegő O-jének jelenlétét. Ezek az u.n. aerob baktériumok. Nagyon sok baktérium azonban oxigén, ill. levegő nélkül is tud élni és az életéhez szükséges oxigént különböző vegyületek felbontásával intramolekuláris uton nyeri. Ezek az u.n. anaerob baktériumok. Ezek a baktériumok a talajban is nagyon el vannak terjedve és tenyésztésükhez különböző berendezéseket kell használnunk. Ezek azok a baktériumok, amelyek a később tárgyalandó u.n. rothadást idézik elő a levegő oxigénjének felhasználásával történő korhadással.

szemben.

Az O-szükséglet a mikroorganizmusok számára növekedésük és spóráképzésük szempontjából kardinális pontot jelent, azonban ezen a téren az aerob és anaerob baktériumok szükséglete között nagy különbség van.

Itt kiegészítésül a pathogén baktériumokról óhajtunk még egészen röviden szólni.

Ezeknek rendkívül fontos szerepe van az ember és az állatok életében. Az u.n. ragdós betegségek / pestis, kolera, tüdővész, kanyaró stb. / előidézői tulnyomó részben baktériumok. A betegség tüneteit elsősorban az anyagcseréjük folyamán termelt és kiválasztott mérgező anyagokkal az u.n. toxinokkal idézik elő. Csak másodsorban jön az élő szervezet sejtjeinek szétroncsolása és elpusztítása tekintetbe.

A megtámadott szervezet ellenanyagokat / az antitoxinokat, agglutin stb. / termel és ezekkel paralizálja a pathogén hatást. Ha ez nem sikerül, beáll a halál. Ellenük a leghatásosabban prophylaktikus módon, tehát fertőtlenítéssel és a rágályos betegek elkülönítésével védekezhetünk. Vannak betegségek pl. a pestis, amely ellen a modern orvostudomány még ma sem ismer hatékonyabb fegyvert a fertőtlenítésnél és az elkülönítésnél.

A gyógyításukra egyébként a gyógyászatban a kémiai gyógyszerektől eltekintve ujabban mind nagyobb hatással kezdik alkalmazni a szérumtherápiát.

A pathogén baktériumokat élő vagy elhalt állapotban fokozatosan erősített adagokban állatokba oltják, amelyeknek a vére az ellenanyagokat kitermeli, és azután ezen állatok véréből vesznek és centrifugálással vagy a vér hosszabb ideig való nyugodt állása után az ellenanyagokat tartalmazó vérsavót előállítják.

Vérsavó vagy szérum alatt a vérnek azt a részét értjük, amely a kieresztett vérből hosszabb ideig való állás után, a vértetek és a fibrinből álló u.n. plecenta sanguinis leülepedése után efölött kiválik. A megtámadott szervezet vére a szérumban tartalmazza a fertőzés hatására keletkezett ellenanyagokat.

A vérsavó útján való védekezést passzív immunizálásnak mondják.

A legjobb és leghatásosabb ilyen fajta szer a diphteria bacillus elleni Behring-féle szérum, a Sclavo-és a Marthoux-féle lépfene szérum, a Koch-féle baromfikolera szérum, a Koller-féle keleti marhavész elleni szérum stb.

Az aktiv immunitást nem specifikus vérsavókkal, hanem antigének befecskendezésével állítjuk elő. Ilyen antigének az eredeti legyengített vagy előlt baktériumtenyészetek.

Eredeti tenyészetekkel / vírus/ való eljárás pl. a himlőoltás, amelyet a kevésbé fogékony állati szervezetben szelidült vírussal állítanak elő. A gyengített vírusokkal való aktiv immunizálás jellemző példája a P a s t e u r -féle veszettség elleni védőoltás. Előlt vírussal való immunizálás pl. a tifusz, kolera és pestis ellen való védekezés vagy pl. a sertésorbánc elleni védekezés a Manningér féle vaccinával.

A himlőoltást legelőször E. J e n n e r /1823/ vezette be. Lényege az, hogy a tehénhimlő kiütésének nyirokjával, illetőleg vírussal oltják be karcolt vagy vágott sebeken az embereket. A vírus tehát itt a szarvasmarha szervezetében szelidül.

P a s t e u r / 1822-1895/ eljárásával a veszettség ellen beoltott nyulak velőjéből változó foku kiszáradás útján nyert fokozatosan erősödő virulenciával bíró anyaggal oltják a betegeket és ezáltal a szervezetet ellenanyagok termelésére indítják olyannyira, hogy mikor a harapás által a szervezetbe bejutott vírus elhatalmasodik, az oltás által előidézett ellenanyagok ennek a hatását paralizálni tudják.

A veszettség és a himlő bacillusát ma még egyébként nem is ismerjük, ezek a mostani feltevés szerint a mikroszopi látás határán túl az u.n. ultravisibilis mikroorganizmusokhoz tartoznak.

A fertőtlenítés két féle módon történik. Fertőtlenítő szerekkel: szublimát, formaldehid, alkohol, lysoform, hipermangan stb. vagy száraz hővel és áramló vagy nagy nyomású gőzzel való sterilizálás, vagy kifőzés. Forró száraz melegben 150-160 C°-on kell a hőmérsékletet legalább egy óra hosszat tartani, míg áramló vagy nagy nyomású gőzben 100°-120 C° is elegendő.

A fertőtlenítés elvégzésére külön készülékek szolgálnak.

A talaj moszatjai.

A talaj flórájához tartoznak a talajban található moszatok is. A moszatok alatt a növényország különböző törzsébe tartozó növényeket értjük. Ezek rendszerint egysejtűek, néha azonban fonál vagy gömbalaku sejtcsaládokká egyesült élőlények, amelyek teste néha a fonálalaku felépítés következtében nagyon fejletté válhatik.

Wettstein rendszerében a következőképpen sorozza be őket: II. törzs: Schizophyta, 1. osztály Schizophyceae, hasadó gombák, III. törzs: Zygophyta. Ehhez tartoznak a kővamoszatok /Peridinieae, Bacillarieae/ és azután a Conjugatae-k, a IV. és V. törzs a tengerben élő Phaeophyták / barna moszatok/ és Rodophyták / vörös moszatok/. Végül a legjobban fejlett moszatokat Wettstein a VI. törzsbe: az Euthallophyták közé sorolja be a Chlorophyceae-k családjába. Ezek a moszatok ugyiszlva kivétel nélkül olyan élő, asszimilációra képes autotroph növények, amelyek jelentékeny része vagy chlorophyllal bír, vagy a chlorophyll mellett még más azzal vegyült festőanyagokkal is rendelkezik.

Szaporodásuk ivaros, vagy ivartalan uton megy végbe, amelynek különböző módjaira a Részletes Növénytan előadásai adnak felvilágosítást.

Az újabb vizsgálatok szerint a különböző talajokban rendkívül sokféle ilyen moszat fordul elő. Tájékoztatóul néhány jellemzőt megemlítünk. Pl. a Schizophyták közül a Gloeocapsa, Chroococcus, Aphanocapsa, Oscillatoria, Nostoc, Anabaena stb. Conjugataek: Mesotaenium, Desmidium, Penium stb. Az Euthallophyták közül a Chlorophyceaekhöz tartozó Chlamydomonas, Chlorococcum, Chlorella, Ulothrix.

Ezeknek a moszatoknak a talajbiokémiai folyamataiban elfoglalt szerepe rendkívül változatos. Általában azonban ezeknek a moszatoknak a talaj biokémiai és biológiai életfolyamataiban elfoglalt szerepe még nincsen pontos és részletes vizsgálatokkal felderítve úgyhogy ezen a téren a talaj biológiai kutatásaira még jelentékeny szerep vár.

A legtermészetesebb működésük abban nyilvánul meg, hogy zöld chlorophyllt tartalmaznak és ilyen módon asszimilálásra képesek s az asszimilálás folyamata alatt részben a talaj szellőztetéséről gondoskodnak és a talajban élő baktériumokat szimbiotikus uton O-nel látják el, másrészt pedig a talajba jutó testeik korhadásakor a talajt szerves anyagokkal is gazdagítják. Az újabb vizsgálatok szerint úgy látszik, hogy közülük egyesek heterotroph életmódra is képesek és így a talajban levő szerves anyag bomlásakor is szerepet játszanak és valószínű, hogy a levegő szabad N-jének a megkötésekor is közreműködnek. Ezen vizsgálatok szerint ugyanis nem lehetetlen, hogy a moszatok közül sok a N-kötő baktériumokkal és szimbiotikus viszonyban és asszimiláló képességüknel fogva ezeket szénhidrátokkal látják el. A szabad N-tét megkötő képességüket még eddig nem sikerült kifogástalanul bebizonyítani, azonban annál inkább bizonyossá válik szimbiotikus képességük a N-kötő baktériumok életfolyamatainál. Rendkívül érdekes jelenség a moszatoknak lipid képző képessége.

Előfordulásuk szempontjából meg kell különböztetnünk a talaj felületén és a talaj belsejében élő moszatokat. Az erdő talajában aránylag kevés fajuk fordul elő, azonban a megművelt talajokban már nagyobb számban találhatók. Minthogy autotroph szervezetek, működésüket nagyon befolyásolja a hideg hőmérséklet, de

de a szárazság és befolyással van rájuk, úgyhogy télen és a száraz nyári hónapokban vannak a legkisebb számban képviselve.

A talaj gombái.

A gombákat Wettstein rendszere az Euthallophyták törzsének II. osztályaként tárgyalja. Megkülönböztetjük a Phycomyceseket, az Ascomyceteseket és a Basidiomyceteseket alosztályait és azonfölül a rendszerbe nem sorozható gombákat Fungi imperfecti név alatt tárgyalja az ide vonatkozó irodalom. A Basidiomycetesek alosztályába tartoznak a magasabbrendű u.n. kalapos gombák, ahová az erdei fák gyökereivel symbiosisban élő legtöbb mycorrhiza gomba is tartozik.

A gombák rendszerint saprophyta vagy parazita életmódot folytató alacsonyabbrendű növények, amelyeknek sejtfalát chitin alkotja. Testük egysejtű vagy többsejtű fonalakból az u.n. hyphákból van felépítve, amely hyphák néha bonyolult kötegekké az u.n. myceliumokká egyesülnek. Szaporodásuk vagy ivartalan uton leváló konidospórákkal, vagy pedig ivaros oo-zygo-, ascus, és basidiospórákkal történik.

A Phycomycesek szaporodása ivartalan uton konidospórákkal, ivaros uton pedig oo-és zygo-spórákkal megy végbe. Az Ascomycetesek tömlőkben az u.n. ascusokban keletkező asco-spórákkal a Basidiomycetesek pedig külön tartókon az u.n. basidiumokon keletkező spórákkal: basidiospórákkal szaporodnak. Emellett természetesen az ivartalan spóráképződést is megtaláljuk.

A talajban élő gombák szerepe a talaj biológiai folyamatainál rendkívül fontos. Különösen fontos a gombáknak a cellulosebontásánál való szerepe, amellyel azonban a cellulose korhadásánál részletesen foglalkozunk. A talajban előforduló gombák rendkívül sok félék, amelyekkel itt természetesen részletesen nem foglalkozhatunk.

A gombáknak a talaj életében elfoglalt szerepe és azoknak a talaj biológiájában végzett különböző feladatai igen változatosak. A cellulose és az elfásodott cellulose bontásánál közreműködő gombákról majd a cellulase bontásának a leírásánál megemlékezünk. A cellulose bontásánál kivül még meg kell jegyeznünk, hogy egyes gombák a fehérjék elbontására is képesek, miközben ammoniát képeznek. Általában a Mucoraceae-k az Aspergillaceae-k, a Moniliaceae-k és a Dematiaceae-k családjába tartozó gombák azok, amelyek a fehérjék elbontásával ammonia képződést idéznek elő. Ezenkívül a gombák képesek arra is, hogy a fehérjéknek a talajban bekövetkező dekompozíciója folytán keletkező félkorhadási termékeket, így a polypeptideket, peptonokat és ammoniasavakat is felvegyék és ezekből azután magasabbrendű N-vegyületeket, főleg pedig fehérjéket képezzenek. Azonban kétségtelenül még az ammonia savaknál alacsonyabbrendű szerves N-vegyületeket, sőt egyes gomba fajok valószínűleg még nitrátokat

is képesek felvenni.

E működésük, bár bizonyos mértékben főleg a nitrátok felvételével a magasabbrendű növényeket károsítják, annyiban mégis fontos, hogy bizonyos fokig a felesleges nitrátokat megkötik és vízben nem oldható vegyületekké alakítják át, amelyek azután a gombatest elhalása után a nitrifikáció kapcsán megint hasznosíthatók a növényzet számára. A gombáknak ez a képessége, hogy állítólag a levegő szabad N-jét is képesek megkötni ez időszereint még nem nyert beigazolást.

A gombák a talajban kivétel nélkül saprophyta életmódot folytatnak és a talajra hulló szerves anyag szétbontásából élnek. Általában életükhöz a következő elemeket kívánják meg: C, H, O, N, K, P, Mg, S és Fe.

A gombák száma a talajban meglehetősen változó. Itt mindjárt hangsúlyoznunk kell azonban, hogy különösen a talajnak meglehetősen nagymértű savanyu reakcióját képesek elviselni. A talaj reakcióját számukra és előfordulásukra nagyon fontos szerepet játszik, amelyekre vonatkozólag az alábbi összehasonlítást közzöljük Waksman adatai alapján. Ugyanaz a talaj különböző pH-értékénél a következő gombaszámot adta a talaj 1 g-jára vonatkoztatva

pH = 4.2 = 129.000

5.1 = 87.000

5.5 = 79.000

6.7 = 10.000

A talajban élő gombák száma függ a talaj hőmérsékletétől és a nedvességi viszonyoktól és általában a talaj baktérium számának évi változásaival tart lépést. Az egyes gombafajok tenyésztése és meghatározása azután a mykologiai dolgozási eljárások szerint megy végbe, amelyre vonatkozólag az idevágó irodalomra kell hivatkoznunk.

A talajban élő növényi mikroszervezetek biológiai tevé -

kenységének lefolyása.

A talajbaktériumok működése a növények táplálkozása szempontjából rendkívül fontos. Biológiai tevékenységük a következő módon folyi le:

1. Felbontják a talajra hulló organikus anyagot, amely ezen mikroorganizmusok működése következtében alkotórészeire bomlik és ezek az alkotó részek azután olyan változáson mennek át, hogy a növény gyökerei számára felvehetőek lesznek.

A szerves anyag bomlásánál lejátszódó legfontosabb mikrobiológiai folyamatok általában a következők: a./ A polysaccharidák, így elsősorban a cellulose bomlása és a szénhydrátok, valamint a zsírok és szírsavak bomlása, b./ A fehérjék és az ezzel kapcsolatos vegyületek bomlása.

2. A különböző bomlási termékek feldolgozása, ill. oxidálása. Ide soroljuk elsősorban a fehérjék bomlásakor keletkezett NH_3 -ot nitritekké és nitrátokká feldolgozó u.n. nitrifikáló baktériumokat, továbbá az ezzel ellentétes folyamatot végző u.n. denitrifikáló baktériumokat.

E baktérium csoportok működésének részletes tárgyalása előtt tájékoztatásul megjegyezzük, hogy a szerves anyag bomlása, amint már említettük, a természetben kétféle folyamat szerint mehet végbe, nevezetesen történhetik elegendő mennyiségű oxigén hozzájárulása mellett és történhetik olyan módon is, hogy nem áll elegendő levegő, illetőleg oxigén a bontást végző mikroorganizmusok rendelkezésére. Az első folyamat az u.n. korhadás, amelynek folyamán főleg aerob viszonyok között élő mikroorganizmusok működnek közre. Ebben a folyamatban a cellulose és a szénhydrátok rendszerint maradék nélkül CO_2 re és H_2O -ra bomlanak.

A második folyamatnak, amely jellemző kifejlődését a cellulosenak kellő mennyiségű O hozzájárulása nélkül való felbomlásánál éri el, neve rothadás és jellemző sajáttsága, hogy ebben főleg anaerob viszonyok között élő mikroorganizmusok vesznek részt. E folyamatban a szénhydrátok és polysaccharidák bomlásakor nem CO_2 és H_2O keletkezik, hanem a H_2O mellett CH_4 és pl. kén és a N-tartalmu anyagoknál ezeken kívül még SH_2 , NH_3 stb. keletkeznek. Ennek a folyamatnak a polysaccharidák és szénhydrátok bomlásakor most már az lesz az eredménye, hogy O-ben és N-ben C-nál jóval gazdagabb vegyületek távoznak el a rothadó anyagból, amely folyamat azután hosszú időn keresztül végeredményben az eltözegeződést és az illető vegyületeknek az elszénesedését hozza létre. A ma kihasználás alatt lévő

széntelepek talajban részben hatalmas kiterjedésűelmocsarasodott erdők elpusztult faállományok rothadás útján való bomlásának köszönhetik eredetüket. E folyamat különösen a nedves, vizenyős, talajokon, de az erdők talajában is rendkívül gyakori és ezen talajok elsavanyodására és eltözegeződésére vezet. A humusz képződésekor ezek az anaerob bomlási folyamatok egymás mellett foglalnak helyet. A fehérjék bomlásánál az aerob és anaerob bomlási folyamatok rendszerint párhuzamosan fejlődnek ki.

1. A szénhydrátok korhadása és rothadása.

a./ A cellulose korhadása és rothadása.

Aerob bontás /korhadás/:

A celluloset nemcsak a koncentrált savak bonthatják, hanem enzimek is, amelyek a mikroszervezetek egy részének életműködése folytán képződnek. Az enzim neve, amely a celluloset bontja, illetőleg hydrolyzálja: a celluláz, amely nagyon sok és alább részletesen felsorolt mikroszervezetben megtalálható, éppen a cellulosenak a természet háztartásában biológiai úton való elbontásának fontosságánál fogva. A celluláz nagy ellenállóképességű enzim. Ennél a tulajdonságánál fogva sikerült a bontáskor keletkező és végső termékeket Pringsheimnek kimutatni azáltal, hogy megfelelő sűrűségű antiszeptikus szer /jodoform/ alkalmazásával elérte a baktériumok működésének megszűnését anélkül, hogy az az enzimek további működését befolyásolta volna. A működő enzimek endoenzymatikus természetűek, amelyek a szervezetek közelében levő cellulose által gyakorolt ingerhatás következtében lépnek ki a szervezetből.

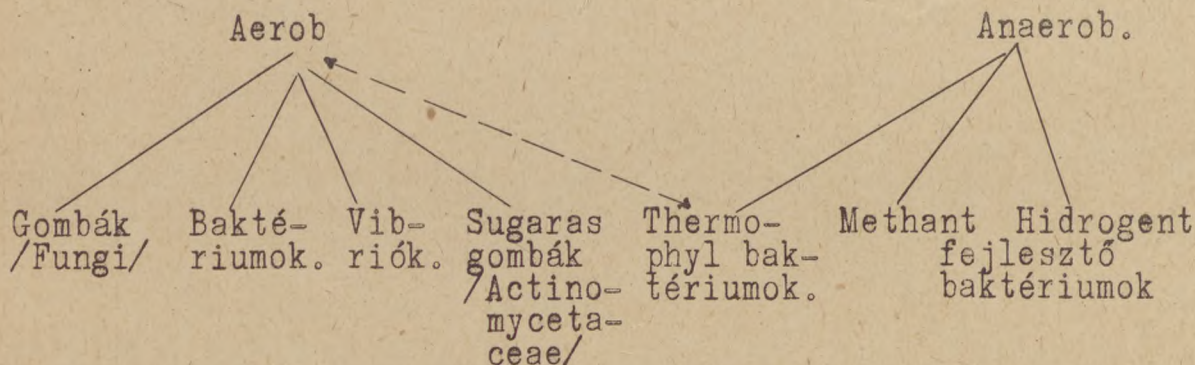
A celluláz által megindított folyamat során először mindig cellobioz /disaccharid/ képződik, mely a cellobiáz nevű enzim hatására két molekula szőlőcukorra bomlik. Ehhez a folyamatához nagymennyiségű energia szükséges, amelyeket a cellulosebontó szervezet, míg a saját maga termelte szőlőcukor rendelkezésre nem áll, már organikus vegyületek szétbontásából nyer, melyek ilyen kis mértékben, mint tisztátalanság még a leggondosabb kezelés mellett is jelen vannak, vagy pedig ha teljesen tiszta kulturákkal dolgozunk, az átoltáskor, a celluloserostra átvitt nagyobb mennyiségű mikroszervezet egy részének - a virulencia fokától függően - elpusztulása folytán /autolysis/ szabadul fel. Bizonyítja ezt az a jelenség, hogy még egy esetben sem sikerült egy sejtnak cellulosera /rendesen svéd szűrőpapirost használunk eredeti vagy összemorzolt állapotban/ való átoltása útján növekedést elérni, ha minden egyéb - természetesen a cellulosen kívül - organikus anyagot a táplálótalajból kiküszöbölünk. Ezt a célt a Winogradsky által erre először alkalmazott siliciumgellemez-kultúra segítségével érhettük el.

A bontás folytán keletkezett szőlőcukor energiaforrásul szolgál nemcsak a további cellulosebontásnak, hanem a közegben / tárgya, talaj/ élő többi mikroszervezeteknek is. Így pl. a denitrifikálóknak és a nitrogénkötőknek. Végso termékek rendszeren H_2O és CO_2 .

A cellulose szétbontása a növényvilág szempontjából alapvető fontossággal bír, miután az ilyenkor keletkező CO_2 a levegőbe jutva, a növényi assimilációnak legfontosabb táplálóanyagát képezi.

Különösen fontos ez a folyamat az erdő élete szempontjából, ahol az erdőgazdasági termelés végso produktumát, a fát, közel 50 %-ban az elfásodott cellulose alkotja, amelyet a fák a levegő CO_2 -jából állítanak elő.

A cellulose bontása a természetben mindig a mikroszervezetek működésének tulajdonítható. Ezek a tudomány mai állása szerint két nagy, fiziológiailag egymástól lényegesen eltérő csoportra oszthatók, az aerob és anaerob cellulosebontók csoportjára. A kettő között foglalnak helyet a fakultatív anaerob thermophyl baktériumok. Az átnézet a következő:



Aerob cellulosebontó baktériumok.

Tömegesen fordulnak elő a talajban, ahol működésükre a talaj reakciója van legnagyobb befolyással. Legintenzívebben a neutrális vagy gyenge alkalikus reakció mellett, elegendő N-táplálóanyag jelenlétében, elegendő oxigén hozzájárulása mellett, látható gázképződés nélkül bontják a cellulost a legtöbbször szerves festőanyagokat termelnek. A bontási termékek még nincsenek kellőképpen kiderítve.

Bokor legújabb vizsgálatai szerint a cellulosebontóképesség / a specifikus enzimtermelés/ genotipikus tulajdonság, amely nem vész el a mesterséges tenyésztés útján, épen azért csak azokat a baktériumokat fogadhatjuk el cellulosebontóknak, amelyek tekintet nélkül milyen táptalajon tenyésztettek, visszaoltva celluloserost-silíciumgelre a cellulost mérhető mennyiségben elbontani képesek.

Bokor ezeket az aerob baktériumokat fiziológiai tulajdonságaik alapján két csoportra osztja:

1. amelyek csak cellulosen növekednek;
2. amelyek más táptalajon is tenyésznek, de visszaoltva cellulosera tovább növekedni képesek.

Közvetlenül a baktériumok után említhetjük meg 1919-ben Hutchinson és Clayton által felfedezett Spirochaeta cytophagana nevezett organizmust, amely a későbbi kutatások során az egész világon elterjedtnek és nagyon hatékony cellulosebontónak bizonyult. Nagyon bonyolult életkörfolyamatot állapítottak meg róla, amely szerint a cellulosebontást a Spirochaeta alak végezte, míg a fajfenntartást egy kokkusz alak, amely Spirochaeta alakból fejlődött-biztosította. Ezt a felfogást, hogy egy az állatvilágba tartozó szervezet oly hatékony cellulosebontó tulajdonsággal bírjon, Bokor döntötte meg és vizsgálatai alapján bebizonyította, hogy ez az organizmus morfológiai tulajdonságai alapján a sugaras gombák / Actinomycetaceae / csoportjába tartozik, ahol egy új faj / Mycococcus / felállítására vezetett. Bokor ezt a származástani szempontból is fontos mikroorganizmust Mycococcus cytophagusnak nevezte el. Az erdő talajában és a szántóföldeken ugyiszólván egész Európában el van terjedve és a gombák mellett egyik legfontosabb cellulosebontó mikroszervezet, nemcsak a mezők, hanem az erdők talajában is.

Aerob cellulosebontó baktériumok egyidejű denitrifikációs folyamatok mellett. Groenewege /1920/ vizsgálatai szerint ez a folyamat két baktériumnak szimbiótikus együttműködése folytán jön létre, amelyek közül az egyik a nitrátot redukálja és a felszabaduló oxigént a másik cellulosebontó ugyanugy hasznosítja, mintha a levegő oxigénje volna. A cellulosebontók és a denitrifikáló baktériumok együttes működése igen fontos tényező a talajra lehulló növényi maradványok és a mezőgazdasági talajokon lévő gyökérmaradványok korhadására. Ha anaerob körülmények között a denitrifikáló baktériumok jutnak túlsúlyba és ugyanakkor a talajban sok korhadó cellulóse tartalmu növénymaradvány van, amelyek átalakulásakor átmenetileg sok hat- és öt vegyértékű cukor képződik, erősen megindul a denitrifikáció és ez végeredményben a talajnak nitrogénben való elszegényedésére vezet. Ezért nem szabad a mezőgazdasági talajokban kinn hagynunk a kukorica learatása után a meghagyott nagyobb törzsrészeket és ezért nem szabad a cellulósetartalmu istállótrágyák használatát túlzásba vinnünk.

Vibriók. A baktériumokkal közel egyenlő nagyságú félhold alakú egyoldalt görbült szervezetek, amelyek a cellulóset festőanyagok egyidejű képződése mellett gelatinaszerű átlátszó anyaggá változtatják. A szinképzés alapján öt fajtát különböztetünk meg, amelyek a talajokban nagyon hatékonyak.

A sugaras gombák csoportjából kevészszámu szervezet bizonyult cellulosebontónak és számottevő szerepet azok sem játszanak. A csoport fontosságát az ujabban ide-sorolt fenntemli-tett Mycococcus cytophagus adja meg.

A gombák. A tiszta, tehát lignin anyagokkal nem inkrustált cellulóset elegendő N-tartalmu táplálék esetén nagyon erősen bontják az ugynevezett penészgombák, így az *Aspergillus*-fajok /*A. niger*, *A. oryzae*/ és a *Penicillium*-fajok. Ezeken kívül egyéb gombáknak/ főleg az *Ascomycetes*-ek és *Basidiomycetes*-ek osztályába tartozók/ egész légiója, ismeretes, amelyek a természetben parazita, vagy saprophyta módon a cellulóset bontják, amelyek közül az erdő talajában különös fontossággal bírnak a *Trichoderma*, *Monilia*, *Trichothecium* stb. fajok.

Az elfásodott cellulose bontásakor kétféle folyamata - tot különböztetünk meg C. Wehmer és R. Falck után: destrukciót és a korróziót.

A destrukciót okozó főbb fajok a *Merulius*, *Coniophora*, *Lenzites*, *Poria* stb. A sejtfalakat a tér három irányában támadják meg és kémiaiilag egyenletesen megváltoztatják és a fának kockalakban való szétesését okozzák. A fa szerkezete teljesen felbomlik; elsősorban a cellulose tűnik el és ligninanyagok maradnak meg. A folyamat után visszamaradt anyag színéről nevezik vörös revese - désnek is.

^{esetében}
A korrózió a gombafonalak az egész fát beborítják és az inkrustáló anyagokat feloldják, ill. szétroncsolják; a fa állománya nem változik meg, szerkezete nem esik össze, a súlyvesztés nem számottevő. Itt tehát először ligninanyagok használatnak fel, míg a cellulose visszamarad, amelyet azután a többi cellulosebontó organizmus tovább bont. Ezt a folyamatot fehér revese - nek is nevezik. A korróziót okozó gombák szintén javarészt a *Basidiomycetes*ekhez tartoznak / *Fomes annosus*, *Trametes radiciperda*, *Telephora perdis*, *Trametes pini*./

Röviden összefoglalva: az elfásodott anyagok elbontásának vegyi módja két úton mehet végbe: 1. átalakulás sötét, szénben gazdagabb vegyületekké, amelyeket huminanyagok néven foglalhatunk össze; 2. továbbá cellulosevá. Döntő befolyást gyakorol a gomba fajtája.

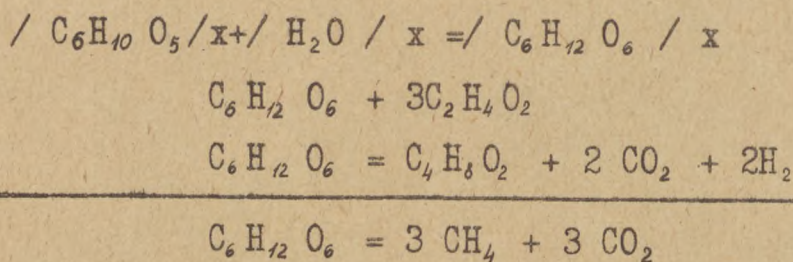
Mindkét folyamat rendkívül fontos a természet háztartásában, mivel segítségével az elfásodott anyagok visszakerülnek az anyagok körfolyamatába. Eddig ugyanis nem ismerünk még olyan baktériumokat teljes bizonyossággal, amelyek a cellulóset a ligninanyagok kötélekéből kioldani képesek lennének. A destrukciós folyamatot más néven himufikációs folyamatnak is nevezhetnők, mivel végső termékei kémiai sajátásaik alapján az eddig még közelebbről meg nem határozott humusz gyűjtőnév alá tartoznak. A korrózió útján felszabadult cellulose pedig a többi organizmusnak szolgálhat további energiaforrással.

A thermophil baktériumokat a legutolsó években vizsgálták meg behatóbban. A legtöbb közülük 55-65 °C között fejti ki legintenzívebb működését. Általában legjobban anaerob körülmények között működnek, de aerob viszonyok mellett is megélnek, bár az utóbbi esetben cellulosebontó képességük gyengébb. Tenyésztethetők a földből, téhen-és lótrágyából 60 °C-nál. A cellulose bontásakor

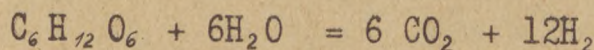
annál élénkebben működnek minél kevesebb oxigénnel rendelkeznek, miután ilyenkor a cellulose szétbontásakor felszabaduló oxigént használják el a lélegzésnél. A cellulose bontásakor általában itt is H_2 , CH_4 , azután zsírsavak / főképp ecet és hangyasav/ keletkeznek.

Methanfejlesztő baktériumok. Ezek a baktériumok főleg akkor lépnek működésbe, amikor a cellulose bomlása anaerob viszonyok között történik. Különösen jellemző ez a folyamat a cellulosenak víz alatt való bomlására. Ilyenkor a fejlődő methangáz buborék alakjában jut a víz felszínére. Ezeket a baktériumokat Ome - liansky tanulmányozta behatóan. A methanos erjedéskor főképp met - han CO_2 , zsírsavak / főleg vajsav, de emellett hangya, -ecet- és propionsav is / keletkeznek, amelynek arányszáma kb. a következő: 43.5 % CO_2 , 6.5 % metan és 50 % zsírsav.

A cellulose methanos erjedése a következő egyenlet szerint történik:



vagy hidrogéntfejlesztő baktériumok esetén:



Általában a methan fejlesztő mikroorganizmusokat a hidrogénfejlesztő baktériumoktól mesterséges kultúrákban elég könnyen el lehet választani, ha pl. a tenyészeteket 80 C°-ra melegítjük, mire a methanbaktériumok működése meggyöngül, vagy pedig egyszerűen úgy, ha az in vitro anaerob feltételek mellett létesített tenyészeteket ismételtén átoltjuk, amikor viszont a hydrogen-baktériumok maradnak fokozatosan el.

Az állatok bélrészeiben az odajutott celluloset az újabb vizsgálatok szerint ugylátszik szintén baktériumok bontják, a tiszta fermentatív hatásoknak pedig nagyon kevés szerep jut. Ennélfogva tehát a növényevő állatok celluloseemésztésének oka úgy szólván kizárólag ezen állatok gyomrának és beleinek gazdag cellulosebontó baktériumflóráját. Ilyen baktériumok pl. a Bacillus methanigenes, amely methan erjedést idéz elő és a Bacillus fissicularum amely hydrogen erjedést idéz elő. Ebből a szempontból a leggazdagabb bél és gyomorflórával a kérődző állatok rendelkeznek, míg Charnivorok és az ember belében ugyszólván teljesen hiányoznak és ezért az utóbbiak ürülékében a cellulose majdnem bontatlanul jut ki.

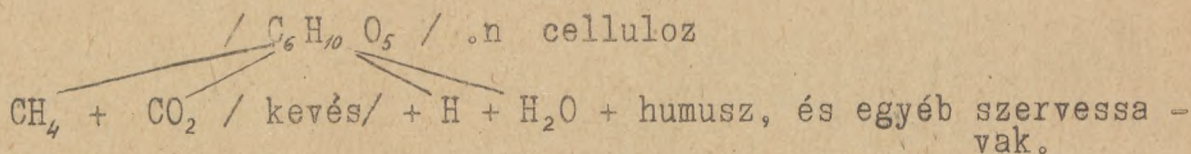
asztó baktériumok. Ezek rendszerint a met-
hanbaktériumokkal közösen jelennek meg és őket az előbb vázolt mó-
dokon lehet az előbbiaktól elválasztani. Működésük a metanbakté-
riumoknál részletezett kémiai egyenlet szerint megy végbe. Ahyd-
rogen erjedésekor kb. 4% H_2 , 29% CO_2 és 62% zsírsav keletkezik.

A cellulose bontásának jelentősége a talaj biológiája

szempontjából. Az előzők folyamán láttuk, hogy a cellulose bontó
baktériumok tevékenysége és az egyéb mikroorganizmusok életműkö-
dése között szoros összefüggés van. Az előbbieket ugyanis az élet-
működésükhöz szükséges energiát a szénhidrátok elegetése útján
nyerik. Természetesen ebből a célból a legjobban felhasználható
anyagok a különböző vízben oldódó cukrok lennének. Minthogy azon-
ban cukorral a talaj csak a legkivételesebb esetekben rendelke-
zik, nyilvánvaló, hogy ezek a baktériumok energianyerés szempont-
jából azokat a szénhidrátokat fogják felhasználni, amelyeket a ta-
lajban a legnagyobb mennyiségben találják. Ez az anyag bomlásnak
indult cellulose.

Amint tudjuk, a természet háztartásában, valamint a
talajok mesterséges trágyázásakor úgy a nitrifikáló, mint pedig a
denitrifikáló baktériumok szerepe rendkívül fontos. A nitrifiká-
ló baktériumok egyrészt a talajba mesterségesen juttatott ammó-
niasókat, másrészt pedig az organikus anyagok bomlásakor fejlődő
ammóniát nitrátokká oxydálják. De az ily módon keletkezett nit-
rátokat a denitrifikáló baktériumok különösen akkor, ha a talaj-
ban túlságos nedvesség következtében anaerob viszonyok uralkod-
nak, nitráttá, ill. szabad nitrogénné alakíthatják át, amely
utóbbit a növény többé felhasználni nem tud. Ennek a két ellen-
tétes folyamatnak közvetlen szabályozása mesterséges eszközökkel
teljes mértékben még nem lehetséges. Azonban, amint tudjuk a nö-
vény nitrogénfelvétele szempontjából még a levegő szabad nitro-
génjét közvetlenül megkötő baktériumok is nagy fontossággal bir-
nak. Ezeknek a nitrogénkötő baktériumoknak egyik legfontosabb e-
nergiaforrása a talajban levő cellulose. Minthogy azonban ezek
a baktériumok a cellulozet közvetlenül felbontani nem tudják va-
lószerűen, hogy akkor, amikor a celluloznak más baktériumok által va-
ló bontásakor átmenetileg cukrok képződnek, ezeket használják
fel energiaforrásul. Természetes dolog, hogy az utóbbi esetben
a cellulosenak az elbontása sokkal tökéletesebb és gyorsabb lesz,
mint hogyha csak a cellulózebontó baktériumok végeznék az elbon-
táskor keletkező összes cukroknak az utolsó fokig való bontását.

Eltőzegesedés, a szén keletkezése. Voltak a földnek
olyan korszakai, amikor hatalmas, szinte beláthatatlan mocsaras
erdőségek borították a szárazföld jelentékeny részét. Különösen a
karbonnak nevezett geológiai kor, de az előtte lévő devon korszak
is nagyon gazdag volt növényekben. Ekkor hódította meg fokozato-
san, persze évmilliók alatt a növényország a szárazföldet. A víz-
szahuzódó tengerek nyomán keletkeztek azok a mocsarak, amelyeket
az őskori zsurlók és harasztok hatalmas erdőségei borítottak. Mi-
kor ezek a fáknak mondható, nagyméretű zsurlók és harasztok el-
pusztultak, beleestek a mocsárba, illetve a vízbe. Tudjuk azt,
hogy a cellulose elkorhadásához, tehát ahhoz, hogy belőle szénsav
és víz keletkezzék szükséges, hogy a mikroorganizmusok bontási
munkájához elég levegő, illetve oxigén álljon rendelkezésre. Mi-
helyt víz, vagy mocsár borítja el a korhadó törzseket, vagy azok
egyes részeit, a korhadástól teljesen elütő korhadási folyamat
megy végbe, amit rothadásnak nevezünk. Röviden vázolva:

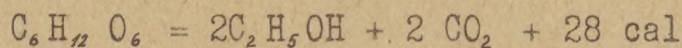


Ha a cellulóz anaerob bomlásakor keletkezett végtermékeket összehasonlítjuk a cellulóz eredeti képletével, olyan szempontból, hogy a C milyen mennyiségben szerepel a többi elemekhez képest, akkor azt találjuk, hogy az eltávozó bomlási termékek szénben szegény vegyületek, azaz a bomláskor visszamaradó anyagok szénben folyton gazdagodnak. Ez a folyamat azután hosszú időn keresztül végeredményben az eltőzeglődéshez és az illető vegyületnek az elszenesedéséhez vezet. A ma kihasználás alatt álló széntelepek tulnyomórészen hatalmas kiterjedésű elmocsarasodott erdők elpusztult faállományának rothadás útján való bomlásának köszönhetik eredetüket.

Az erjedések.

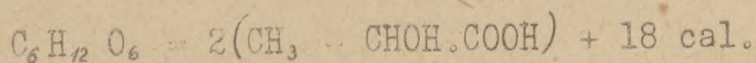
A cellulóze mellett a talajban még egyéb szénhidrátokat is nagy mennyiségben találunk, amelyek a mikroszervezetek működésének alapanyagául szolgálnak. Ilyenek pl. a keményítő, a különböző cukrok és a pektin anyagok. A talajra hulló keményítőt a különböző erjesztő gombák támadják meg, s ebben a folyamatban valószínűleg enzimikus hatásra, főleg a diasztáz hatására cukorká alakul át. A cukrok felbontásában a legfontosabb szerepet kiegészítőül az erjesztőgombák, a különböző Saccharomyces-fajok játszzák. Ezek az erjesztőgombák és általában az erjedéseket előidéző szervezetek az életműködésük fenntartásához szükséges hőenergiát nem közvetlenül a testükben felhalmozott szervesanyagok elégetése útján nyerik, hanem ezt az energiát különböző szerves vegyületeknek a közvetlen felbontásával is képesek előállítani, amelyeknek folyamán exotermikus úton a szükséges hőenergiát szabaddá teszik. A valódi erjedések kivétel nélkül ez alá a meghatározás alá tartoznak és ezeknek 3 főcsoportját különböztetjük meg. Nevezetesen az alkohol, a tejsavas és a vajsavas erjedést.

Az alkoholos erjedés előidézői a Saccharomyces nevű tömlősgombák, amelyek működésüket a zymáz enzim segítségével fejtik ki. Az alkoholos erjedésnek kiinduló alapvegyülete a szőlőcukor. A folyamatot képletben az alábbiakban foglalhatjuk össze:



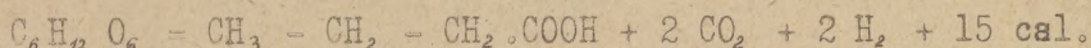
Közbevetőleg megjegyezzük, hogy az alkoholos erjedés nem ilyen egyszerűen folyik le, hanem közben is képződnek.

Ha a szőlőcukrot a jellegzetes Bacterium acidi lactis erjeszti, akkor a tejsav képződik, a következő energetikai egyenletek szerint:



A tejsavas erjedést a fentnevezett leggyakoribb baktériumon kívül nagyon sok más mikroorganizmus is előidézheti, így pl. *Streptococcus acidilactici*, *Bact. coli*.

A tejsavas erjedés esetében a szőlőcukor leggyakrabban a *Clostridium butyricum* erjeszti. Az erjedést a következő képletben vázolhatjuk röviden:



A vajsavas erjedést is a *Clostridium*-fajokon kívül sok más mikroorganizmus is előidézheti.

A különböző erjedési folyamatok alatt a mikroszervezetek munkáját külső tényezők nagyban befolyásolhatják. Így az alkoholos erjedés esetében a hőmérséklet emelkedése általában pozitív hatást gyakorol. Optimális fokát 25-35 °C között éri el, felső határa 50 °C-nál, alsó határa 0 °C-nál van. Az erjedésnek az etilalkohol fokozatos felszaporodása is véget vehet, ahol a felső határ kb. 10-14 %-nál áll be. Általában az erjesztő sejtek erősen koncentrált cukoroldatot is képesek elerjeszteni, kb. 66 %-nál van a felső határ. A fejlődött széndioxidmennyiség az erjedés menetére különös befolyást nem gyakorol. Gyenge alkális reakció általában gyorsítja az erjedést, a savanyú reakció általában gyengíti. Különös sajátága az erjedésnek, hogy a B-vitamin erős stimuláló hatást gyakorol rá, különösen megfelelő kofermentek jelenlétében.

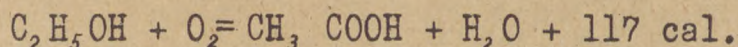
Az erjedésekkel kapcsolatban most még néhány szót kell szólnunk az erjedés gyakorlati jelentőségéről.

Az alkohol erjedésnek egyik legfontosabb alkalmazása a borkészítés, amelynek lényege az, hogy a szőlő bogyójában található glükózt az erjesztő sejtek etilalkohollá és széndioxiddá bontják. A must alkoholos erjedését a *Saccharomyces ellipsoideus* nevű tömlősgomba okozza, amelyek az érett szőlőbogyón már rendszerint rajta vannak, azonban egyes pincegazdaságokban a bor erjedését még mesterséges erjesztő kultúrák hozzáadásával is fokozzák.

A másik gyakorlati szempontból rendkívül kiterjedt alkalmazása az alkoholos erjedésnek a sörgyártás. A sörgyártás alapjául a csirázó árpa és búzamagvak szolgálnak. Kihasználják azt a fiziológiai ténytet, hogy ezekben a csirázó magvakban a bennük felhalmozott tartalék keményítőt a diasztáz nevű enzim maltozzá változtatja. Ha ezeket a csirázó magvakat akkor, amikor a cukorképződés a maximumát elérte, kiszáritással megölik, úgy az ugynevezett malátát nyerik, amely malátát azután 50-70 %-os vízben állni hagyják. A vízben való állás alatt a keményítő rendszerint quantitativ maltozzá lesz hidratálva és előáll egy feketés színű édes oldat, ezt azután komlóval főzik, hogy a sörnek kellemes ízt adják.

nak, és hozzáadják a sör erjedését előidéző erjesztőgombaféléket, a *Saccharomyces cerevisiae*-t. Az erjedés a különböző erjesztőgombafélék működése következtében több frakción át történik, minek végeredményeképpen előáll a sör.

Az eddig tárgyalt erjedési formák általában levegő hozzájárulása nélkül, tehát aerob úton folynak le. Ezeket a formákat foglalják össze az ugynevezett valódi erjedések neve alatt. Ezekkel szemben állanak a nem valódi erjedések, ahová elsősorban az oxidációs erjedési formák tartoznak az előző redukciós formákkal szemben. Azonban ezeket az oxidációs formákat is el lehet élesen különíteni a lélegzéstől, miután ezek az erjedési formák is a valódi erjedéshez hasonlóan azzal a sajátossággal bírnak, hogy nem vezetnek az organikus anyag teljes elégtéhez és így általuk energetikai szempontból az élőlények nem nyerhetik azt a hőmennyiséget, amelyet a lélegzésük szolgáltat. Az oxidációs erjedés legtipikusabb példája az ecetsavas erjedés. Kiinduló alapvegyülete az aethyl alkohol.

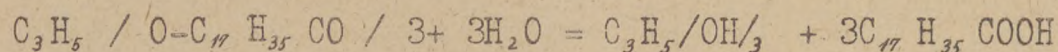


Amint látjuk, az oxidációs erjedés energianyeresége jelentékenyen felülhaladja a valódi erjedések energianyereségét. Legtipikusabb előidézője a *Bact. aceti*, azonban rajta kívül még több baktériumot ismerünk, amelyek az aethyl-alkoholból ecetsavat állítanak elő. Az ecetsavas erjedést előidéző baktériumok rendkívül élénk működést fejtenek ki, úgyhogy általában minden sejt pár nap alatt a saját súlya tízezerszeresének megfelelő alkoholmennyiséget képes ecetsavvá változtatni. Maguk a baktériumok, mint-hogy a folyamat tipikusan aerob körülmények között megy végbe, az erjedő folyadék tetején elég vastag hártya alakjában jelentkeznek. Ma az ecetgyártás az élelmiszerek technológiájának egyik nagyon fontos ága, amely a borkészítéssel szoros együttműködésben dolgozik és lehetővé teszi a romlott boroknak a felhasználását.

Itt csak néhány legfontosabb gyakorlati alkalmazását soroltuk fel az erjedésnek, azonban a gyakorlati életben, az iparban az ember a legkülönbözőbb helyeken és módon hasznosítja az erjedést előidéző mikroszervezetek munkáját.

Zsirok és zsirsavak bontása.

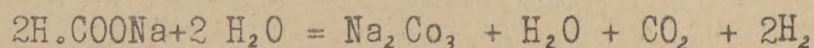
A szénhydratokon kívül még a növényekben előforduló zsirokról és zsiros olajokról is meg kell emlékeznünk. A zsirokat nagyon sok baktériumfaj, közöttük a Micr.pyogenes, Bact.pyocianeum stb. Ezek a baktériumok az általuk termelt lipáz nevű enzyim hatására a zsirokat először glicerinre és szabad zsirsavakra bontják. Így pl. tristearinból glicerinsav keletkezik a következő egyenlet szerint:



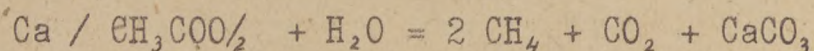
A zsirsavakat azután szintén különböző baktériumfajok képesek felbontani, illetőleg elerjesztteni.

A keletkezett zsirsavak erjedése nagyjában a következő egyenletek szerint megy végbe:

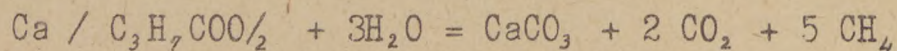
1. A hangyasav /H.COOH/ erjedése:



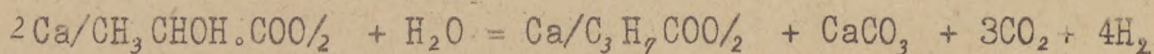
2. Az ecetsav /CH₃COOH/ erjedése:



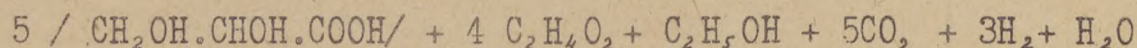
3. A vajsav /CH₃CH₂CH₂COOH / erjedése:



4. A tejsav /CH₃CHOH.COOH / erjedése:



5. A glicerinsav / CH₂OH.CHOH.COOH / erjedése:



b./ Egyébb szénhydrátok bontása.

A polysaccharidák mellett természetesen kisebb mennyiségben még más szervesanyagok is jutnak a talajba. Ezek között első helyen meg kell említenünk a különböző szénhydrátok közül a cukrot. A cukor felbontásában a legfontosabb szerepet kétségkívül az erjesztő gombák, a különböző Saccharomycesfajok játsszák.

A talajra hulló keményítőt szintén a különböző erjesztő gombák támadják meg és ebben a folyamatban valószínűleg enzimikus hatásra, főleg a diasztáz hatására cukrokká alakul át. Schärtinger /1909/ egy különben a pektint bontó baktériumról a Bac. macerans-ról kimutatta, hogy ez a keményítőt közvetlenül is megtámadja és belőle polysaccharidákat tud alkotni. A cellulose-val együtt szokott előfordulni a pektin is, amely a növény sejtfalának fontos alkotórészét képezi. Ezeket a pektinanyagokat azután egy külön baktériumcsoport bontja, amely baktériumokra jellemző, hogy a bontás műveletét általában a termelt pektináz enzim segítségével végzik el. Egy sereg baktérium mint pl. a Bact. coli, Bact. typhi, Bact. fluorescens, Bact. subtilis stb. képesek arra, hogy a pektinanyagokat a pektináz közbejöttével elerjesszék. Ilyenkor a melléktermékek cukrok, amelyek közül a leggyakoribbak a galaktose és az arabinose.

Amint tudjuk a pektinanyagok celluloseval keveredve képezik a növények sejtfalát. Különösen az elsődleges falrészlet / primär membran / és a sejtek u.n. közép lemeze / Mittellamelle /, amelyek az egymás mellett fekvő sejteket közvetlenül összekapcsolják, állanak túlnyomórészt a cellulose molekulák közé berakodott pektin molekulákból. Ennek a falrészletnek a pektin erjedés útján való oldása a növényi rostok / kender, len / mesterséges feldolgozásánál nagyon fontos szerepet játszik. Az illető növényi részeket ugyanis vízbe áztatjuk és ezáltal a pektint elerjesztik, amely vaj-sav, ecetsav, CO_2 és H_2 képződése mellett bomlik, azonban átmenetileg hidrolízis folytán cukorra alakul át. Ugyanezen réteget bontják a mikrotechnikában a sejtelemelek szétválasztásánál / maceráció / KClO_3 és konc. HNO_3 -al / Schultze féle maceráció /.

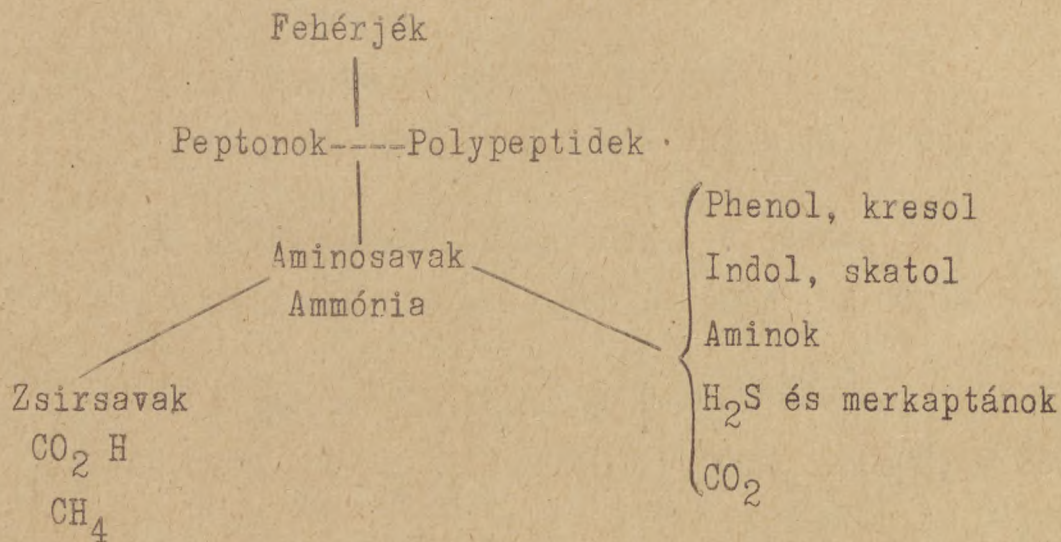
A fehérjék bomlása.

A fehérjék bomlása általában korhadás és rothadás útján szokott végbemenni, azonban ennél a folyamatnál nem lehet olyan éles határvonalat vonni a korhadás és rothadás folyamata között, mint a cellulose bontásánál megtehettük. Miután a fehérjéknek pontos kémiai összetételét nem ismerjük, úgy természetesen ezeknek bomlásakor végbemenő kémiai folyamatokat sem ismerhetjük teljesen exakt pontossággal. A bomlásakor általában különböző egyszerűbb és

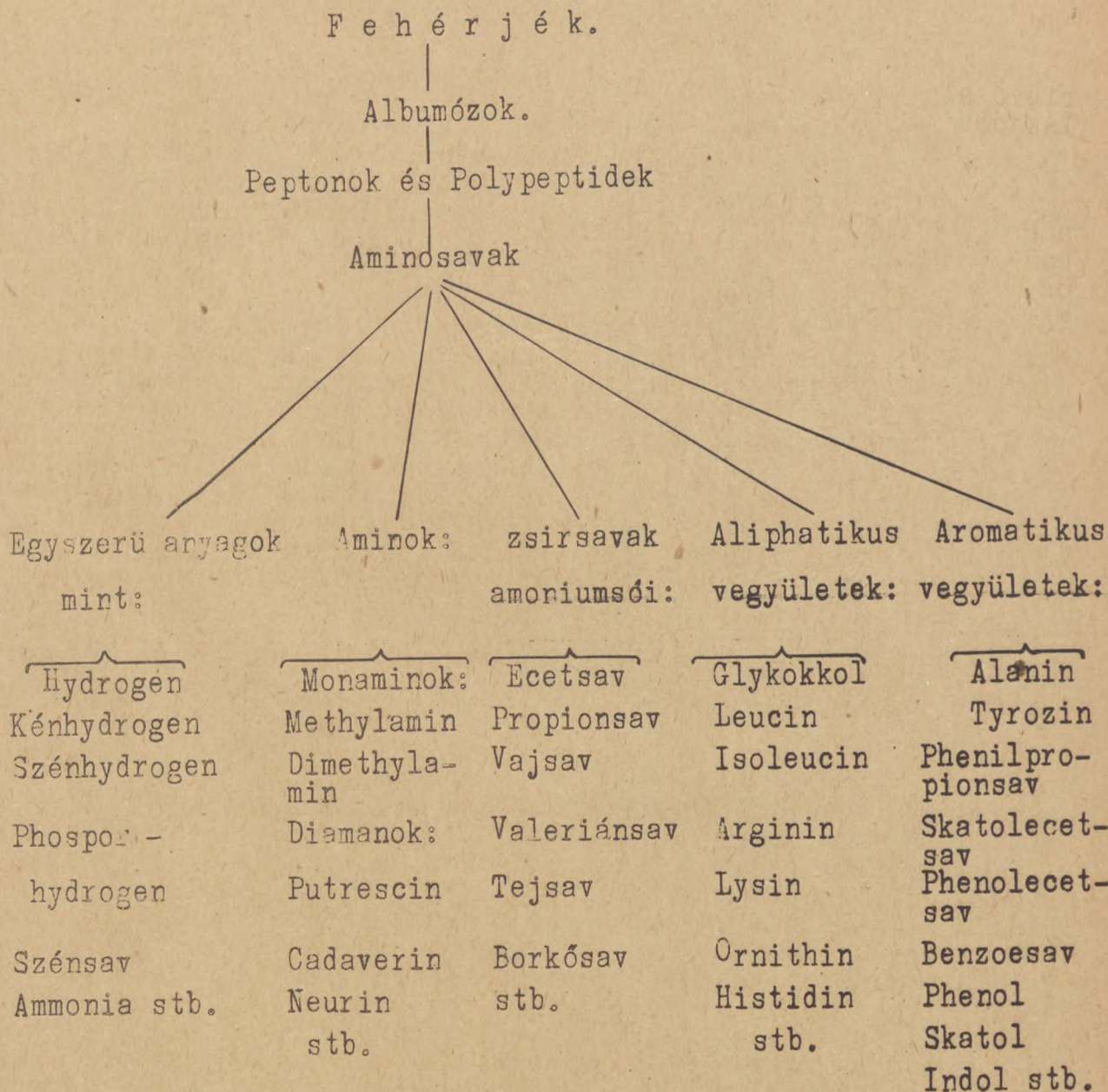
komplikáltabb vegyületek képződnek, amelyek között a legközönsége-
sebbek a CO_2 , a NH_3 , a SH_2 , a PH_3 , azután egyes zsírsavak, aro-
matikus savak, végül phenol, skatol, indol, azután putrescin, ca-
daverin stb.

A fehérjék bontását nagyon sok baktériumfaj végezhe-
ti, de a baktériumok mellett a penészgombák is szerepet játsza-
nak. Általában aerob, anaerob, psychrophyl és thermophyl fehér-
jebontókat különböztetünk meg. Régebben azt hitték, hogy a fehér-
jék elsősorban rothadás útján bomlanak, ma azonban tudjuk, hogy
pl. a husnak és a tojásnak elbomlása aerob folyamat, amelyet a
Bact. vulgare / Bac. proteus / idéz elő. Az kétségkívül bizonyos,
hogy a fehérjék bontásakor működő mikroorganizmusok szintén enzy-
meket választanak ki, amelyek hatásukat a pepsin, tripsin és erep-
sin enzymeekhez hasonlíthatók. Az anaerob baktériumok közül a leg-
gyakoribbak a Bac. putrificus, a fakultatív anaerobok közül a
Bact. vulgare / Bac. proteus /, az aerob fajok közül különösen a Bact.
prodigiosum, Bact. punctatum, Pseudomonas fluorescens és pyocy-
aneus, azután a Bact. coli, Bact. subtilis, Bac. mycoides Bac.
sporogenes stb. A gombák közül pl. az Oidium lactis szintén ké-
pes a fehérjék bontására.

A fehérjebontás menetét egészen nyersen a következő
séma mutatja:

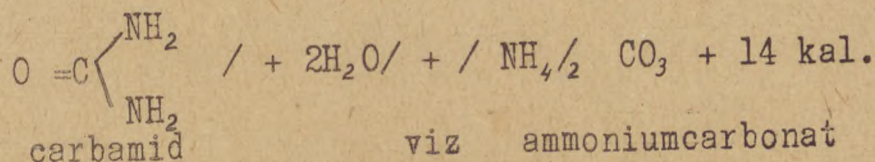


A képződő produktumokat a következő átnézet mutatja:



A fehérjékben levő N kétséggel kívül végeredményben ammoniává lesz, csak nagyon kevés N marad ammoniák alakjában vissza, de a természetben később ezek is ammoniává alakulnak. Epen azért a fehérjebomlás további fázisait nagy vonásokban úgy követjük a legjobban, hogyha a fehérje bomlásakor keletkezett különböző anyagoknak ammoniává való átalakulását röviden vázoljuk.

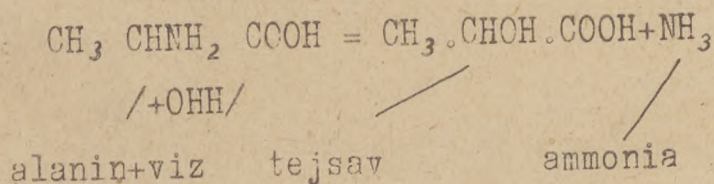
Ezeknek a folyamatoknak egyik legközönségesebbje a carbamid bomlása az u.n. Bac. probatus hatására, amely baktériumfajt az egyes kutatók más és más névvel látták el, egyike a leghasználtabb neveknek az Urobacillus Pasteuri. A carbamid bomlása a következő képlet szerint megy végbe:



A carbamid e bomlási mód szerint szénsavvá és ammoniává alakul, ami természetesen ammoniumcarbonat $\text{NH}_4 / 2 \text{CO}_3$ alakjában jelentkezik.

Hasonló módon bomlik az asparagin, amelynek bontását a *Pseudomonas pyocyaneus* hajtja végre, az eredmény asparaginsav és ammonia lesznek. Ezt a folyamatot általában dezamináció névvel jelöljük, miután egy ammonia molekula szokott ennél leválni. Hasonló dezaminációt találunk enzimatis hatásra egyes amidázoknál, ilyen pl. a guaninnak xanthinná való átváltozása a guanáz enzim hatására. Ezek az anyagok természetesen mint nukleinsavaknak bomlási termékei igen fontos szerepet játszanak.

Az aminosavak dezaminációja általában a következő egyenlet szerint megy végbe:

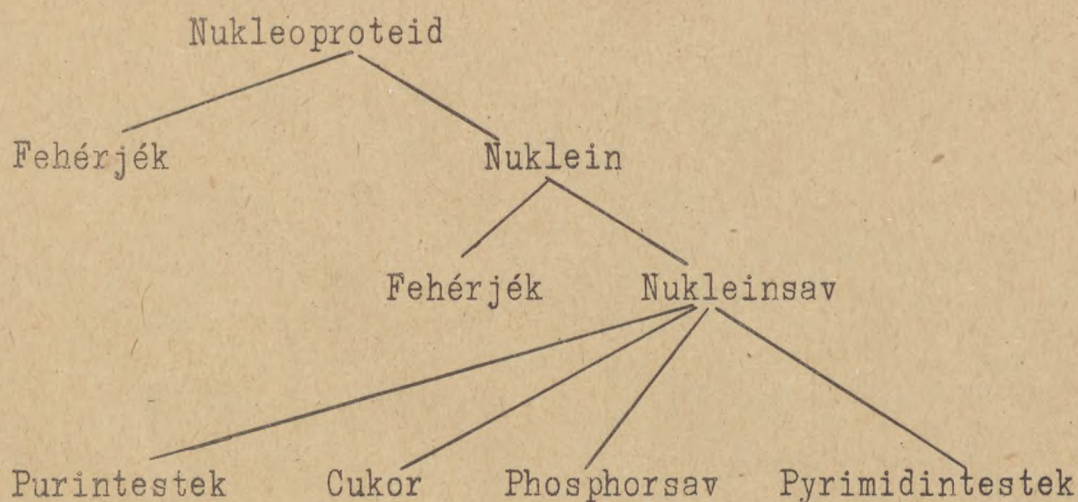


Az aminosavaknak egy másik rendkívül érdekes változása amikor ezek amoniákká alakulnak át. Ezek közül az aminok közül a fehérjék rothadásakor nagyon közönségesek az ismert ptomain, a hullamérgek, de különösen a cadaverin és a putrescin, amelyek minden fehérje rothadásakor fejlődnek.

Egy harmadik rendkívül jellemző amin, amely szintén az aminosavak bomlásakor keletkezik: a trimethylamin $\text{NH}_3 / 3 \text{N}$. A kén tartalmu fehérjék bomlásakor a kénhydrogen és merkaptánok szintén rendkívül közönségesek. A legközönségesebb kén tartalmu aminosavak egyike a cystin. A kén tartalmu fehérjék rothadásakor rendszerint H_2S mellett methylmerkaptán szokott jelentkezni. A fosforból pedig mintvégső termék fosforhydrogen és fosforsav keletkezik.

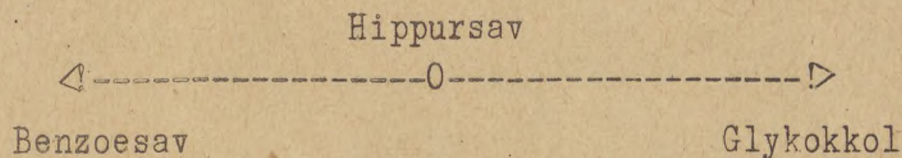
Rendkívül érdekes még az u.n. aromatis aminosavaknak bomlása. Ezek közül a legközönségesebb a tyrosin és a tryptophan. Ezek szintén oxydativ vagy reduktiv úton mennek át a dezamináción, legközönségesebb előidézője a *Bac. putrificus* és a *Pseudomonas pyocyaneus*.

Az összetett fehérjék közül a nukleoproteidek a leggyakoribbak és bomlásuk a következő fokokon megy át:



A szétbontást a talajbaktériumok különböző fajai végzik.

Tájékozásul még néhány szót óhajtunk szólni a fehérjék bomlásakor keletkező néhány egyszerűbb termék bomlásáról. Ezek közül a guanin bomlását már részletesen ismertettük. Hasonlóan bomlik az adenin, a kreatin és a xanthin stb. Ugyancsak tárgyaltuk már a savamidok átalakulását is, most még néhány szóval a hippursav bomlását vázoljuk. A hippursavat, amely különösen a madarak és a növényevő emlősök vizeletével jut nagyobb tömegben a földre, szintén nagyon sok baktériumfaj támadja meg, ilyen pl. a *Micr. ureae*. A hippursavból benzoesav és glykokkol keletkeznek.



Ez utóbbiak azután tovább bomlanak ammoniára és CO_2 -ra.

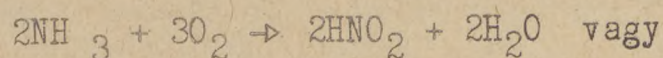
A nitrifikáció.

A fehérjék bomlásakor keletkezett ammoniát a növények közvetlenül felvenni, hasznosítani nem tudják, azért a természet gondoskodik arról, hogy az ammóniából olyan vegyület keletkezzen, amelyet a növény már felvehet. Ilyen vegyületek a különböző amonsók és nitratok. Azt a biológiai folyamatot, amely ammóniából nitratot hoz létre, nitrifikációnak nevezzük. Felfedezése Winogradsky nevéhez fűződik.

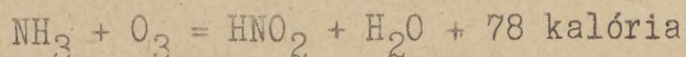
A nitrifikáció kiindulását a fehérjék bomlásakor keletkező ammonia képezi. Ez az ammonia a talajban levő más organi-

kus vegyületekkel, főleg a savgyökökkel közömbös vegyületeket alkot, amely közömbös vegyületek szolgálnak azután a nitrogénbaktériumok táplálékanyagául. A nitrogénbaktériumok ezeket az ammonia-vegyületeket oxydálják és így az elégetéskor nyert hőenergiát használják fel abból a célból, hogy a levegő széndioxydjával asszimilációs uton szénhydratokat képezzenek. Ezek tehát a többi baktériumtól eltérően tulajdonképen autotroph növények, mert önálló asszimilásra is képesek, de mégis különböznek a többi autotroph növénytől abban a sajátságban, hogy ezek a hőenergiát nem a nap hőenergiaforrásából merítik, hanem a most tárgyalt oxydációs úton nyerik.

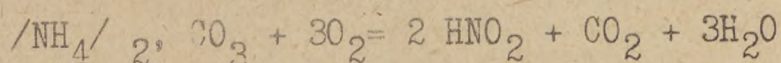
A nitrifikációnak rendszerint két fokozata van. Az első fokozat az ammoniának salétromsavvá való elégetése, amely általában a következő egyenlet szerint folyik le:



Energetikailag az egyenlet lefolyása a következőképen fejezhető ki:



Minthogy azonban a talajban az ammónia rendszerint nincs szabad állapotban jelen, úgy ez többnyire a talaj vizében levő szénsavval ammoniumcarbonatot alkot. Ilyenkor a reakció lefolyása valószínűleg a következő:



Ennek a folyamatnak ezidőszerint legjobban ismert előidézője a *Bacterium nitrosomonas*, az amerikai irodalomban *Nitrosomonas europaeus* néven ismeretes, amelyet 1892-ben Winogradsky fedezett fel. Egy másik alakja a *Nitrosomonas javanensis*, melyet Winogradsky Buitenzorgban tenyésztett ki.

A *Bacterium nitrosomonas* 1.2 - 1.8 μ hosszú és 0.9 - 1 μ széles gömbölyded mikroorganizmus, amely csillangószálacsákkal tud rajzani, tisztán anorganikus anyagokból él és az organikus anyag felépítésére szükséges carbont a levegő CO_2 -jából veszi. Szabad sav, vagy NH_3 oldatát nem tűri, sőt ilyen állapotban még az organikus anyag is káros hatással van rá. Hogy a talajban az organikus anyag hatásáról ugyanezt lehet-e állítani, azt még nem sikerült kimutatni. A humuszanyagok elősegítik működését, kivéve természetesen a szabad humusz savakat. A levegő CO_2 -ját fel tudják használni, dacára, hogy chlorophyllt nem tartalmaznak. Ez az állítás magyarázható, hogy az ammonia salétromsavvá való oxidációjánál igen sok energia szabadul fel és ez képesíti őket, hogy a

CO₂-ot felbontva a carbont felhasználják.

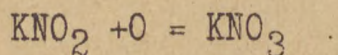
Az északamerikai talajokban élő és ammoniát salétromsavvá oxydáló baktérium kis kokkusz formával bír és azért Nitrococcus a neve.

A nitrifikációnak második fokozata a nitriteknek nitrattokká való oxydálása. Ez ezt előidéző mikroorganizmusoknak legjellemzőbb alakja a Bacterium nitrobacter, amelyet az amerikai irodalomban Nitrobacter néven ismernek.

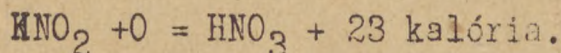
A Bacterium nitrobacter még sokkal kisebb mint az előbbi, átlag 0.0005 mm. átmérőjű mikroorganizmus, nyálkás kéreggel van körülvéve.

Nagyon érzékeny ammóniasókkal szemben és org. tápanyagokban nem fejlődik.

Ennek a folyamatnak a lefolyása viszont a következő:



Energetikai egyenlete pedig:



A nitrit és nitrat baktériumok jellemző iskolapéldái a baktériumok egymásra utaltságából folyó csoportos együttélésnek. A Bacterium nitrosomonas és Bacterium nitrobacter, egymással szoros kapcsolatban vannak. A keletkezett nitrit a Nitrosomonas nagyobb koncentrációban már elpusztítandó s ezt a veszélyt hárítja el a Bacterium nitrobacter, mikor a nitritet nitráttá oxydálja. A Bact. nitrobacter viszont nitrit nélkül nem élhet, az átalakított nitritet pedig a Bacterium nitrosomonas képezi és pótolja számára. Miután pedig a Bact. nitrosomonas működéséhez ammoniát vagy ammóniasókat követel s ezeket a talajban az ammonifikáló baktériumok hozzák létre, így ezen ammonifikáló baktériumok szintén szoros kapcsolatban vannak a nitrifikáló baktériumokkal.

A nitrifikáció az összes nem savanyu talajokban igen élénk. A nitrifikáló baktériumok működése egyes esetben nagy tömegekben hozhat létre nitrátokat, ahogy ez a chilei nitrat rétegek mutatják.

A nitrifikáló baktériumok a tudomány mai állása szerint egész specifikusan működnek, amennyiben csak ammoniát és salétromsavas savat képesek oxydálni, de carbamidet és aminokat nem.

A nitrifikáló baktériumok működési feltételei.

Hogy a talajban nitrifikáció létrejöjjön, szükséges, hogy az előbb említett baktériumok a talajban legyenek, s hogy nitro- gen tartalmu anyagok legyenek jelen, amelyekből ammoniasók képződnek, mert csak ezek alakulnak át salétrommá. Szükséges azonki- vül bő levegőmennyiség a talajban, bizonyos hőmérséklet, a talaj- nak bizonyos nedvesség tartalma és különösen CaCO_3 vagy MgCO_3 je- lenléte. A talajban azért kell ammonia vegyületeknek lenni, mert a tudomány mai állása szerint csak az ammonia alakulhat át salét- rommá; más organikus anyagban lévő N is csak úgy, ha előzőleg am- monia lesz belőle.

Miután az ammonia O-t nem tartalmaz, a salétrom pedig O-dus vegyület, természetes, hogy nagy mennyiségű O-re van szüksé- ge a nitrifikációnak, melyet a baktériumok csak a levegőből nyer- hetnek. Az ugyanis nagyon valószínűtlen, hogy oxygen tartalmu ve- gyületeket bontanának a talajban és ezeknek az oxigénjét használnák fel. Minél nagyobb tehát a talaj málladákszemei közötti levegővel töltött űr, annál élénkebb a nitrifikáció, így különösen a morzsás szerkezetű talajban nagyon erős.

A nitrifikáció függ a talaj hőmérsékletétől, ami termé- szetes is, mert a baktériumok tevékenysége 5°C alatt és 55°C felett szünetel. Az optimális hőmérséklet az eddigi megfigyelések szerint 37°C körül van. Miután nálunk ősztől kora tavaszig magasabb észa- ki szélességek alatt pedig már szeptembertől májusig a talajban 5°C alatt van a hőmérséklet, ezen helyeken és ezen időben a nit- rifikáció nagyon gyenge, ellentétben az ammonia és a CO_2 képződéssel mely még 0°C körüli hőmérsékletnél is nagyon élénk.

A víztartalom a nitrifikációs jelenségeknél szintén fon- tos tényező. Kevés vizet tartalmazó talajban teljesen szünetel a nitrifikáció, míg túl sok vizet tartalmazó talajban, minthogy a víz az üregekben a levegő helyét foglalja el, a hiány állabé, a nitrifi- káció tehát csökken.

Feltűnő, hogy a laza homoktalajban a vízhiánytól a nitrifi- káló baktériumok sokkal jobban tűrik, mint a nehéz agyagos tala- jokban, mely utóbbiakban az ammónia egy része fehérjeszerű anyagok- ká alakul át, tehát kevesebb nitrát képződhet.

A CaCO_3 és MgCO_3 jelenléte annyiban segíti elő a nitrifi- kációt, hogy jelenlétükkel a talajt gyengén lúgossá teszik, ami jó hatással van a mikroorganizmusok fejlődésére, miután ezen lúgos- ság a képződő salétromossavat és salétromsavat közömbösíti.

A nitrifikáció igen élénk humuszos vályogtalajokban, ezekben meg van az optimális levegőmennyiség és víztartalom, továb-

bá a salétrom nem mosódik ki a talajból. Igen nehéz agyagos talajokban nagyon gyenge a nitrifikáció, mert minimális a levegőkicserélődés, túl sok a víz és gyakran túl alacsony a hőmérséklet. A lápos talajokban azért csekély a nitrifikáció, mert túl sok a víz, alacsony a hőmérséklet, nincs levegőkicserélődés, habár a nitrogéntartalma organikus anyag itt tetemes. Homokos talajokban rendszeresen nem olyan élénk a nitrifikáció, ahogy az élénk levegőcserének megfelelő lenne, mert ilyen talajokban a nedvesség sokszor kisebb, mint a - hogy az optimális víztartalomnak megfelelő lenne.

Laza talajokban még nagyon intenzív nitrifikáció mellett is sokszor kevés a salétrom, ami természetes is, mert a talaj a salétromsavat nem adszorbeálja és így könnyen kimosódik.

A denitrifikáció.

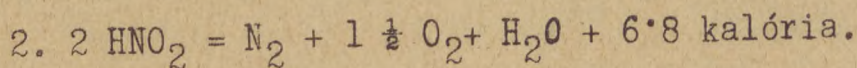
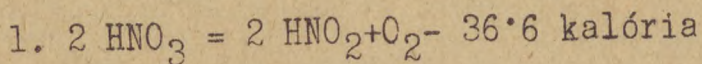
A nitrifikációnak az ellentétes folyamata a denitrifikáció, melyet más szóval röviden N-erjesedés névvel is jelölnek.

Már régóta tudják, hogy a talajban nemcsak kimosás távolítja el a salétromot, hanem egy biológiai jelenség is csökkenti annak mennyiségét, mely a salétromból salétromossavat, ammoniát és szabad nitrogént fejleszt. Ezt a jelenséget denitrifikációnak nevezzük.

Ez a folyamat tipikus anaerob folyamat, amelynek folyamán az u.n. denitrifikáló baktériumok a nitrátokat végeredményben szabad N és H gázzá redukálják, miközben a vegyületekben levő O-t felszabadítják és ezt az O-t maguk oxidációs folyamataik számára felhasználják. A denitrifikációt tehát élesen el kell különíteni az u.n. nitrátredukációtól, amelynek lényege viszont abban áll, hogy egyes baktériumok a nitrátokat nitritekké és ezeket ammoniákká képesek redukálni.

A tulajdonképpeni denitrifikációs folyamat két fokon megy át. Az első fokozat a nitrátoknak nitritekké való redukciója, második pedig a keletkezett nitriteknek szabad N-né való átalakítása.

Kémiaiilag ezt a két folyamatot a következőképpen fejezhetjük ki:



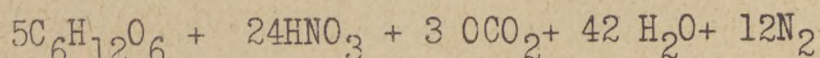
Ha feltételezzük, hogy 1 mol O_2 112 kalóriát tud felszabadítani, úgy az első fokozatnak az energianyerése $112 \cdot 36 \cdot 6 = 75 \cdot 4$ kalória, a második egyenletnél pedig 1 $\frac{1}{2}$ $112 + 6 \cdot 8 = 174 \cdot 8$ kalória.

Már ebből az összeállításból is láthatjuk, hogy tulajdonképpen a N-né való redukálással kaphatják a denitrifikáló mikroorganizmusok a nagyobb energiamennyiséget míg a nitrítékké való redukálás aránylag kevés energiaszabadulással jár.

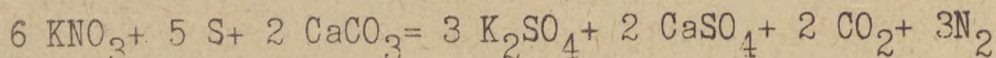
Ezt a két folyamatot azonban rendszerint két baktériumcsoport végzi, amelyek közül az egyik a nitrátot redukálja és az így felszabaduló O_2 -t a másik rendelkezésére bocsátja, amely viszont az így nyert O_2 -el a cellulózt bontja és a denitrifikáló baktériumoknak a szükséges szénhidrátokat szolgáltatja. Ha ellenben a bontás ammoniáig történik, ebben az esetben a folyamatot a következő egyenlet fejezi ki:



A cellulóznak, ill. a szénhidrátoknak felhasználásával történő denitrifikációt pedig a következő egyenlet fejezi ki:



Hasonlóképpen a szulfitokat és a kén is fel tudják használni egyes baktériumfajok az anaerob lélekzés mellett való oxidáció céljaira egyidejű denitrifikáció mellett. Valószínűleg itt is két baktériumcsoport működik egymás mellett, amelyek közül az egyik felszabadítja a nitrátokat a O_2 -t átadja a másik csoportnak, amely az így felszabadított vegyület segítségével szulfitokat és thiosulfátokat szulfátokká oxidálja és az így nyert energiát a denitrifikáló baktériumok rendelkezésére bocsátja. Ezen folyamatnak valószínű lefolyása Beijerinck szerint a következő:



Ennél a folyamatnál általában 1 g redukált nitrátra 1 grammkalória energiamennyiség esik.

A denitrifikáció a természet háztartása szempontjából általában káros folyamat és a talajban különösen ott jelentkezik, ahol legtöbb esetben a túlságosan sok csapadék, vagy a talajnak egyébkénti vízbősége következtében a talajba elegendő O_2 nem kerül, amikor aztán az organikus anyagokat és a cellulózt bontó baktériumok az életműködésükhöz szükséges O_2 -t csakis a denitrifikáló baktériumok működése folytán nyerhetik. A gyakorlati talajművelésnél, úgy a mező, mint az erdőgazdaságban természetesen megfelelő talajművelési módokkal gondoskodnak a talaj jó szel-

lőzőttiségének fenntartásáról.

A denitrifikáció kapcsán egy bizonyos mennyiségű szabad N mindenestre elvész a természet háztartása számára, miután a növények tudvalevőleg a levegőben lévő szabad N-t nem képesek felvenni. Ezt a veszteséget helyrehozandó a növények jelentékeny része / Leguminosae-k, Alnus, Elaeagnus, Myrica, Coriaria, Ceanothus stb. / A gyökerein élő baktériumok segítségével / Bac. radicicola, Actinomyces alni, A. elaeagi stb. / képes a levegő szabad N-jét felvenni. Másrészt ugyanakkor a talajban rendkívül sok olyan baktérium él, amelyek a levegő szabad N-jét közvetlenül képesek felvenni, abból fehérjevegyületeket felépíteni, amelyek természetesen ezen élőlények elhalása után a korhadás útján nitrátokká alakulnak és így a magasabbrendű növények gyökerei számára felvehetőkké válnak. Ilyen szabad N-kötő baktériumok Pl. az Azotobacter chroococcum. A. agilis.

Ezekről a baktériumokról a levegő szabad N-jét megkötő baktériumok tárgyalásukat külön lesz majd szó.

Ami most már a nitratredukciót és a denitrifikáló baktériumok egyes fajait illeti, úgy arra vonatkozólag röviden következőket jegyezzük meg.

A nitrátokat nitritekké redukáló baktériumok közül a leggyakoribbak a következők: Bact. coli, Bact. Vulgare, Bact. prodigiosum, Bact. Putidum, Bac. subtilis, Bac. vulgatus, Bac. mycoides, Micr. pyogenes, Mycobact, phlei és a Mycobacterium, egyéb fajai.

A nitrátokat ammoniákká redukáló baktériumok közül fontosabbak: a Bac. mycoides, Bac. subtilis és a Bac. mesentericus vulgatus.

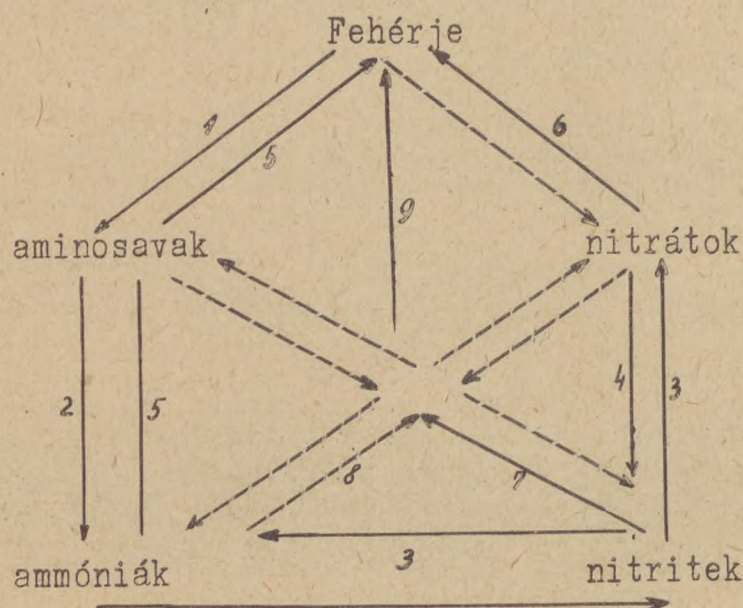
A nitrátoknak szabad N-né való redukálását pedig a következő mikroorganizmusok képesek végrehajtani: Bact. denitrificans, Vibrio denitrificans, Bact. nitroxus, Bact. denitrificans agilis stb.

A denitrifikáló baktériumok ily módon a talajból az egész nitrogént eltávolítanak, ha az általuk létrehozott és célulólósebből képzett cukorszzerű anyagokat azok a baktériumok nem használnák fel energiaforrássul, amelyek a levegő szabad nitrogénjét kötik meg. Ezek a baktériumok egy energiához jutva, a felszabadított nitrogént újból megkötik és ily módon a nitrifikáló baktériumok által szabaddá tett nitrogénből újból nitrátok keletkeznek.

Normális viszonyok mellett a denitrifikáció a talajban csak hidegebb évszakban szokott túlsúlyban lenni, amikor a talajban sok a víz; ilyenkor valóban az a veszély fenyegethet, hogy a nitrogen a talajból eltűnik. Ennek azonban elejét lehet ven-

ni azáltal, hogy a talajba istállótrágyát hozunk. Koch kísérletei mutatják, hogy az istállótrágyában előforduló baktériumcsoportok a denitrifikációs működést egészen meg is szüntethetik, tekintve, hogy a két baktériumcsoport egymással szemben antagonistikus, tehát működésükben, egymást zavarják. Ebből is látható, hogy az istállótrágyával való trágyázás fontos a nitrogen körfolyamat szempontjából.

A N-anyagcsere körfolyamatát egyébként a következő vázlat tünteti fel:



1. Fehérjebomlás, 2. ammoniaképződés, 3. nitrifikáció, 4. denitrifikáció, 5. ammonium és aminosav asszimiláció, 6. nitrát asszimiláció, 7. denitrifikáció, 8. ammoniumoxydáció, 9. N-kötés a levegőből. A pontozott vonalak által jelzett folyamatok még nem ismeretesek eléggé.

A levegő szabad nitrogénjét megkötő baktériumok.

Amint a nitrifikáció és denitrifikáció tárgyalásakor részletesen kifejtettük, az utábbi folyamatnál mindig jelentékeny mennyiségű N megy a talaj számára veszendőbe. Szerencsére a természet háztartásában a megfelelő berendezés arra meg van, hogy a talaj és ezen keresztül a növényzet az így veszendőbe ment N-mennyiséget visszanyerje. Ezt a célt szolgálják elsősorban a levegő szabad N-jét megkötő baktériumok.

Ezeket a baktériumokat két nagy csoportra oszthatjuk fel, mégpedig olyanokra, amelyek a magasabbrendű növényekkel s sym-

bioziszban élve, tehát simbiotikus úton veszik fel a levegő N-jét és olyanokra, amelyek saprophyta életmódot folytatnak és ennek kapcsán hasznosítják a levegő szabad N-tartalmát.

E legközönségesebbek és a legismertebbek ezek között a hüvelyesek gyökerein gyökérgumókat alkotó és ezekkel symbiózisban élő baktériumok, amelyek a babnak, borsónak, akácnak stb. gyökerein lévő gumókban simbiotikus életmódot folytatnak és amíg az anyanövénytől elvonják a képezett magasabbrendű szerves anyagokat, addig a levegőből felveszik a N-t. Ezt azután testükben feldolgozzák és a kapott szénhydrátok ellenében akkor, amikor elhalásuk után testük felszívódik, a magasabbrendű növényeknek átadják. Ezeknek egyik legtipikusabb képviselője a Bac. radícolá, amelynek működését Hellriegel és Wilfähr alapvető vizsgálatai alapján ugyiszolva minden részletében ismerjük, míg magának a baktériumnak felfedezése Beijerinck nevéhez fűződik.

A Bac. radícolá nomenklaturájához meg kell jegyeznünk, hogy az amerikai irodalomban Pseudomonas radícolá néven jelölik, de legújabbban az amerikai bakteriológiai egyesület nomenklaturája a prioritás alapján Bacterium leguminosarum vagy Rhizobium leguminosarum nevet adta neki. Az európai irodalomban azonban általában Bac. radícolá néven ismerik. Jellemző erre a baktériumra, hogy nemcsak a gyökérgumókban, hanem magában a talajban is megtalálható, miután tulajdonképpen gumóról gumóra és növényről növényre a talajon keresztül vándorol.

A Leguminosák gyökerein a Bac. radícolá működésére létrejött gumócskákkal mindig csak a fiatal 1-2 éves gyökereken vagy gyökérágakon találkozunk. A gyökérgumók alakja gömbölyű, hosszúkás, néha kifejezetten körteformájú is lehet. Nagyságuk néhány mm és 1-2 cm között váltakozik. A baktériumok a parenchymatikus alapszövet legbelső sejtjeiben fordulnak elő és itt az u.n. bakterioid szövetet alkotják, amely az egyes edénnyalábok közé csillagszerűen nyulik be. A bakterioid szövetben és annak közelében gazdag keményítő tartalmu sejteket figyelhetünk meg.

Magának a baktériumnak alakja néha változó, miután gyakran involúciós formákat alkot, úgyhogy morfológiai szempontból rendkívül változó alaku és amint a legtöbb baktériumnál, ennél is az életviszonyok a táplálékanyag formáira igen erős befolyást gyakorolnak. Kritikus ph-értékei 4-8 között mozognak.

Újabbban Hiltner és Störmer a Bac. radícolá-t nem tekintik egységes fajnak és két csoportra osztják: a Bact. radícolá és a Bact. Beijerincki csoportjára. Az első anyanövényei a Pisum, Vicia, Lathyrus, Phaseolus, Trifolium stb. míg a másodiké a Lupinus, Ornithopus és a Glycine genusok.

Itt nem ohajtunk részletesen kitérni a további kutatásokra, amelyek révén a Bac. radícolá különböző csoportjait serológiai vizsgálatok folyamán is igyekeztek elkülöníteni. A Bac. radícolá-nak a Rhizobium nevet adták és két fajra osztották:

Leguminosum Frank a Pisum, Vicia, Lathyrus stb. győ -
rhizobium radicum Beij, a Trifolium, Phaseolus

Később, főleg serologiai kutatásuk alapján a Bac. radicumának 12 csoportját különböztették meg, amely csoportok mindegyikének megvan a maga serologiai elválaszthatósága.

A Bac. radicum serologiai vizsgálatával hazánkban Fehér- és Bokor is foglalkoztak, akik főleg a Leguminosákhoz tartozó fák gyökerein élő fajokat vizsgálták a bakteriológiában nagyon elterjedt u.n. agglutinációs módszerrel.

Az agglutináció alatt azt a jelenséget értjük, amikor valamilyen baktériumtörzsszel beoltott nyúl vérsavóját különböző hígítási fokokban elegyítik a baktérium tiszta tenyészetekkel. A rokon baktériumokat az ebben a szérumban képezett anyagok, az u.n. antitoxinok megölik és ezek nagyítóval jól látható pelyhek alakjában csapódnak ki. A különböző hígítási fokokat, amelyeknél a szérum még hatékony, agglutinációs titernek nevezik.

A vizsgálatok bebizonyították a Laburnum anagyroides, a Robinia pseudacacia, a Gleditschia triacanthos és az Amorpha fruticosa gyökérbaktériumainak közeli rokonságát.

Vizsgálatainknak főbb eredményei röviden összefoglalva a következők:

1. Az Amorpha fruticosa gyökérgumóiban két baktériumnak az anyanövénnel való egyidejű szimbiózisát sikerült kimutatni. Ezek a Bac. radicum és a Bac. Mycoides.

2. Az Amorpha fruticosa gyökérgumói eltérnek a Robinia tipustól. Nem ágazódnak el, kerekük maradnak és nagyságuk is jóval kisebb marad.

3. Steril tenyészkísérletekkel sikerült bebizonyítani, hogy az Amorpha fruticosa optimális növekedést csak a két baktériumfaj együttes jelenlétében mutat.

4. Az a tény, hogy a Bac. radicum fakultative aerob, vagyis baktérium-ágáron, ahol bőségesen áll fehérje és szénhidrát rendelkezésre, anaerob viszonyok között is tenyészni képes, arra enged következtetni, hogy elegendő levegő hiányában parazita életmódot is tud folytatni. Ennélfogva a talaj fizikai állapotára, nevezetesen a talaj levegőkapacitására e fajok tenyésztésekor különös figyelmet kell fordítani.

5. A *Bacillus mycoides* feltétlen aerob, vagyis anaerob körülmények között elpusztul, uralkodóvá lesz tehát a baktérioid szövetek belsejében a *Bac. radicicola*.

6. A *Gleditschia triacanthos* gyökerein a *Bac. radicicola* a primer kéregből képződött daganatokban él, amelyek jellemző sajátossága, hogy még az idősebb 2-3 éves gyökereken is gyökérszőrökből álló sűrű bevonattal vannak borítva.

7. A megvizsgált *Bac. radicicola* fajták agglutinációs titerjének vizsgálata világosan bizonyítja, hogy az *Amorpha*, *Gleditschia* és a *Laburnum* gyökérbaktériumai szoros rokonsági viszonyban vannak egymással.

Tájékoztatással meg kell jegyeznünk, hogy az újabban olyan vizsgálatokkal is rendelkezik az irodalom, amelyek szerint különböző növények levelein élő baktériumok is képesek a levegő szabad N-jét megkötni. Ilyen pl. a Miehe - által izolált *Bac. foliicola* és *Ardisia* nevű növény levelein, azután a *Pavetta indica* levelein *Mycobacterium rubiacearum* stb.

Újabban az *Alnus*ok gyökerein található *Actinomyces alni*, az *Eleagnus* gyökerein élő *Actinomyces eleagni* és a *Myrica* gyökerein élő *Actinomyces myricae* nevű baktériumokról szintén bebizonyosodott, hogy megkötik a levegő szabad N-jét.

Természetesen ezek a baktériumok nem tartoznak a szorosán vett talajbaktériumok közé, itt csak azért említettük meg őket, mert mezőgazdasági jelentőségük rendkívül nagy, hiszen a hüvelyesek tenyésztése által, ha ezeket a talajba beleszántjuk, a levegőben levő gázalaku N-ből jelentékeny mennyiséget hasznosíthatnak a növénytermesztés céljaira.

A tulajdonképeni talajbaktériumok közé tartozó N-kötő baktériumokat viselkedésük szerint két csoportra oszthatjuk fel, nevezetesen az aerob és az anaerob N-kötő baktériumokra. Az aerob N-kötő baktériumok legjellemzőbb képviselője az *Azotobacter chroococcum* és az *A. agile*. Ezek Beijerinck vizsgálatai szerint a levegő szabad N-jét aerob uton felveszik és azt magasabbrendű N-vegyületekké alakítják át, amely N-vegyületek a baktériumtest elhalása után a korhadás folyamata alatt nitrátokká alakulnak át és így ezek a baktériumok közvetve a levegő szabad N-jét növénytermesztés céljaira hasznosíthatókká teszik.

Az *Azotobacter* 4-6 μ nagyságú, meglehetősen rövid pálcika alakú baktérium, amely rendszerint kocsonyás anyagba van beágyazva, Poláris csillangószálacskákkal mozog. Újabban egy harmadik fajt is izoláltak az *Azotobacter Winelandii* és egy negyedik fajtát: az *A. Beijerinckii*. Különös sajátossága az *Azotobacter* - nek, hogy a talaj savanyúsági foka iránt rendkívül érzékeny és rendszerint csak azokban a talajokban tenyészik, amelyeknek sa -

vanyusági foka $\text{ph}=6$ fölött marad. Ezekben a talajokban az egész világon el van terjedve és ahol a talajokat behatóbban vizsgáljuk, mindenütt meg is fogjuk találni.

A humid klíma alatt a N-kötő baktériumok és így közöttük az *Azotobacter* is, $\text{ph}=6$ értéknél nagyobb savanyúságot mutató talajokban is megélhetnek. Az erdőtalajban az *Azotobacter* mennyisége és ph értékének nagyságától függ és általában augusztusba és szeptemberben, tehát a nyárutó folyamán, amikor a ph értékei a legmagasabb fokra gáznak, éri el az *Azotobacter* is a legnagyobb számot.

Az *Azotobacter*, amint az újabb vizsgálatok mutatják egyes moszatokkal szimbiotikus viszonyban is élhet.

Az aerob N-kötő baktériumokon kívül még az u.n. anaerob N-kötő baktériumokat is megtaláljuk a talajban. Ezeknek a legjellegzetesebb képviselője a Winogradsky által első ízben kitenyésztett *Clostridium pastorianum*, amely jellemző vajsavas erjedést előidéző baktérium és amely működéséhez kifejezetten anaerob feltételeket igényel.

Abba a csoportba, amelyhez a *Clostridium pastorianum* is tartozik, régebben nagyon sok baktériumot soroltak, amelyekről a kutatások folyamán kiderült, hogy azok tulajdonképpen a *Clostridium pastorianum*mal azonosak. Nagyon elterjedt név volt, amely az újabb nomenklatura szerint a *Clostridium pastorianum*mal azonos, a *Bac. amylobacter*.

A *Clostridium pastorianum*on kívül még a következő fontosabb anaerob N-kötő baktériumokat ismeri az irodalom: *Clostridium americanum* / Pringsheim/, *Granulobacter pectinovorum* / Beijerinck és Van Delden/. A *Clostridium pastorianum* tipikus spóráképző baktérium, amely a spóráképződés alkalmával feldagad és a végén orsószerűen kihegyesedik. Alakja henger alakú lekerekített végekkel, $1.5-2\mu$ hosszú és $1.2-1.3\mu$ vastag. Az idősebb példányok azonban a $2-6\mu$ hosszúságot is elérik. A spóráit rendszerint excentrikusan a baktérium alak valamelyik végén képezi.

Winogradsky a föld 152 különböző részéről vett és vizsgált talajokban mindenütt kimutatta az anaerob N-kötő baktériumok jelenlétét. Mennyiségük a talajban g-onként számítva 100.000 körül változik, azonban Düggeli g-onként 1.000.000-t is talált. Fehér vizsgálatai szerint az erdő talajában az aerob és anaerob N-kötő baktériumok évi átlaga g-onként 100.000 körül mozog, azonban jól szellőzött homokos talajokban számuk a 200.000-t is elérheti.

Winogradsky vizsgálatai szerint a *Clostridium pastorianum* aerob viszonyok között is tenyészik és megköti a N-t, azonban legeredményesebben mégis anaerob viszonyok mellett dolgozik. Optimális hőmérsékleti feltételei: $28-30^\circ\text{C}$. Spórái 100°C -on félül rendszerint 5 perc alatt elvesztik csirázó képességüket.

A N-kötéshez szükséges energiát glukose, maltose, laktose, galaktose és laevulose felhasználásával nyeri. Mesterséges kultúrákban 0.5%-os cüloroldatban adja a legjobb N-kötést. Növekedési határa $ph = 6.9-7.3$ között mozog, azonban humid viszonyok mellett még $ph = 5.6$ -hoz is alkalmazkodik. A savanyu talajokban, ahol az Azotobacter inaktív válik, a Clostridium még jól tenyészik.

A N-kötés tipikus és jellemző endothermikus reakció, tehát a mikroorganizmusoknak a N-kötéshez rendkívül nagy energiamennyiségre van szükségük, amelyeket szénhidrátokból nyernek.

A N-kötést rendszerint az elhasznált cukrok mennyisége szerint számítják át. Az anaerob N-kötő szervezetek a cukrok átalakítása után 45 % savat és 55 % gázt, az aerob szervezetek viszont 33 % savat és 67 % gázt képeznek, mintán ezek tökéletesebben bontják el a szerves anyagokat. Ezek a számok a Clostridiumnak aerob és anaerob tenyésztésére vonatkoznak. Az Azotobacter általában 3-20 mg N-köt meg az elhasznált cukormennyiség g-jára számítva, míg a Clostridium patorianum mindössze 2-3 mg-ot tud megkötni. Az anaerob N-kötő baktériumok a szénhidrátok elbontásakor organikus savak, főleg vaj-és ecetsav és azután különböző gázokat képeznek. Az Azotobacter a szénhidrátok mellett a magasabbrendű organikus savakat és alkoholoikat is bontja, rendszerint közbelső termékek keletkezése mellett. A gázalaku termékek közül a legfontosabb szerepet az Azotobacter működésénél a CO_2 játssza.

Winogradsky szerint az anaerob N-kötők a N-ből először ammoniát képeznek és azután ez az ammonia alakul aminosavakká és fehérjékké.

Az Azotobacter táplálkozásánál nagyon fontos a P szerepe, amely nélkül az Azotobacter működését vagy egyáltalában nem vagy csak nagyon hiányosan tudja kifejtetni. Ezt a jelenséget újabban fel is használják a talajok P-szükségletének megállapítására. Stoklasa szerint 5-7 mg szabad N köthető meg 1 mg P-ra számítva.

Általában a N-kötő baktériumok, amint már említettük, csak a talaj reakciójával szemben mutatnak nagy érzékenységet, ezzel ellentétben a talaj kiszáradását elég jól eltűrik. Rendkívül érdekes, hogy Lipman adatai szerint olyan talajokban amelyeket 5-20 évig muzeumban őriztek, is találtak még szabad N-kötő organizmusokat. A talaj nedvessége viszont jó hatással van a fejlődésükre és pedig a maximum kb. 27.4% -nál van.

N-kötő mikroorganizmusok nagyon fontosak a természet háztartásában, különösen akkor, ha a talajban symbiotikus uton élő N-kötő baktériumok munkája révén előállítható N-nyereségről másképpen nem gondoskodhatunk. A talajokban azért a N-kötő baktériumokat oltással is bele szokták vinni különböző kultúrák segítségével. De elegendő az is, hogyha a talajban ugyanis meglevő N-kötő mikroorganizmusok munkájának fellendítéséről szénhidrátoknak bevitelével, így tehát celluloseban gazdag istállótrágyának elhintésével

ill. beleszántásával gondoskodunk.

Mykorrhiza.

A talajban élő gombák jelentékeny része rendkívül fontos szerepet játszik a növény életében. Különösen fontossá válik jelentőségük az erdei fák táplálkozási folyamataiban, amennyiben ezek egy nagy részénél a gyökérszörök nem fejlődnek ki, hanem a gyökerek különböző gombákkal / mykorrhiza / lépnek együttélésbe.

A mykorrhiza jelenségnél a gyökérnek a myceliummal való kapcsolata kétféle lehet. Egyik esetben a mycelium csak a gyökér felületét borítja és akkor ektotroph mykorrhizáról beszélünk. Másik alakja a mykorrhizának az endotroph forma, amidőn a mycelium a gyökér belsőjébe hatol.

Az ektotroph mykorrhizánál a mycelium a gyökérrel egy vagy több sejtréteg álparenchymával borítja be, amely sehol sem hagy hátra hézagot és még a növekvő csucst is ellepi, amelyen ez esetben igen tökéletesen gyökérszörök fejlődik. Az álparenchyma sejtszövege a gyökérnek ez esetben meglehetősen nagyarányú sejtszövegeivel szorosan összenőnek, sőt azok közé be is hatolnak és egyes sejteket körülvesznek. A myceliumköpenyből azután számos fonál megy szerte, amelyek a humuszrészecskéket körülölelik, mások viszont vastagabb nyálábokká egyesülnek.

Ektotroph mykorrhizát találunk pl. a *Pinus silvestris*, *P. montana*, *Picea excelsa*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Betula pubescens*, *Populus tremula*, a *Fagus*, a *Quercus*, a *Carpinus*, a *Tilia* és a *Corilus*-fajok gyökerein hasonlóképpen a *Liliaceae*-k, a *Ranunculaceae*-k, a *Labiatae*-k, a *Compositae*-k stb. egyes humuslakó fajain. A lombfák egy részén hiányzik, így nem találták meg az *Ulmus*-ok, a *Pinus*, a *Morus*, a *Juglans*, az *Acerek* a *Syringa* és a *Krataegus*-fajokon és azokon a fákon, amelyek gyökereik útján a *Bac. radicicola*-val, vagy az *Actinomyces*-al és a *Glomus* baktériumokkal folytatnak szimbiózist.

Endotroph mykorrhizát találunk pl. a *chlorophylltalan Neottia nidus avis*, a *Coralliorrhiza trifida*, az *Epipogium aphyllum*, továbbá a zöld levelű *Orchideae*-k, az *Ericaceae*-k stb. mykorrhizás alakjain. A fenyők közül a *Taxus* gyökerein szintén endotroph mykorrhizát találunk.

Az ektotroph mykorrhiza kifejlődéséhez feltétlenül humusban gazdag talaj szükséges és az erdei fák jelentékeny része, ha humusban szegény homokos talajba kerül, vagy pl. ha mesterséges táptalajokban vagy oldatokban nevelik őket, mykorrhiza nélkül is megél és ilyen esetekben gyökérszöröket fejleszt ki. Az endotroph mykorrhizában együttélő növények jelentékeny része azonban annyira rá van utalva ezeknek a működésére, hogy ezek nélkül életfolyamatait normálisan lefolytatni nem tudja. Egészen a legutóbbi i-



dőig nem sokan tudtak azokról a gombafajokról, amelyek az erdei fák ektoroph mykorrhizáit alkotják. Melin és Masui munkálatai alapján a következő fafajok és a Basidiomycetesekhez tartozó gombák szimbiózisát ismerjük.

Pinus silvestris: Boletus badius, B. luteus, B. variegatus, Amanita muscaria, Russula fragilis stb. Pinus montana: Boletus granulatus, B. luteus, Lactarius deliciosus, Russula fragilis stb. Picea excelsa: Boletus luteus, Amanita muscaria Cortinarius baileatus, stb. Abies alba: Boletus badius, B. luteus, Amanita muscaria, Lactarius deliciosus stb. Larix europaea: Boletus elegans, B. variegatus, Amanita muscaria, Cortinarius camporatus stb. Betula pubescens: Boletus edulis, B. rufus, B. scaber, Amanita muscaria stb. Populus tremula: Boletus rufus, B. scaber stb.

Ujabban még egyes kulturnövényeken, így pl. a búzán, kukoricán és a burgonyán is kimutatták bizonyos esetekben a mykorrhiza jelenlétét.

A mykorrhiza élettani szerepe még nincsen teljesen tisztázva, így különösen nincsen tisztázva az a kérdés, hogy képesek-e a mykorrhizagombák a levegő szabad N-jét megkötni. Melin az irodalomra vonatkozó korábbi felfogását legújabb vizsgálataival megdöntötte. Valószínű azonban, hogy a mykorrhizának élettani szerepe nem is ebben nyilvánul meg, hanem főleg abban, hogy saprophyta módon a talaj szerves anyagait korhasztja és akorhádó szerves N-tartalmú anyagok, különösen a fehérjék bomlásánál keletkező alacsonyabbrendű N-tartalmú szerves vegyületek, aminosavakat, esetleg polypeptideket stb-t képez, amelyeket azután a magasabbrendű növények fölé átvesznek és így a fehérjeszintézisnél jelentékeny energianyagokra tesznek szert. Viszont a mykorrhiza azért az asszimiláló növényektől cserébe szénhidrátokat vesz át.

Valószínű, hogy, miként a többi gombák, a talaj nitrogénjének a felvételére is képes, amelyeket vagy így, vagy magasabbrendű N-vegyületekké átalakítva adnak át az anyanövénynek.

Az erdő talajának nitrogén gazdálkodásáról.

Ismételten rámutattam már, hogy a talaj életét dialektikai értelemben egy szerves egésznek kell tekintenünk. Ezért akkor, amikor az erdő talajában lefolyó biológiai folyamatokról van szó, mindig az erdő egész életterét kell a dialektika módszerei és felfogása szerint megvizsgálnunk. Ezért amikor az erdő talajában lefolyó biológiai és a N körfolyamatával összefüggő törvény-szerűségeket tárgyaljuk és megismerjük, tudnunk kell azt is, hogy az itt lefolyó körfolyamatok szorosan összefüggnek a talajborító állomány, illetve növényzet életével. A N-nek általános körfolyamatát a természetben, de különösen a talajban, már az általános fejezetekben ismertettem. Most az erdő talajának életterében lefolyó legfontosabb mikrobiológiai folyamatokról lesz szó. Az erdőt borító állományoknak, általában a mezőgazdasági növényekhez hasonlóan a lombozatuk és a fatestük kiépítéséhez évenként, kö-zépkorú állományokat feltételezve, hektáronként 50 kg-N-re van szükségük. Ebből a fatest építése mindössze 14-16 kg-nyi N-t igényel. A többit az erdő visszaadja a talajnak a lehulló lombozat és fiatal hajtások formájában. Ez világos, miután tudjuk, hogy éppen az élőrészek plazmatikus élőanyagában a fehérje vegyületek domináló szerepet játszanak, és nyilván, hogy ezekben a fiatal, zsenge növényi részekben fogjuk viszonylag a legtöbb N-t találni. A lehullott N-tartalmu álom korhadásának részleteit már behatóan ismertettem, mégpedig ennek általános vonatkozásaiban. Magában az erdő talajában lefolyó folyamatok általános jellemzésére álljon itt még röviden a következő. Azt már kifejtettem és megmutattam, hogy az állományok N gazdálkodása és táplálkozása szempontjából döntő sullyal a mykorrhizagombák esnek latba. Az erdő talajában ugyanis a humuszanyagok ott végbemenő, rendszerint egészségtelen korhadása következtében a cellulóze sok esetben anaerob körülmények között bomlik. Ezért savanyu melléktermékek keletkeznek, amelyek különösen ott, ahol különböző klimatikus, vagy talajtani befolyások következtében a korhadás nem kielégítő, a talaj kémhatása sokszor felette alacsony értékeket vesznek fel.

Miután a nitrifikáló baktériumok a talaj kémhatásával szemben igen érzékenyek, nyilván való, hogy emiatt az erdő talajában lefolyó nitrifikáció elégtelen lenne az állományok N-hiányának pótlására. A levegő szabad nitrogénjének megkötését végző és a talajban szabadon élő baktériumok közül, éppen az előbb említett savanyu kémhatás következtében, az ezzel szemben szintén igen nagy érzékenységet mutató *Azotobacter* működése elégtelenné válik, helyén a jóval kevesebb N-megkötő *Clostridium* igyekszik a hiányt pótolni, de természetesen nem kielégítő eredménnyel. Ezért fontos ebben a vonatkozásban a mikorrhiza-gombák működése.

Egy jó ideig azt hitték, hogy a mykorrhiza gombák közvetlenül a levegő szabad N-jét is meg tudják kötni. Ez a felfogás ma nem tartható tovább. E téren, ha az egyes állományok talajában kedvezőtlen viszonyok útján savanyu kémhatás alakult ki, az erdő a *Clostridium* munkájára lesz utalva. Az erdő N gazdálkodása, de

főleg a nitrifikáció és N kötés szempontjából tehát igen nagy jelentősége van annak, hogy az erdő talaját jól szellőzött állapotban, morzsalékos szerkezetben tartsuk meg és főleg, hogy a különböző állományápolási módszerekkel küzdjünk a humusz elégtelen korhadása és az ennek kapcsán beálló kedvezőtlen talajtulajdonságok kialakulása ellen. Egyébként a N-nek az erdő talajában lefolyó folyamata éppen úgy, mint maga a baktérium élet is, időszakos, periodikus lefolyást mutat, amely közvetlenül összefüggésben van az erdőt alkotó állományok és magának az erdő talajának életét szabályozó domináns biotikus tényezőknek, hőmérsékletnek és víznek az alakulásával. Általában ennek a jelenségnek időszakos lefolyásáról a következőket mondhatjuk:

1./ Az erdőtalaj összes N és nitrát-N-tartalmának időszaki változásait a következő tényezők szabályozzák és befolyásolják: a/ A nitrifikáló, denitrifikáló és N-kötő baktériumok korrelatív számbeli változása. b./ Az állomány és a talajnövényzet N-felhasználása. c./ A képződött nitrátoknak az altalajba való ki mosása. d./ A N-baktériumok tevékenységének intenzitása. e/ A klimatikus tényezők változásai.

2./ Az erdőtalaj összes N-tartalma minimális értékeit szeptember, október és november hónapokban éri el; egy második minimum is mutatkozik február hó folyamán. A legmagasabb értékeit az összes N-tartalom a tavasz folyamán éri el.

3./ A nitrát N-tartalom minimális értékei általában szintén szeptember, október és november hónapokra esnek.

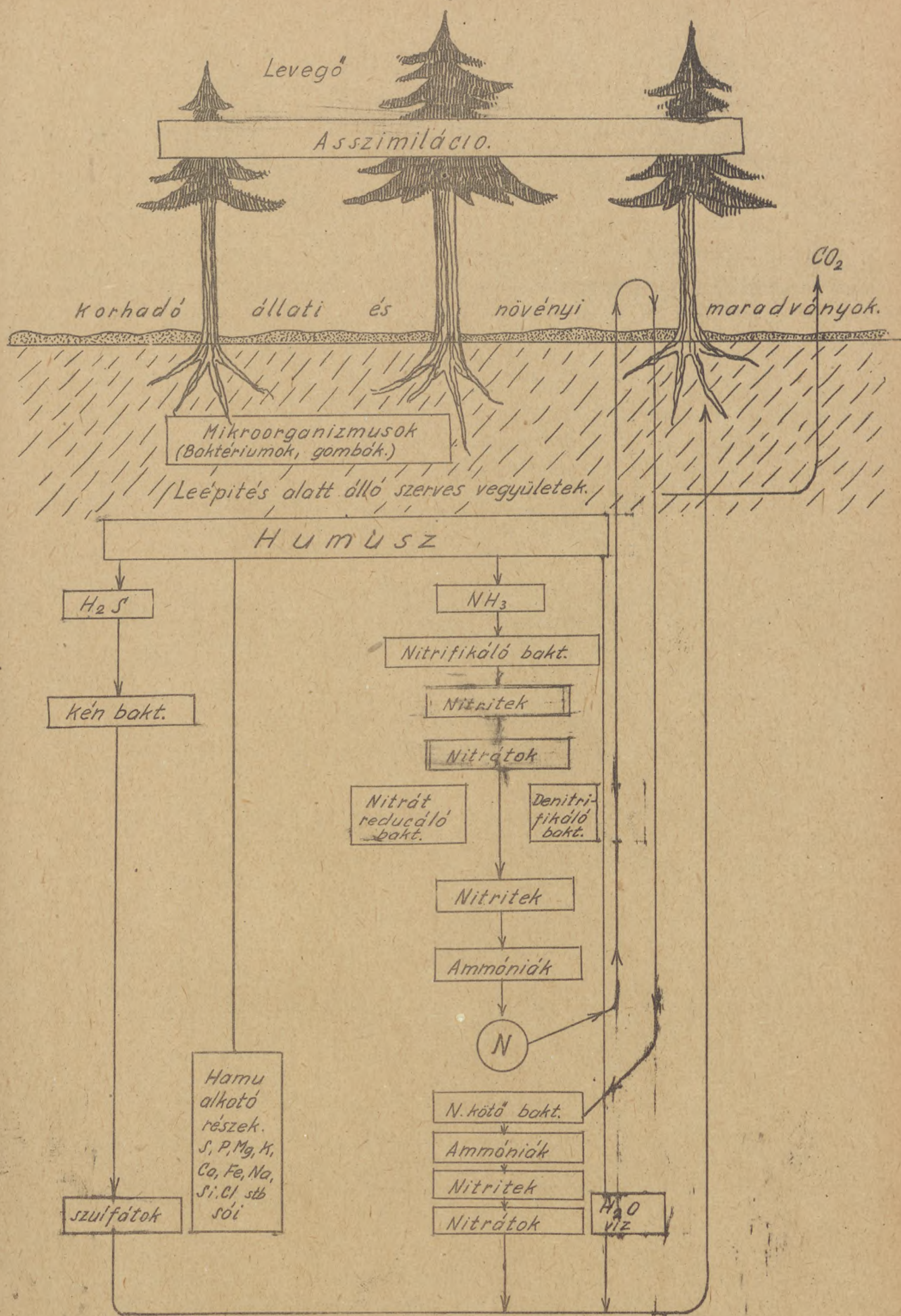
4./ A nitrifikáló baktériumok maximuma csaknem mindig összességileg a denitrifikáló baktériumok minimumával, míg ezek maximuma a nitrifikáló baktériumok minimumával.

5./ A N-kötő baktériumok szeptember hónapban érik el maximális értékeiket, amely jelenség elsősorban a pH-értékek ugyanakkori magas értékeivel magyarázható. Ez a körülmény amint már említettük, világosan bizonyítja a N-kötő baktériumoknak, nevezetesen az Azotobacter-nek a pH-értékek változásai iránti érzékenységet. A N-kötő baktériumoknak ez a maximuma azonban a két N-görbe kialakulásában már nem érezteti hatását, miután ebben az évszakban a megkötött N-mennyiséget az állomány, illetőleg a talajnövényzet nagyon gyorsan elhasználja.

6./ A két N-görbe általános lefolyását nagyjában a következőképpen magyarázhatjuk: a növényzet nyári intenzív életműködésének következménye a N-tartalom őszi minimuma. Azonban ősszel a lombhullás, valamint az aljnövényzet fokozatos elhalása következtében a talaj N-tartalma anyagokban ismét gazdagodik, aminek eredménye a N-tartalom tavaszi maximuma, amely azután az állományok fokozottabb életműködésével mindig jobban kihasználódik és fokozatosan csökken. Ezek után nagyon természetes, hogy a nitrát-N tartalom is ősszel éri el legalacsonyabb értékeit, míg a leg-

magasabb értékei a késő őszi folyamán mutatkoznak, amelynek oka a nitrifikáló és denitrifikáló baktériumok közötti kölcsönhatásokban keresendő. Ez a magas nitrat-N-tartalom azután fokozatosan szintén lecsökken. A nitrifikáló és denitrifikáló baktériumok kölcsönhatásának, valamint a nyári magasabb hőmérséklet folytán a baktériumok fokozottabb életműködésének eredményeképpen a nitrattartalom a nyár folyamán ismét egy maximumot ér el, amely azonban a növényzet fokozottabb életműködése következtében újra hamar lecsökken. A nitrat N-tartalom átmeneti minimuma azután valószínűleg a nitrátoknak az alsóbb talajrétegekbe való mosásával magyarázható.

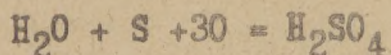
7./ Az erdőtalaj humusztartalma maximális értékeit abban az időszakban éri el, amikor a N-tartalom értékei a legalacsonyabbak. Ez a jelenség magyarázatát valószínűleg abban leli, hogy a humus többnyire C és N-tartalmú organikus anyagokból él és mint-hogy a mykorrhizagombák az organikus N-vegyületeket már mint albumosokat, peptonokat, polypeptideket és aminosavakat felveszik, úgy a humus N-tartalma éppen őszi, amikor az erdőtalaj N-készlete már erősen kimerült, gyorsan felhasználódik. Ennek folytán a humuszban a C-tartalmú anyagok vannak túlsúlyban, amelyek a specifikus vizsgálati módszer következtében a humusztartalom C-ban gazdagabb komponenseinek maximumát jelzik.



A talaj kénbaktériumai.

A fehérjék bomlásakor két tartalmazó vegyületek is jutnak a talajba. A kénnek a talajba való körforgása Beijerinck úttörő vizsgálatai alapján az eléggé ismert mikrobiológiai folyamatok közé tartoznak. A kénhydrogennek $/SH_2/$ kénsavvá való oxidációját a különböző thiobaktérium fajok végzik, amelyeket kénbaktériumoknak is nevezünk.

Sulfatokká való oxidáció, éppen úgy, mint a N oxidációja a kénvegyületek különböző oxidációs fokain megy át. Ennek a folyamatnak lényegét a következő két egyenlet fejezi ki:



A kénnek hasonló oxidációját nagyon sok baktérium faj végezheti. A legközönségesebbek a Beggiatoa, Thiotrix és a Monas fajok, azután a Bact. bovista, Bact. thiogenes stb. A legismertebb baktériumok szintelenek vagy jellegzetes színnel bírnak. A szintelen baktériumok közé tartoznak a Beggiatoa és a Thiotrix félék. A Beggiatoa-félék egyik legjellegzetesebb képviselője a Beggiatoa alba. Ez $2.8 - 2.9 \mu$ vastag és $2.9 - 5.8 \mu$ hosszú szálaikkal képez. A Beggiatoa miranilis egyedeinek keresztmetszete 4.5μ is lehet. E baktériumok protoplazmájában észrevehetőek a finom kén-cseppek, amelyeket a baktérium a testében leválasztott. A Beggiatoa-félék szabadon mozoghatnak és édes vizekben igen nagy mennyiségben fordulnak elő. A Thiothrix-félék nem mozognak, hanem valamely szilárd testhez tapadnak hozzá, szintén hosszú szál alakúak. Ide tartoznak a Thiothrix nivea és a Thiothrix tenuis. Rendkívül nagy a Thiospirillum Winogradsky, amely 50μ hosszú és 3μ széles is lehet.

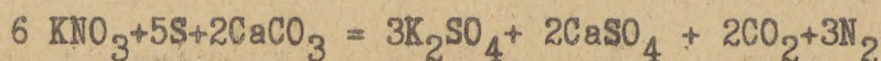
A színes baktériumok között legismertebbek a vörös-színűek. Ilyenek a Monas Okenii, a Monas Warmingii. A testükben levő vörös festékanyag a baktériumpurpurin.

Ismerünk olyan kénbaktériumokat is amelyek a kén nem a testükben választják le, hanem abban az oldatban, amelyben a baktériumok élnek; ezek az Omeliinsky-féle thiobaktériumok. Van azután a thiobaktériumoknak egy csoportja, amely a thiosulfatokat bontja, azonban szabad kén nem válik le, hanem sulfatok, dithionatok és trithionatok keletkezhetnek.

Ujabban a komposztból igen érdekes kénbaktériumokat tenyésztett ki Waksman. Ezek csak elemi kén tudnak kénsavvá oxy-

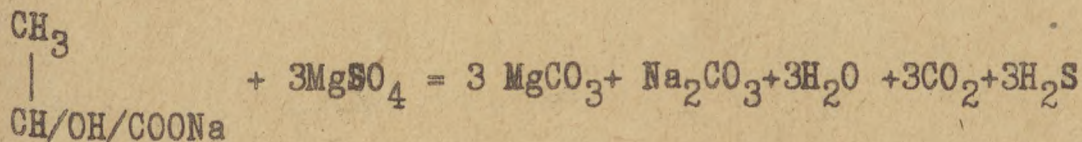
dálni igen ellenálló a talaj savanyuságával szemben, sőt az irányban való érzéketlenségük olyan nagymérvű, hogy kb 1/10 normálsav /ph = 0.8-1.2 / erősséget is elbirnak. Ebben az esetben pedig a talajban levő sav az igen nehezen oldódó tricalciumphosphatokat is fel tudja tártani.

Egyes baktérium-fajok a kén oxydációján kívül még egyidejűleg nitratredukcióra is képesek. A nitratredukciónál nyert oxigént kétségekívül a kén oxidálására használják fel. Ilyen pl. a *Thiobacterium denitrificans*, amelynek működése nagyjában a következő egyenlet szerint folyik le:



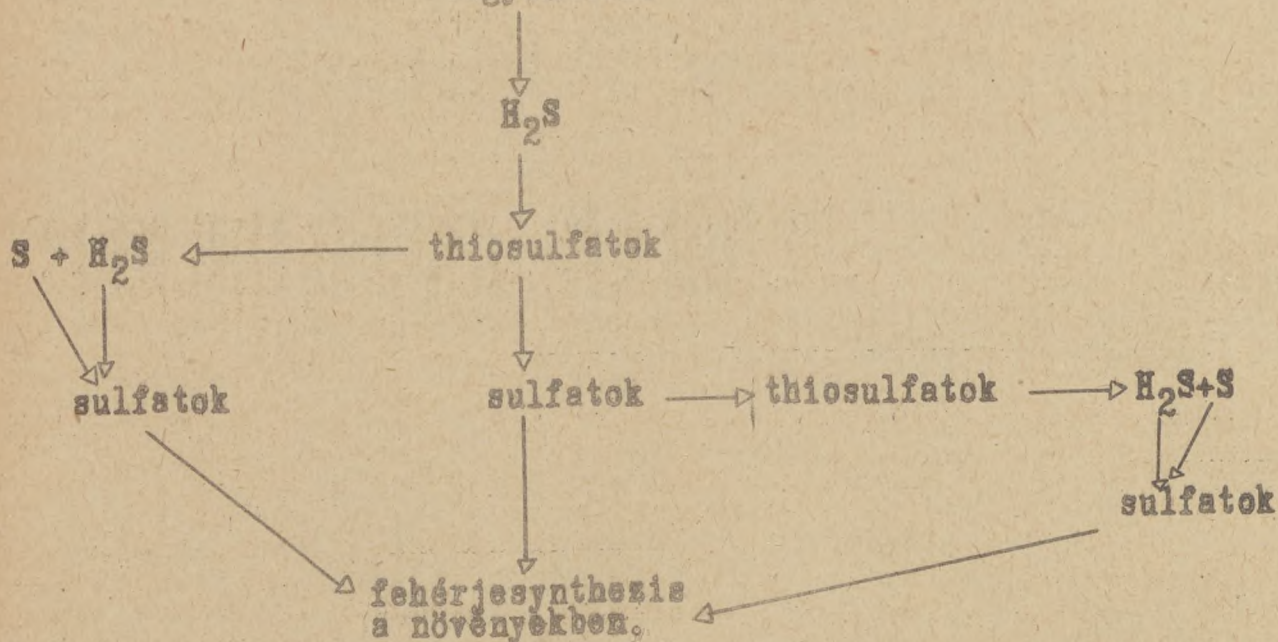
A kénbaktériumok működésének eredményeképpen keletkezett kénsav természetesen *in statu nascendi* a talajban levő bázissal egyesül és a növények számára felvehető szulfátokká alakul át. A keletkezett szulfátokat azonban a denitrifikációhoz hasonlóan, egyes baktériumfajok redukálni tudják. Ezt a folyamatot kénhydrogenes erjedésnek, vagy desulfurációnak nevezzük. Ez tulajdonképpen nem egyéb, mint a szulfátoknak különböző baktériumok hatására szulfitokká, thiosulfátokká, H_2S -és S^{2-} -á való redukciója, amely folyamat alatt itt is intramolekuláris bomlás következtében energia szabadul fel, miután a fenti vegyületek általában endothermikus uton nyerik eredetüket. Ezeket a baktériumokat u.n. desulfobaktériumok néven foglaljuk össze. Idetartoznak pl. a *Bacterium desulfuricans*, *Spirillum desulfuricans* stb. Igen érdekes, hogy más baktériumok, így pl. a talajban rendkívül elterjedt *Bacillus mycoides* anaerob viszonyok mellett szintén redukálja a szulfátokat kénhydrogenné.

Rendkívül érdekes esete a kénhydrogenerjedésnek a *Spirillum desulfuricans* működése, amely ha elegendő szerves tápanyag áll rendelkezésére, a szulfátokból felszabadított O. segít - ségével a tápanyagul nyújtott szerves/tejsavvá, almasavvá és borostyánkőssavvá égeti el a következő egyenlet szerint, ha a baktériumoknak Na-lactát szolgál energiaforrássul. *Vegyületek*



A fentiek alapján a S körforgást a természetben a következő átnézetben foglalhatjuk össze:

Fehérjék és más S-tartalmu szerves
vegyületek.



A fehérjék másik gyakori összetevője a foszfor, amely természetesen nemcsak a fehérjék útján jut a talajba, hanem a talajba jutó elhalt növények és állatok, továbbá a növényi és állati hulladékok szintén tartalmazzak P-t.

A foszfor vegyületek átalakítását előidéző biológiai jelenségek ezidőszáig még teljesen felderítve nincsenek. A korradaskor a P-tartalmu vegyületekből a baktériumok és gombák hatására először átmenetileg bonyolult összetételű P-tartalmu vegyületek keletkeznek, amelyek azután részben biológiai részben kémiai úton tovább bomlanak. A bomlás végső terméke egyes foszfor-savas egyszerűbb vegyületek és PH_3 . Ez utóbbit azután, valószínűleg szintén baktériumok oxidálják foszforsavra, illetőleg ennek sóira, amelyeket azután a növény gyökerei útján fel tud venni.

A talaj vasbaktériumai.

A természet háztartásában rendkívül el vannak terjedve és nagyon fontos szerepet játszanak az u.n. vasbaktériumok, amelyek különösen vastartalmu vizekben fordulnak elő. Működésük felderítése szintén jórésben Winogradsky érdeme. Megtalálhatók azonkívül még a nedvesebb talajokban, amelyek vasat és könnyen bomló szerves anyagokat / ferrohúmatokat / tartalmazzak. Egyike a legköszönségesebb és legjobban elterjedt vasbaktériumoknak az u.n. *Leptothrix ochracea*, amely rendszerint hosszú fonálalaku telepeket alkot, amely fonálalaku telepek az egyes baktériumok összedől-

lása által keletkeznek. Ezt a fonálalaku kolóniát rendszerint egy kocsonyás hártya veszi körül. Egy másik ilyen ismert baktérium a Molisch által leírt *Cladothrix* genus, amely szintén fonálalaku kolóniákat alkot. Idetartoznak azután még a Molisch által *Siderocapsa* névvel jelölt kokkusz alaku mikroszervezetek, továbbá az Ehrenberg által leírt *Gallionella ferruginea*, azután az ismert *Cladothrix fusca* és *Crenothrix polyspora*. Mindezeknek a baktériumoknak közös sajátossága, hogy kocsonyás növényeikben nagymennyiségű vas és mangánvegyületeket halmoznak fel. Winogradsky idevonatkozó vizsgálatai szerint a vasraktározás valószínűleg olyan módon történik, hogy a vastartalmu vizeknek vasoxidul (FeO) tartalmát az élő baktériumtest oxidálja. Szerinte a vasbaktériumok élettani folyamataiban ezen oxidációs folyamatkor szabaddá váló melegenergia nagyon fontos szerepet játszik. Winogradsky nézetével ellentétes állást foglal el Molisch, akinek először sikerült a *Leptothrix ochracea* tisztán kitenyésztenie. Szerinte ennek a mikroorganizmusnak élettani folyamataihoz nem feltétlenül szükséges a vasnak és a mangannak jelenléte és aszerint a vas raktározása ezeknél a baktériumoknál másodlagos jelenség, amelynek élettani fontossága nincsen. Ujabban Lieske vizsgálatai bizonyos fokig Winogradsky-nak adnak igazat. A kérdés még nincsen teljesen eldöntve és dacára annak, hogy a vas raktározása és oxidálása, ill. ennek élettani jelentősége még teljesen tisztázva nincsen, mégis ezeknek a baktériumoknak hatása a gyakorlati élet szempontjából rendkívül fontos. Tömeges felleléstükkel különösen a vízvezetékekben gyakran okoznak károkat azáltal, hogy kocsonyás burkaikkal ezeket teljesen eltömik. A *Leptothrix* viszont a vasoxidhydratekat olyan mértékben raktározhatja, hogy ezáltal különösen nedves helyeken gipszvasérc keletkezik, amelyből vasat lehet nyerni. A vízvezetékekben a viznek vastól és mangántól való megszabadításával védekeznek ezek ellen a károk ellen.

A hamualkotórészek átalakítása.

A fehérjékben lévő kén- és foszforvegyületek bontásáról már szólottunk, most csupán a szervesetlen foszfor és kation vegyületekről ill. azok mikrobiológiai átalakításáról fogunk beszélni. A nehézen oldható foszforvegyületeknek oldható alakúvá való átalakításában, amint ezt a legújabb vizsgálatok bizonyítják, a mikroorganizmusoknak lényeges szerep jut és pedig szerepük lehet közvetlen esetleg valamely enzim közbejöttével, azután pedig közvetve az általuk termelt széndioxid és egyéb szerves és szervesetlen savak oldó hatása alapján. A foszfor körfolyamatában tulajdonképpen valamennyi mikroorganizmus részt vesz, miután testük felépítésénél erre elengedhetetlenül szükség van. A baktériumtest hamutartalmának 50-60 %-a foszfor, míg a hamutartalom egyes baktériumfajoknál a száraz anyag 6-10 %-át is eléri. Ezt a foszformennyiséget testük korhadása után újból visszaadják a talajnak.

A kálium a talajban szerves vegyületek, azután zeolithszerű és zeolithszerű szilikátok vagy egyszerű szervesetlen sók alakjában van jelen. A mikroorganizmusok tevékenysége a kálium körfolyamatában még nincsen tisztázva. Működésük valószínűleg részint

a szerves vegyületekben foglalt kálinak a bontásában nyilvánul meg, részint pedig valószínűleg közvetett ez a bontó munkájuk, amennyiben a zeolithokból felszabadítják a kálit. Káliumra a mikroorganizmusoknak testük felépítésénél elengedhetetlenül szükségük van, tehát a káli mikrobiológiai körfolyamatában valamennyi mikroorganizmus részt vesz. A baktériumok mellett itt valószínűleg a gombáknak nagyobb szerep jut, miután a baktériumtest hamutartalmának 4-25%-át, a gombamycéliumok hamutartalmának pedig 9-40 %-át káli alkotja. Ha istállótrágyával trágyázunk, akkor a kálit oldhatatlan szerves vegyületek alakjában adjuk a talajba; mesterséges kálisókkal való trágyázás esetén oldható szervetlen vegyületek alakjában; míg pl. márgázás esetében oldhatatlan szervetlen vegyületek alakjában jut a káli a talajba.

A calcium mikrobiológiai körfolyamatában szintén valamennyi mikroorganizmus részt vesz, miután testük felépítéséhez calciumra feltétlenül szükségük van.

Az állatvilág és a talaj.

A talajban élő állatvilág vagy olyan, mely mindig a talajban él, mint pl. a földi giliszták, vagy pedig olyan, amely a talajban csak a teljes kifejlődésig tartozkodik s azután rovar alakjában távozik el a talajból.

A talajban élő alacsonyabbrendű állatok közül, amelyek mindig a talajban élnek, a Protozoák, a Rotatoriák, a Nematodák, az Oligochaeták / földi giliszták / a Polychaeták, az Enchytraeidae és Arthropodák a fontosabbak, amelyek szerepéről a talajban, már nagyrészt tisztában vagyunk.

A talaj állati véglényei /Protozoa/ Csak a talajkutatás terjedelmesebbé válása és alapossága derítette ki a legutolsó évtizedekben azt, hogy a termőtalaj is nemcsak rengeteg alsóbbrendű, egysejtű állati véglénynek / Protozoa / nyújt életteret / biotop /, hanem ezek a fajok némelykor olyan nagy egyed számban is megjelenhetnek, hogy számuk sokszor a nagy tömegben fellépő bakteriumok számát is elérheti.

Az állati véglényekre - tudjuk - az jellemző, hogy testüket egész életükön át egyetlen egy sejt alkotja.

Különösen akkor kezdődött meg az állati véglények kutatása, amikor a termőtalaj termékenységének problémája izgatta a kutatók gondolkodását. Ekkor fordult a figyelmük a protozoák felé is.

Már ezekből a kutatásokból is kiderült, hogy főleg a nedves földben egész sora fordul elő azoknak a véglényeknek, melyek aktív életet élnek a talaj parányi részecskéi között és a részecskéket átítató vizrétegekben. Természetes, hogy a véglényeknek csak olyan fajok élhetnek meg a talajban, amelyek természetüknek megfelelően igen csekély nedvességgel is megelégszenek. Ezen az életfeltételén kívül is azonban csak olyanok élhetnek meg, amelyek a talaj gyors kiszáradása következtében gyorsan betokozódnak, azaz nagy mértékben összezsugorodott testüket kemény burokkal veszik körül, mely testüknek teljes kiszáradását megakadályozza. Ezt a tokot, ill. a véglény betokozódott állapotát cysta-nak nevezzük. Minden véglény képes arra, hogy a cysta-állapotban sokszor nagyon hosszú ideig láppangó életet / anabiosis / élve átcéloljon a legnagyobb fokú szárazsággal is. Ilyen cystát, ha szabadra kerül, könnyen szárnyaira kaphat a szél s fínom por szem alakjában messze elröppítheti s új élettérbe juttathatja. Ebben az állapotban terjednek el az állati véglények a föld minden helyén.

Tokos /cysta/ állapotban nemcsak a pusztulást jelentő kiszáradástól menekülnek meg a véglények, hanem a legszélsősége - sebb hőmérsékleti ingadozásokat, különleges kémiai változásokat is eltűrnek, mert a tok kitűnően megvédelmezi minden ártó káros hatástól.

Amikor azután újra megfelelő hőmérsékleti viszonyok között megfelelő nedvességbe kerül a betokozódott véglény, akkor a nedvesség hatására a tok felreped vagy megpuhul és az állat rövid időn belül újra élheti saját igazi életét. A betokozódott állapotból elevenné váló válás sokszor hihetetlen gyorsan megtörténhetik. Megfigyeléseink szerint egyes gyökérlábu véglények /Rhizopoda/ tokjai langyos vízbe jutás után már tíz perc alatt átalakulnak s ez idő leteltével az állatkák vigan mozognak tovább, mintha nem is töltöttek volna el hosszú időt a lappangó élet állapotában.

A véglényeknek ez a sajátos életmódja magyarázza meg azt, hogy a talajban rendszeren igen nagy számban találunk betokozódott egyedeket. Különösen télen, amikor a talaj nedvessége jéggá fagyott s az egész talajréteg az átfagyottság állapotába dermed, akkor az állati véglények is tokos állapotban, mint cysták várják meg az életüknek megfelelő körülmények bekövetkezését. De nagyon sok cystát találunk nyáron is, főleg a nem öntözött, teljesen kiszáradt talajokban.

Látható ebből, hogy a protozókák a talajban kétféle állapotban találhatók meg: 1. eleven állapotban s ezeket aktív protozókáknak nevezzük; 2. /betokozódott állapotban, s ilyenkor cystáknak mondjuk őket. Természetes, hogy a termőtalaj életében csak az aktív protozókák játszhatnak szerepet a cysták csak annyiban lehetnek esetleg hasznára a talajnak, amennyiben cysta-állapotban elpusztulnának s így hullákkal gyarapítanák a talaj szerves anyagának mennyiségét.

Már a szisztematikai irányban dolgozó talajbiológusok is megállapították, hogy a protozókáknak három osztályába tartozó fajok fordulhatnak elő a talajban. Egygyakoribbak a Gyökérlábuak /Rhizopoda/ amelyeknek legközönségesebb fajok az Amöebák.

Ezek a legalsóbbrendű véglények igen egyszerű alkotásúak. Testüket kevésbé differenciálódott protoplasma építi fel. Alakjuk nem állandó. Állabakkal /pseudopodium/ változtatják helyüket s lassu gördülő mozgással haladnak előre. Kevés nedvességgel megelégszenek s kétségtelen, hogy legtöbb esetben aktívan élnek a talajban.

A Protozókák másik osztályának, az Ostoros véglényeknek /Flagellata/ fajok már csekélyebb mennyiségben találhatók. Közöttük a zöld Euglenák szerepelnek gyakrabban, de tapasztalataink szerint csak akkor élnek aktív életet, ha a talaj nedvessége magas fokú.

A harmadik osztályba a csillangós véglények /Ciliata/ tartoznak. Ezek is gyakran megtalálhatók a talajban. Magas foku nedvességet kívánnak meg s így aktív állapotban csakis bőséges talajnedvesség mellett élnek.

A protozókák előfordulása a talaj minőségétől függ. Erősen szikes talajban csak néhány Amöbä-fajt és Euglenát találunk. A laza homokos talajban sok protozöa él, de azok a fajok, melyek gyors betokozódásra képesek. Agyagos talaj szintén kevesebb véglényt tartalmaz. Legnagyobb számban élnek az olyan humuszos talajban, amelynek savanyúsága nem magas foku. Az erősen trágyázott talajban hirtelen magasra szökik a véglények száma.

Ami a talaj-protozókák számát illeti. Cutler 1 gramm földben a cystákkal együtt 100-50.000 Amöbät, 1000-100.000 ostoros véglényt s legfőljebb 1000 Ciliatát mutatott ki. Viszont Francois-Pérey, aki más tenyésztőtalajt használt, mint az előbbi kutató 1 gramm kerti talajban 1.193.000 protozót számlált meg.

Az erdőtalaj protozoáinak vizsgálata alkalmával mi egyes soproni erdők talajában 50.000 protozót is találtunk, mint maximális számot, melynek éppen a fele aktív, a másik fele pedig cystaállapotban levő protozöa volt. Volt azonban idő, főleg nyáron, amikor egyetlen aktív véglényt sem találtunk.

Látható, hogy a talajprotozókák száma nagyon ingadozó.

A protozókáknak vertikális-mélyiségi-előfordulásáról még nagyon keveset tudunk. Természetes, hogy ez a talaj minőségétől függ. Francé szerint a rendes humuszos talajban 1 m mélységig lehet protozókát találni éppen úgy, mint baktériumokat. Legnagyobb mennyiségben azonban mintegy 5 cm mélységben találhatók. Ettől lefelé haladva számuk állandóan csökken.

A talajlakó véglények biológiai szerepe. Az állati véglényeknek a talaj életében elfoglalt szerepét az eddigi vizsgálatok teljes biztonsággal még nem tisztázták. Nagyon vitatott kérdés, vajjon hasznosan vagy károsan hatnak a talaj termékenységére, avagy teljesen semlegesek.

Sokan azt hiszik, hogy a talajprotozókák különösen a nitrít és nitrátbaktériumok működését befolyásolják, amennyiben ezeket a baktériumokat pusztítják táplálkozásuk alkalmával. Ezzel természetesen károsan hatnak a talaj életére, mert az értékes nitrátmennyiséget csökkentik. Am ez a nézet még nem nyert kétségbevonhatatlan bizonyosságot.

Hasonlóan eldöntetlen még a mintegy másfél évtizeddel ezelőtt felállított az az elmélet is, mely a talajvéglényeket felelőssé teszi a talaj kifáradásáért. Ez az elmélet Russeletől származik.

A talajban élő protozoák szerepét a velük foglalkozó kutatók különösen a talajbaktériumokkal szeretik összefüggésbe hozni. Csaknem minden kutató azt a legfontosabbnak tartott kérdést tűzi maga elé, hogy milyen kölcsönös hatással vannak egymás életére, a talaj protozoái és baktériumai. Erre a kétségtelenül nagyon fontos és érdekes talajbiológiai kérdésre azt vallják, hogy a talajban élő protozoák rendes körülmények között betokozódott állapotban vannak s így természetesen semmiféle hatással sem lehetnek a velük együtt élő baktériumokra.

Ezzel az elmélettel szemben állnak az ujabban intenzíven és nagyon szép eredménnyel dolgozó orosz talajbiológusok is. Ez az iskola hangoztatja, hogy a talajban rendes körülmények között tekintélyes mennyiségű aktív protozoa él, melyek éppen a baktériumokkal táplálkoznak s így ezeknek számát tetemesen megcsökkentve a talaj termékenységére annyira fontos baktériumok számát károsan csökkentik. Sikerült is ujabban kimutatni, hogy a talaj baktériummennyisége fordítva arányos annak protozoa-faunájának tömegével.

Röviden összefoglalva: az egyik elmélet a talaj protozoáinak nem tulajdonít nagy fontosságot a talaj és azt borító növényzet életében; a másik iskola ellenben - éppen ellenkezőleg - igen nagy fontosságot tulajdonít neki. A legújabb kutatások az utóbbi nézetet igazolják.

A talajprotozoákra sikerült kimutatni - szintén az egész éven át történt vizsgálatokkal - hogy megjelenési számuk maximumát valóban késő ősszel éri el, még pedig november és decemberben. Ettől az időtől kezdve számuk rohamosan csökken márciusig, majd lassan emelkedik a július augusztusban egy második maximum jelentkezik, de az elsőnél, a "főmaximumnál" sokkal gyengébben. Ezután megint csökkenés áll be s októbertől, a lombhullástól kezdve, hirtelen emelkedik a szám.

Ezzel szemben a talaj összbaktériumainak száma késő ősszel és télen a legalacsonyabb, míg tavasszal és nyáron erősen növekedik, hogy körülbelül júliusra elérje a maximumot. Ettől kezdve megint csökken a baktériumok száma.

Tehát a baktériumok élete egyáltalában nem függ a talaj protozoáitól, viszont a talaj protozoák élete sincs a baktériumokéhoz kötve. Utóbbiak sokkal szárazabb talajokban is élnek szaporodásukkal bizonyosságot tesznek arról, hogy igényeikben és életszükségleteikben kevésbé kényesek, mint a talaj protozoái.

Figyelembe kell vennünk, még azt a körülményt, hogy az őszi lombhullás idejében a talaj növényeinek egy része elpusztul s az áttelelő növények is beszüntetik nedvesség felszívó munkájukat. Így a talaj víztartalmának állandósága jobban biztosítva van, ami talajlakó véglényekre csak hasznos lehet.

A talajlakó véglények faji megjelenésére vonatkozólag igen keveset tudunk. Vannak olyan fajok melyek egész éven át megtalálhatók; tehát minden időszakban, kivéve természetesen a befagyott talajállapotot, aktívan élnek. Viszont sok olyan faj is van, melyek csak meghatározott évszakban tenyésznek. Ezek leginkább mohokon tartózkodnak, anélkül azonban, hogy a mohokból élnek, tehát nem paraziták. A talajban élő Rotatoriák többnyire olyan fajok, amelyek azok Bdelloida -rendjébe tartoznak.

Nagyobb jelentőségűek a talajban a Nematodák, miután a talajban igen nagy mennyiségben fordulnak elő és így valószínűleg a talaj szellőzésénél és porhanyósításánál működnek közre, ha ugyan újabb vizsgálatok még más szerepüket nem fogják tisztázni. A talaj Nematodák nagy része valószínűleg semiparazita, amelyek ugyan a növényi gyökekhez kapcsolódnak, de a gazdasági növényeket nem károsítják. Hosszuságuk 0.5-5 mm. között változik. Vannak olyan Nematodák, amelyek valamennyi talajban előfordulnak, ezek az omnifag változatok, viszont olyanok is léteznek, amelyek csak bizonyos talajnemekben fordulnak elő. Sok közülük igen ellenálló a tél hidegével szemben, sok pedig a nyári nagy szárazságot és meleget jól kibírja.

Az állandóan a talajban élő alacsonyabbrendű állatok között tagadhatatlanul első helyen állanak a földi giliszták/lumb-ricidák/. Ezek az Oligochaeták rendjébe és az Annaelidák nagy csoportjához tartoznak. Észak-Amerikában és Európában legjobban van elterjedve a Lumbricus terrestris, amely 35 cm hosszúságot is elérhet. Rajta kívül a mezőgazdasági talajokban az Allolobopora longa, A. caliginosa, míg erdei talajokban az A. eiseni, A. constricta fordul elő. Forró égő alatt sokkal hatalmasabb példányok fordulnak elő. Így Ausztráliában a Megascolidák-hoz tartozó földi giliszták 2 m hosszúak és 2-3 cm az átmérőjük. Madagaszkár szigetén is él egy 80 cm hosszú giliszta, a Kynotus darwini.

A gilisztáknak nincsenek külön lélegző szervük, hanem úgy látszik az egész testükkel lélegzenek. A talajokban igen elvannak terjedve, de azért a számuk a különböző talajnemeknél nagyon hullámzik. Előszeretettel szaporodnak el üde, esetleg nedvesebb humuszos vályog-és agyagtalajokban.

A földi giliszták hozzáidomultak a talaj nedves levegőjéhez és mihelyt ez a nedves talajlevegő hiányzik valamely talajrétegben abból a giliszták el is tűnnek. A giliszták az általuk készített csövekben tartózkodnak és csak éjjel vagy melegebb nyári eső után másznak ki a talaj felületére. A nyári hónapokban, ha a legfelső talajrétegben elég a nedvesség, akkor a legtöbb giliszta a legfelső 30 cm-es talajrétegben tartózkodik. Mihelyt a szárazság bekövetkezik, vagy pedig hidegebb idő áll be, azonnal mélyebb rétegekbe húzódnak vissza. A kisebb giliszták 1.5 m-re, a nagyobb giliszták /Allolobophora mariupoliensis/ egész 8 méterre furódnak be a talajba.

A giliszták a talajban mindenféle organikus anyagot felfalnak, azonban leginkább szeretik fogyasztani a lombok hullott leveleit és pedig elsősorban a gyertyán leveleit. A leveleket a giliszták a földrészekkel együtt falják fel, miáltal a gyomrukban enzimek hatása alatt az organikus anyag erős bomláson megy keresztül, de ugyanakkor a gyomorban és bélben a földes ásványi részekkel is jól összekeveredik. A giliszta testéből eltávozó ürülék egynemű tömeg, amelyben igen sok mikroorganizmus van, amelyek a talajban is tovább működnek. A működésük hatása a talajban elsősorban a számuktól függ. Így Darwin angol legelőkön hektáronként 67.000 gilisztát becsül, Hensen szerint kerti talajban a számuk 133.000-re emelkedik. Erdőben a számuk valamivel kevesebb /60.000/. Ha figyelembe vesszük azt, hogy Bassalik szerint egy giliszta havonta 1-3 g száraz levélanyagot fal fel, akkor elképzelhetjük, hogy milyen nagy a giliszták szerepe a talajban az organikus anyag átalakulásánál. A giliszták a felfalt organikus anyagot az ürülék alakjában újból kiadják és ürülék kupacokat alkotnak vagy pedig az általuk furt csöveket kitöltik az ürülékkel, vagy pedig ezen csövek falait az ürülékkel kitapasztják.

Az ürülék mennyisége, amint a giliszta magából kiad, igen nagy mérvű lehet, és az ürüléket az állat, a földből kivetett csöveinek végére, kupacok alakjában halmozza fel. Ilyen kupac nálunk 1-2 cm nagy s forró égő alatt 15 cm magasságot érhet el.

Darwin szerint hektáronként és évenként 17-5-45 tonna talajt szállítanak el a giliszták miáltal a különböző talajrétegek egymással összekeverednek. Stöckli vizsgálatai Darwin megállapításait igazolják, amennyiben kimutatta, hogy egy m területre a giliszták évenként 2-1-8-6 kg földet hoznak ki a talaj felületére. A giliszták ezen szállító működése legerősebb április és október hónapokban.

A giliszták működésükkel a talajban az organikus részeket összekeverik az ásványi részekkel, továbbá növelik a talajok szellőző, -azután pedig a talajok vízvezető képességét; a mennyiben a gilisztajáratok, a hirtelen erős csapadék vizét elvezetik. Ezeken a gilisztajáratokon a növények gyökerei gyorsan nagyobb mélységbe juthatnak és száraz évszakban gyorsabban megközelíthetik a talajvizet.

Akár milyen nagy jelentőségűek is a földi giliszták a talajok termőképességének kialakulásánál a mérsékelt éghajlat nedvesebb mezősgéi területein, azért még sem állítható az, hogy nélkülözhetetlenek a talajban, mert vannak igen termékeny nagy területek, amelyekben egyáltalában nincsenek giliszták, mert ezekben a talajokban nem tudják megtalálni a szükséges életfeltételeket.

Az Oligochaeták-hoz tartoznak az Enchytraeidák is, amelyek 3-40 mm hosszú, fehér, sárgás és vöröses színű, a Lumbricidákhoz hasonló vékony gilisztaszerű férgek, amelyek a talajban

hihetetlen mennyiségben szaporodnak el, különösen hogyha a talaj kellő nedvességi állapotban van. A számuk 1 m² területen 150.000-t is kitehet. Nyáron, ha szárazság uralkodik, kevés van belőlük a talajban, őszkor van a legtöbb belőlük. Az újabb vizsgálatok az Enchytraeidák-nak a humusz képződésnél szánnak nagyobb szerepet, mert állítólag ezekben a férgekben két igen sok válladékokat leadó mirigy van mely válladék a növényi maradványokat erősen támadja és így gyorsan képződik a humusz.

A rovarok között a talajban a humuszképződés körül a *Podura villosa* nevű 3-5 mm hosszú kis rovar szerepe fontos, amennyiben a leesett lomb között végzi életműködését. A többi rovarok között a termiták fejtenek ki figyelemre méltó működést a talaj szerkezetének megváltoztatásánál.

A talaj képződés az organikus anyag elbomlása szempontjából a forró humid éghajlat alatt legelső helyen a termiták állanak, amelyeket helytelenül fehér hangyáknak, neveznek, holott ezek egy egészen más állatcsaládhoz tartoznak. Ezek a termiták hatalmas több méter magas építményeket készítenek, amelyek belseje közökkel vannak tele. Ezekben az építményekben a levegő érintkezik a földdel, amelyből készültek és ilyen módon a talaj erősen oxydálódik és rendszeren megvörösödik.

Ezek az állatkák még a legnagyobb ledöntött fát is 2 éven belül teljesen kifurják és felfalják, úgy, hogy csak a vékony kéreg marad vissza, amely összeomlik.

Hogy az anaerob mikroorganizmusok a termelt sok organikus anyag dacára, nem képezhetnek humuszt, ennek elsősorban a termiták az okai, mert ezek az organikus anyagot elpusztítják.

Az újabb vizsgálatok mindjobban kiemelik a hangyák szerepét a talaj átalakulásánál. A hangyák a talaj átalakításánál háromféle módon működnek közre. 1. Nitrogéntartalmu anyagot kevernek a talajba. 2. Megváltoztatják a talaj vízvezető és levegőátbocsátó képességét, amennyiben a talajban kiterjedt járatokat folyó sokat alkotnak. 3. Hatalmas földtömegeket szállítanak el egyik helyről a másikra.

A nitrogéntartalmu organikus anyagot, a hangyák a talajban olyan módon növelik, hogy a fészükben raktározzák az állati származásu anyagokat, amelyeket pl. a rablóhadjáratoknál zsákmányolnak. De növényi származásu magvak is kerülnek bele a hangyák fészkébe. Vannak olyan hangyafélék is, mint pl. a különböző levélrágó hangyák / *Atta*-félék/, amelyek a fészükben egy gombát tenyésztenek, amely gombának tápanyaga, a hangyák által összegyűjtött levelekből áll és ezért ezek a hangyák rengeteg ilyen összegyűjtött levelet halmoznak fel a fészükben. Ezen az organikus anyagon nő már most az előbb említett gomba, amelynek levegőmyceliumait a hangyák leharapják, miáltal rengeteg apró nitrogéntartalmu buncós képződmény fejlődik, amely képződményekből ezek a hangyák élnek.

A hangyák nemcsak a közismert, kisebb-nagyobb nagy - ságu hangyabolyokat készítik, hanem a föld alatt is kiterjedt turó- és turómunkát végeznek. Különösen félsivatagi területeken tűnnek ki a hangyák azáltal, hogy nagy mélységbe befurnak a talajba és az alsó talajrétegeket a felső talajrétegekkel keverik össze.

A cserebogár pajodja a talaj felturásával ugyan némileg kedvezően befolyásolja annak szerkezetét, de viszont rendkívül káros a növényzetre. A pajodok közlekedése nem alagutszerű, mint a gilisztáé, hanem ennél sokkal primitívebb, de igen érdekes. Előrehaladtukban maguk előtt a talajból csomót formálnak és ezt lábaikkal hasuk alá vonva, fajtuk keresztül vetik magukat. Ezáltal természetesen lazítják a talajt.

A magasabbrendű állatok közül a rágcsálók /Rodentia/ a vakond és a háziállatok lehetnek látható hatásai a talajra. A rágcsálók közül az erdei humuszban és a szántóföldben az egerek üregeket készítenek és ezáltal a talaj viztartalmát és szellőztetését szabályozzák. Ezek az állatok különösen nyers humusszal bíró bükkösökben a humuszt sokszor egészen az ásványi talajréteggig átlukasztják.

A rágcsálók közül az üregi nyul hatásáról csak annyit jegyzünk meg, hogy helyenkint a talaj nagymérvű átturása által valósággal természeti csapással válhatott.

Igen nagy, mondhatni egyedül álló szerepük van az állatoknak az orosz tschernosen kialakulásánál. Itt elsősorban a különböző rágcsálók szerepelnek. Ezek az állatok, amelyek különösen akkor fordultak elő nagy tömegben az orosz mezőségen, mikor még ezek a hatalmas területek évszázadok óta művelés nélkül voltak, a talajban különböző mélységben álvó kamrákat készítettek, amelyekből több folyosót vezettek a talaj felületére, miáltal a talajt keresztül-kasul furták és az altalajból a földet a talaj felszínére hozták, ahol kis földturásokat készítettek. Ha már most a talaj felszínét felszántják, a fekete színű feltalajban ott vannak ezen kis turások jellemző sárga foltok alakjában, amelyek a mezőségi talajnak különös tarkaságot kölcsönöznek.

A vakond/ *Talpa europaeae*/ Európában, Ázsiában, Észak-Afrikában igen elterjedt földfúró állat. A föld alatt fészket készít magának, amely fészkekből földalatti folyók vezetnek ki. Ezeket a folyókat a vakond naponta többször végig járja és a folyókba bekerült rovarokat, gilisztákat felfalja. A folyók kerti földben 10-20 cm, kaszálókon 20-40 cm mélységben fekszenek. Télen a vakond 40-60 cm mélységben furja a meneteit. Igen gyorsan dolgozik a talajban és állítólag naponta 10-20 méter hosszú szuszágú folyosót is készíthet. Még gyorsabban dolgozik az észak-amerikai vakond, a *Scalops aquaticus*, amely a meneteit pontosan a talaj színében készíti, miáltal a folyosó felső fala kiemelkedik a talajból és ezért működése jól megfigyelhető. Így kimutatták, hogy 60-70 méteres folyosót készíthet 24 óra alatt. Ha figyelembe vesszük azt a nagy munkát, amit a vakond végez, nem tagad -

hatjuk, hogy a felső és alsó talajréteg összekeverésében nagyobb számu előfordulása esetén, a vakond fontos tényező. Újabb vizsgálatok sajnos igazolják a régebbi felfogást is, hogy a vakond káros hatást fejt ki, mert nagymennyiségű földi gilisztát fal fel és úgy látszik elsősorban ezekre vadászik.

A házi állatok az erdei falajra inkább károsak, mint hasznosak, különösen lejtősebb területeken a tulhajtott legeltetés által nemcsak a vegetációt teszik tönkre, hanem ami a legnagyobb baj, a talajt elkopárosítják, mint ahogy ez a magyarországi kopár legelőknél látható. Egyes esetekben a vaddisznó, de különösen a szelíd disznó hasznosan befolyásolja a legfelső talajrétegeket, így különösen vastag nyers humusz takaróval bíró bükkösökben a kemény, tömör takarót feltörik és felturják, miáltal a makk a termőtalajba kerülhet és kicsirázhat. Olyan bükkösökben, ahol a nyers humusz még csak kezdődő stádiumban van, a házi disznóknak az erdőbe való behajtása a természetes felujitást segíti elő.

A talaj kimerültségéről.

Intenzív módon kezelt talajoknál / kerti talajok, azután üvegházi kulturáknál, szőlőknél / nem ritka jelenség, hogy a termesztett gazdasági növényeknél, dacára annak, hogy a talaj fizikai tulajdonsága elsőrangú, nem is szólva a talaj nagyszerű tápanyagtartalmáról, hiszen az ilyen talajokat istálló és műtrágyával a szó szoros értelmében telítik, hirtelen csökken a termés hozam, úgyhogy a növény további termelését meg kell szüntetni, mert különben a gazdálkodás erős ráfizetéssel járna. Ezt a jelenséget, amelynek valódi okát még teljesen megérteni nem tudjuk, a talaj kimerültségének nevezzük. Miután valószínű, hogy más okokon kívül ezt a jelenséget a talajban a növényi és állati származású organizmusok rendellenes kialakulása idézheti elő, azért ezt a jelenséget itt a talaj biológiájával kapcsolatban röviden tárgyaljuk. Hogy a talaj kimerültségét elsősorban biológiai kapcsolatba hozták azzal magyarázható, hogy üvegházakban, amelyekben ezt a jelenséget legtöbbször észlelték, észrevették azt, hogy olyan parcellák, amelyek ezt a jelenséget nem mutatták és amelyekben a növényzet nagyszabályúan fejlődött, ha őket abból a talajból oltották be, amely talajon a talajkimerültség mutatkozott, akkor bizonyos idő múlva a beoltott talajon is jelentkezett a talaj kimerültsége. Russel-nek és tanítványainak kutatásai aztán valóban bebizonyították azt, hogy az ilyen üvegházi talajban nagy mértékben szaporodtak el az úgynevezett baktériumokat felfaló protozoák és azok elpusztították a hasznos mikroorganizmusokat. Ha figyelembe vesszük, hogy a talajban élő összes organizmusok egy nagy életközösséget alkotnak, amelyben bizonyos egyensúly van, akkor megérthetjük, hogy az esetben, ha az organizmusok közül egyesek, a többiek rovására erősen elszaporodnak, a talajban megbomlik az egyensúly, ami azután a talaj kimerültségét vonja maga után. A talajkimerültség ezen változata ellen úgy védekeznek, hogy a talajt formalinnal, szénkénnel, benzinnel, benzollal, tetrachlormethannal kezelik. Erre a védekezési módra úgy jöttek rá, hogy észrevették a szőlők szénkénegezése után, hogy azok erős fejlődésnek indultak, mintha erős nitrogén trágyát kaptak volna. Az erős fejlődés azzal magyarázható, hogy a szénkéneg a talaj szervezeteit megölte, ezek teste bomlásnak indult, miáltal a talajban hirtelen felszaporodott a könnyen felvehető nitrogén és ezzel magyarázható az erőteljes növekedés. Ezt a megfigyelést vették alapul, mikor a talaj fáradtsága ellen szénkéneget és a többi előbb említett anyagot alkalmazták, amikor valóban megszűnt a talaj kimerültsége és a növények újból erőteljesen fejlődtek. Hogy a talaj mérgezésével a hasznos baktériumok is részben elpusztulnak, nagyon valószínű, de feltételezzük azt is, hogy egy részük ellenállóbb, mint az előbb említett protozoák és ha ezek elpusztultak a talajban, akkor a megmaradt baktériumok erőteljesen szaporodnak, amely szaporodást természetesen elősegítik az elhalt szervezetek organikus maradványai is.

A talaj kimerültségét úgy is magyarázták, hogy a termelt növények elhalt részei termelnek olyan anyagokat, amelyek miatt a növények fejlődni nem tudnak. Eza magyarázat már azért sem

valószínű, mert a vadul növény dudvák évről-évre újból kinőnek, pedig az ő növényi maradványaik szintén a helyszínen maradnak.

Ismerjük a talaj kimerültségének egy más változatát is, amely az előbb tárgyalt kimerültséggel nincs összefüggésben. Habár ez esetben káros baktériumok idézik azt elő. Így pl. sok talaj a borsóval szemben kimerültséget tanúsít és ilyen talajon nem lehet borsót termelni. A talajban el szoktak néha szaporodni a vajsavbontó baktériumok is, amelyek a csirázásban lévő borsót támadják meg és a borsó fejlődését megakadályozzák. Viszont más hüvelyesek kitűnően fejlődnek. Itt a védekezés abból áll, hogy változtatjuk a gazdasági növényeket.

Ismerjük továbbá azt a talajkimerültséget is, amely úgy jön létre, hogy valamely gazdasági növényt hosszú éveken keresztül ugyanazon a területen termesztettek. Ezt a kimerültséget azzal magyarázzák, hogy a talajban a növény bizonyos mérges anyagokat termel, amelyek azonban más növényekre nem hatnak. Tehát ilyen esetben is a gazdasági növények változtatásával védekezünk a baj ellen.

Vannak azután olyan talajkimerültségi esetek is, amelyeket pl. a szőlőművelésnél észlelnek és amelyekre ezidőszert még nincsen megfelelő magyarázat.

A talajnak az a kimerültsége, amely úgy keletkezik, hogy valamely fontos tápanyag elvész a talajból, az előbb említett esetekkel nincs összefüggésben, miután az egyszerű trágyázási probléma.

A talaj mikroorganizmusainak számbeli vagy minőségbeli meghatározása.

A közvetlen mikroszkópiai számlálást Conn alkalmazta először. Ennek lényege abban áll, hogy ismert töménységű talajemulsióknak ismert mennyiségét megfelelő festékkel való kezelés után négyzetekre osztott tárgylemezre hozunk, egyenletesen szétterejtjük, rögzítjük és a mikroszkóp alatt egyenlő területű látómezőkbe osztott tárgylemezen megszámláljuk a baktériumokat. Ennek az eljárásnak, eltekintve attól, hogy az elhalt baktériumtesteket az élőktől nem lehet megkülönböztetni. Egy másik ilyen közvetlen módszer Rossi módszere, aki a megnedvesített talajra nyomja a tárgylemezt, majd rögzítés és festés után, mikroszkóp alatt vizsgálja. Ez inkább minőségi határozásra alkalmas. Cholodny a tárgylemezt a talajba helyezi, ahonnan egy-két hét múlva kivéve, megfelelő rögzítési és festési eljárások után mikroszkóp alatt vizsgálja. Ennek az eljárásnak előnye, hogy így a tárgylemezhez természetes helyzetben odatapadt mikroorganizmusok telepeit figyelhetjük meg.

A talajbaktériumok tenyésztésére vonatkozó eljárások.

A talaj bakterológiai kutatásának mai fejlettsége mellett különbséget kell tennünk a baktériumok összes száma és a különböző u.n. fiziológiai baktériumcsoportok, ill. az azokban képviselt baktériumok száma között. Az összes baktériumszám tulajdonképpen a baktériumélet tevékenysége szempontjából nem tájékoztat mindig eléggé részletesen bennünket. A talaj baktériumflórája rendkívül sok fiziológiai folyamatot végző, részben saprophyta, részben pedig autotroph életmódot folytató baktériumfajból van összetéve. A talaj összes baktériumszámában ezek, mint nyers tömeg bent foglaltatnak, de viszont valószínű, hogy a talaj összes baktériumszámát kimutató eljárások tulajdonképpen csak a saprophytaflórát határozzák meg, úgyhogy a fiziológiai baktériumcsoportok kimutatására külön az u.n. differenciális tenyésztési eljárásokat kell alkalmaznunk.

A talaj összes baktériumszámának meghatározására 3 módszer áll rendelkezésünkre. Az első módszer a közvetlen mikroszkópi vizsgálat, a második a bizonyos körülmények között tartott talaj többszöri quantitativ kémiai vizsgálata, a harmadik módszer pedig a tenyésztési eljárás. A közvetlen mikroszkópi vizsgálat lényege abban áll, hogy a megvizsgálandó talajt a tárgylemezen festékekkel kezeljük, azután egyenletesen szétterítjük, majd egyenlő területű látómezőkbe osztjuk fel és minden látómezőben megszámláljuk a baktériumokat. Ez az eljárás, eltekintve attól, hogy fáradságos és körülményes, nem nyújt elegendő biztonságot, másrészt tömegvizsgálatokra sem alkalmas és végül adott viszonyok mellett az elhalt baktériumtesteket is kimutatja és így nem adja mindig teljes biztonsággal az 1 g földben levő baktériumok számát.

Sokkal megfelelőbb ennél a második eljárás, amelynek lényege röviden a következő: A talaj meghatározott mennyiségét ismert összetételű tápoldatokba oltjuk és olyan viszonyok között tartjuk / hőmérséklet, fény, levegő, stb. / a kultúrát, amely a vizsgált baktériumok tenyésztési feltételeinek legjobban megfelelnek és bizonyos idő múlva azután quantitativ és qualitativ kémiai analízisek útján megállapítjuk a beállott változásokat. Ennek a módszernek az a hibája, hogy a megfigyelés nem természetes körülmények között történik, hanem a legkedvezőbb feltételek mellett, tehát ezek a mesterségesen nyert eredmények a valóságnak nem mindig felelnek meg egészen.

A harmadik módszer a baktériumok megfelelő táplálónyagokban való mennyiségi kimutatása. Ilyen módon határozzuk meg mindenekelőtt a talaj összes baktériumszámát. Az összes baktériumszám meghatározása az u.n. szilárd táplálótalajokat használjuk, míg a később tárgyalandó fiziológiai csoportok meghatározásánál rendszerint folyékony táplálónyagokat alkalmazunk.

A baktériumok nagy számára való tekintettel a közvetlen oltás nem vezet célhoz, hanem megfelelően higitani kell a pontosan lemért és sterilen kezelt talajt. Az eljárás pl. erdei talajok vizsgálatánál a következő: Az erdő lehullott lombtakaróját eltávolítva, kiemelünk a földből egy 15 cm mély oszlopot és azt steril üvegbe téve, bevisszük a laboratóriumba. Hogy minél jobb átlageredményt nyerjünk, ugyanazon állománynál egy körzetben 10-12 helyről veszünk talajpróbát, azokat leégetett ásóval gondosan összekeverjük és ebből veszünk két kg-ot, amely analízisére szolgál. A talajt azután a laboratóriumban steril üveglapon jól összekeverjük, majd steril óraüvegen lemérünk belőle 10 g-ot, amely egy nagyobb lombikban 1 liter steril vízbe kerül, ahol alaposan összerázzuk, hogy a talajrészecskékhez tapadt baktériumok mind elváljanak és lebegve uszkáljanak. Jobb minél nagyobb mennyiséget vizsgálat alá venni, mert annál kisebb lesz a hibahatár. A jól összerázott emulzió 1 cm-ének megfelel eszerint 1/100 g talaj. Ebből oltunk 1 cm-t 9 cm steril vízbe, ez lesz az 1/1000-es higitás és így tovább nyerjük az 1/10.000, 1/100.000, 1/1.000.000 g talajnak megfelelő higitásokat. Természetesen az összes használt pipettákat, Petricsészéket, epruvettákat előzőleg gondosan fertőtleníti. A pipettával való emulzió kivétel mindig rázás közben történik, hogy a dispergált baktériumok lehetőleg egyenletesen legyenek elosztva a folyadékban. A higitásokról oltunk azután 1 cm-t a megfelelő táplálótalajokba. Ezek a táplálóanyagok szobahőmérsékleten vagy szilárdak, ezek a tulajdonképeni számlálásra szolgálók, vagy folyékonyak és akkor tápoldatoknak nevezzük őket. A szilárd táplálótalaj huslevessel, peptonnal és konyhasóval készített ágar vagy gelatina, amelyet háromszoros frakcionális sterilizációval abszolút csiramentessé tesszük. Használatukat a bakterológiába Koch R. vezette be.

Az így megállapított baktériumok számát mint geletinán tenyésztett és ágáron tenyésztett baktériumokat közöljük. A tenyészidő alatt gelatina 15 C-on, az ágar 25C-on tartandó, miáltal már egy bizonyos fokú kiválasztás történik. Vannak olyan baktériumok, amelyek mindkettőn egyformán tenyésznek és az azután már a kutató dolga, hogy ugyanazt a fajt két szer ne számolja. Viszont nem minden csira találja meg az életfeltételeit a gelatinán és az ágáron / pl. a nitrifikáló/. Ezek számára más táplálótalajok szolgálnak. Ugyancsak a levegő O₂-je nélkül élők, az anaerobok számának megállapítására is külön eljárás szükséges. E célból a megfelelő emulziót két végén gumidugóval ellátott u.n. Burri-csőbe oltjuk szőlőcukor ágarba, jól összerázzuk, megszilárdulása után föléje még ágárt töltünk, miáltal a levegőtől elzárjuk. A tenyésztés 37 C-on történik, miáltal pár nap alatt az összes anaerob csirák telepet alkotnak.

A munka pontossága megkívánja, hogy megfelelő párhuzamos kísérleteket állítsunk be az előforduló hibák kiegyenlítésére és ellenőrzésére. Ezért kísérleteinknél mindig két sorozatot állítunk be párhuzamosan és ezek mindegyikéből kettőt. / Így pl. ágarból 1/10.000, 1/100.000-es higitásból kétszer négy-négy, összesen 8 lemezöntés. Ugyanannyi a gelatinából és az anaerob ágarból. Ezenkívül e lemezöntés szükséges mindegyikből a steril munka ellenőrzésére. Némely bakterológus ennél nagyobb számot is ajánl, nevezetesen 4-4 párhuzamos kísérlet beállítását, azonban megfele-

16 kísérletek beigazolták, hogy teljesen megbízható adatokat szolgáltatnak a kétszeres próbák is.

Amint említettük, az ilyen módon készített oltások tenyésztése történhetik Petri-csészékben, különböző nagyságu Erlenmayer lombikokban és ezután kémcsövekben. Ezek azután termosztátokba kerülnek, ahol megfelelő hőfokon tartjuk őket. Általában az összes baktérium szám meghatározására szolgáló oltásokat 20 - 25 C°-os termosztátokban szoktuk tartani, míg a fiziológiai csoportokhoz tartozó baktériumokat mindig a nekik megfelelő hőfokra beállított termosztátban tartjuk.

A most vázolt eljárással meg tudjuk állapítani az összes baktériumszámot.

Hogy azonban a talajban élő különböző határozott biológiai folyamatokat végző baktériumcsoportokat mennyiségileg és minőségileg egymástól elválaszthassuk, az u.n. hig és differenciális táplálótalajokkal dolgozunk, amelyek segítségével ezeket egymástól elválasztva kitenyészthetjük. Ezeket a táptalajokat a baktériumok differenciális táplálótalajnak nevezzük, miután ezek a táplálótalajok sajátos és különleges kémiai összetételükkel fogva csak bizonyos baktériumoknak szolgálnak táplálkozási forrással, amelyek kitűnően kifejlődnek rajtuk, míg a kísérő baktériumok csak nagyon gyengén vagy egyáltalában nem fejlődnek ki. A hig táplálótalajokat rendszerint már nem Petri-csészékbe tesszük, hanem ezek Erlenmayer-lombikokba jutnak.

A fiziológiai baktériumcsoportok, amelyeket határozottan és jó eredménnyel ki lehet mutatni és amelyeket a többitől ezzel az eljárással elkülöníthetünk, a következők:

1. A levegő szabad N-jét megkötő aerob baktériumok.
2. A levegő szabad N-jét megkötő anaerob baktériumok.
3. Nitrifikáló baktériumok.
4. Denitrifikáló baktériumok.
5. Anaerob cellulosebontó baktériumok.
6. Aerob cellulosebontó baktériumok.
7. Aerob pektinbontó baktériumok.
8. Anaerob pektinbontó baktériumok.
9. Carbamidbontó baktériumok.
10. Anaerob vajsavas erjedést okozó baktériumok.

A fiziológiai csoportokhoz tartozó baktériumokat természetesen tisztán is tenyészthetjük az előírt tápoldatokban és szükség szerint arról oltunk ágarra és gelatinára, amelyek a baktériumok speciális igényeinek megfelelő tápoldatokat is tartalmazni szokták.

A baktériumok meghatározása a különböző táptalajokon tanusított viselkedésük és a mikroszkóp alatt észlelhető alak-
jásaik alapján történik. A mikroszkópi vizsgálathoz tárgylemez-
készítményeket csinálunk olyan módon, hogy a telepből kivont a-
anyagokat ezekre vékony rétegben rákenjük, megszáritjuk és azután
a különböző festési eljárásokkal kezeljük. Ilyen baktériumfesté-
kek pl. a fuchsin, a methylikék, a methylyöld és azonkívül még egy-
sereg más festőanyag, amelyeket részletesen nem sorolunk fel. Azon-
ban a baktériumok meghatározása céljából a legfontosabb az u.n.
Gram-féle festés. Ennek rendes menete a következő: A szokásosan
eiként preparátumot először is 2 percig a következő regyülettel
kezeljük: 3-4 cm telített alkoholos "Gentiana violet" vagy vik-
tóriakék, 5 csepp anilinolaj, 15 cm absz. alkohol, 30 cm deszt.
viz / összekeverjük és 12-24 óra múlva már használható, azután
jód-jodkaliumoldattal az u.n. Lugol-féle oldattal kezeljük, miu-
tán a festőanyagot leöntöttük. A Lugol-féle oldat összetétele
100 rész desztillált viz, 1 rész kaliumjód és 0.3 rész jód. Ezt
szintén 2 percig hagyjuk rajta, majd leöntjük róla és azután ad-
dig kezeljük absz. alkohollal, míg az alkohol már több festőanya-
got nem tud leoldani. Erre a készítményt vízzel lemossuk és most
már a baktériumok egy része az alkohol hatására a "Gentiana vio-
lett" festék jellemző színét elveszti. Ha most ezt a preparátumot
utólag fuchsinnal megfestjük, a baktériumok vörös színűekké lesz-
nek. Az ilyen baktériumok a gramnegatív baktériumok. A baktériu-
mok másik része megtartja a jód-káliummal való kezelés után a Gen-
tiana violet jellemző ibolyaszínét és nem veszi fel a fuchsin-
t. Ezek az u.n. grampozitív baktériumok. Ilyen gramnegatív baktériu-
mok, az ismertetett Bergey-féle rendszer szerint a Bacteriaceae-k
családjához tartozó baktériumok és grampozitívok pl. a Bacilla-
ceae-k-hez sorolt fajok nagy része.

A talajt benépesítő mikroszervezetek száma és azok jelentő -
tősége, a talaj termőerejének megítélése
szempontjából.

Már az előző fejezetekben említettem, hogy a talajt benépesítő mikroorganizmusok száma - tehát gombák, baktériumok és moszatok együttvéve - ha ezeknek összes mennyiségét egy nagyobb terület egységen kiszámítjuk, meglehetősen jelentékeny súlyt képviselnek. Anélkül, hogy a részletekre itt ki óhajtának térni, csak röviden mutatok rá, hogy ha 1 ha erdő vagy mezőgazdasági talajt veszünk alapul, abban az esetben még közepes baktériumtartalom alapulvétele mellett is 30 cm mélységnyi életteret feltételezve átlag 10 q lesz az ott élő baktériumok súlya. Széleskörű megfigyeléseink alapján kiszámítottuk azt is, hogy különösen az erdők talajában a gombák mennyisége néha 2-3 q-t is kitehet ha-ként, ugyanilyen tömeget tételezhetünk fel a moszatokra vonatkozólag is.

Az irodalomban, különböző könyvekben és értekezésekben meglehetősen változó és különböző számadatokat találunk anélkül, hogy a szerzők lehetőségeket nyujtanának arra, hogy ezeket a számokat tényleg ki is tudnánk értékelni, a talaj termőerejének megítélése szempontjából. T. i. ami itt mint lényeges szempont esik a latba, a talajban észlelt baktériumok száma erősen függ azoktól a módszerektől, amelyek segítségével meghatározzuk őket.

A közvetlen baktérium számlálási eljárások megbízhatóságáról már szólottam. Bár ezek a talaj baktérium és gomba számának gyors meghatározására nagyon alkalmasak, mégis hátrányuk az, hogy az elhalt és élő baktériumokat egyaránt kimutatják és ezért természetesen a talaj teljesítőképességére vonatkozólag csak nagyon bizonytalan szempontokat adnak. Conn pl. egy gr. talajban 140 - 390 millióig terjedő baktériummennyiséget is talált, sőt jól trágyázott talajokban az ő módszerével 800-900 millió mikroorganizmust is mutattak ki. Az u. n. közvetlen eljárások, amelyek a baktériumok tenyésztésénél már említett táptalajokkal dolgoznak, jóval kisebb számokat mutatnak ki. De még így is igen erősen változnak ezek a számok aszerint, hogy száraz terméketlen talajokat, savanyu erdőtalajokat, vagy jól trágyázott és jól művelt mezőgazdasági talajokat vizsgáljuk. Az emberi és állati ürülék u. i. rendkívül gazdag baktériumokban. Az emberi ürülék pl. gr-ként 8-10 milliót is tartalmaz és pl. a szarvasmarha-trágya súlyának 10-20 %-ig terjedő részét a baktériumok mennyisége teszi ki. Waksman pl. 1 gr friss tehén-trágyában átlag 30 millió baktériumot mutatott ki. Világos tehát, hogy az ilyen trágyákkal kezelt talajok baktériumtartalma rendkívül nagy lesz.

A talajban kimutatott baktériumok számának kiértéke -

lésénél még fokozza a bizonytalanságot az a körülmény, hogy amint az újabb vizsgálatok kimutatták, a talaj mikroorganizmusai, ill. ezeknek mennyisége nemcsak a művelési módszerek szerint változik, hanem ezenfelül évszakonként is igen jelentékeny változásokat mutat.

Ezek a változások különösen határozottan és szépen jelentkeznek olyan talajokban, amelyeket az emberi kéz a maguk biológiai harmoniájában nem zavar meg. Ilyenek az erdő és a hosszabb ideig pihentetett és nem legeltetett rétek, legelők és parlagon hagyott területek talajai.

Amint a további fejezetekben kifejtjük a talaj életének dinamikai változásait a talaj hőmérséklete és ennek vize tartalma döntően befolyásolja. Tudjuk, hogy a köztük kölcsönhatása, vagy komplex értelemben a talaj életének mennyiségbeli változásaira gyakorolt befolyása egy összefüggéssel fejezhető ki, amelyet R-törvénynek nevezünk és amelyet abban a fejezetben, amelyben a hőmérsékletnek és a víznek a talajéletre gyakorolt befolyását fejtjük ki részletesen ismertetünk. Ennek a tényezőnek hatására a talajainkban, ha azoknak életét trágyázással, talajműveléssel megtersegesen nem befolyásoljuk, a baktérium-élet szabályszerű változást mutat. Általában télen a hőmérséklet szerepel mint korlátozó tényező. Ezért a tél folyamán rendszerint, ha a csapadékviszonyok megfelelőek, viszonylag a legkisebb baktériumszámot fogjuk találni. Tavasszal a hőmérséklet emelkedésével a talaj mikroflórájának a szaporodása is meggyorsul és a mikroorganizmusok száma emelkedni fog, hogy a nyári hónapokban érje el csúcserőértékét. Hogy most ezekben a hónapokban milyen értékeket fog elérni az tisztára attól függ, hogy milyen mennyiségben állnak a baktériumoknak rendelkezésére az életműködéshez szükséges szerves táplálékanyagok / korhadó humusz stb/ és milyen mértékben áll rendelkezésünkre a talajnak az a hasznos vize tartalma, amelyről tudjuk, hogy nélküle a talaj-élet kedvező körülmények közé nem kerülhet. A nyár után a hőmérséklet fokozatos csökkenése megint a baktériumok számának csökkenését fogja maga után vonni, hogy télen érje le a minimumát.

Világos tehát, hogy egy talajnak a termő erejét, vagy jobban mondva a biológiai teljesítő képességét csak akkor tudjuk megítélni és kiértékelni, ha ennek dinamikus változásait és tekintetbe vesszük. Az egyes szerzők által kimutatott baktériumszámok tehát önmagukban nem sokat jelentenek. Sokkal nagyobb jelentősége van annak, ha a talaj biológiai teljesítő képességét határozzuk meg és értékeljük ki.

Igy fontos azt tudnunk, hogy milyen mérvű lesz az előző fejezetekben már tárgyalt talajlélegzés, amelynek értékei, amint tudjuk, a legtevékenyebbek a nyári tenyésztési időszakban, óránként és 1 m-en 1-2 gr kilélegzett szén-savmennyiséget is elérhetnek. Ha most ezeket az adatokat összevetjük, a talajban kimutatott mikroorganizmusok számával, akkor már a talaj termőképes ségére is következtethetünk.

A kérdés megítélésénél különben igen fontos momentum az, hogy tisztában legyünk azzal, hogy az egyes talajoknál megadott baktériumszámnak milyen százalékat teszi ki az u.n. anaerob baktériumok. Tudjuk, hogy ezeknek a jelenléte cellulose egészségtelen bomlására, a fokozott denitrifikációra és az ezzel járó N-vesztésekre mutatnak. A baktériumszám változásaival szorosan összefügg a humusztartalom változása és ezzel kapcsolatosan a talaj kémhatását jellemző értékek hullámzása.

Már az erdő talaj lélegzésénél említettük, hogy a humusztartalom a nyári hónapokban rendszerint erősen lesüllyed, Különösen akkor, ha a talajainkban élő baktériumok között az aerob baktériumok kerülnek túlsúlyba. Az őszi lombhullás után, amikor a kedvezőtlen klimatikus körülmények következtében a talajban élő mikroorganizmusok a lehullott élettelen szerves anyagot, főleg a cellulose tartalmu növényi részeket csak kezdetlegesen tudják feldolgozni, a talaj humusztartalma emelkedni fog. A nyári hónapokban azután megkezdődik a feldolgozás, amely itt a szokásos minimumot eredményezi. A pH értékek ennek következtében nyáron lesznek a legmagasabbak és télen a legalacsonyabbak, amikor a cellulose élettelen korhadása következtében savanyu melléktermékek képződnek, amelyek természetesen a kémhatás csökkenését vonják maguk után.

Az emberi kéz által művelt és trágyázott mezőgazdasági talajokban lefolyó mikrobiológiai változások már nem lesznek ilyen szabályszerűek, mivel itt már a talajművelés, a trágyázás, a termelt növények elkorhadásának ideje, amikor a talajban különösen nyáron az aratás után hirtelen a nap szárító hatásának kitéve - olyan befolyások lépnek fel, amelyek természetesen a talaj élet változásának időbeli dinamikus menetét erősen befolyásolják.

Az erdőtalaj életének megítélésénél természetesen tekintetbe kell vennünk azokat a változásokat is, amelyeket az erdő életében eszközöl időszakos mesterséges beavatkozások idéznek elő. Ezek az összefüggések tanítanak meg bennünket arra, hogy milyen mértékben sikerül az erdő talaj életét a helyesen keresztülvitt erdőművelési beavatkozásokkal úgy szabályoznunk, hogy az egészséges állapotban maradjon. A túl sűrű zárlat elvonja a Nap éltető melegét az erdő talajától, csökken a párolgás, a víz-tényező esetleg túllépheti a maga optimális határát, vagy ha ez nem történik meg, akkor a sűrű záródás következtében a hőmérséklet nem tudja a maga dinamikus hatását érvényesíteni. Az ilyen talajokban elégtelen lesz a cellulose korhadása, növekedik nyers telítetlen humusz mennyisége, a kémhatás ezalatt kedvezőtlen lesz, rosszabbodik a talaj N-anyagcsere forgalma és elégtelen lesz a talajlélegzés mérvé is. Fokozottabb mértékben jelentkezik ez a hatás nedvesebb területeken vagy északi, északnyugati és nyugati kitétségű talajainkon, ahol a kedvezőtlen körülmények hatása alatt a nyers humusztakaró a tö-

zegesedést kezdeti és természetesen a talaj erős elsavanyodása is beállhat. A helyesen keresztülvitt gyéritések hivatottak arra, hogy az erdőtalaj-életének szabályozásánál kezünkbe adják azokat az eszközöket és módszereket, amelyek segítségével az erdőtalaj-életét kedvező körülmények között tarthatjuk.

Korábban az volt a felfogás, hogy a tarvágás már csak azért is károsítja az erdőtalaj-életét, mert lehetővé teszi azt, hogy a Nap ultraibolya sugarait közvetlenül éreztessék hatásukat és így az erdőtalaj felsőbb szintjeiben élő mikroorganizmusok tönkretegyék. Ez a felfogás nem bizonyult helyesnek. A talaj legfelső alig 1-2 mm-t kitevő rétege, amit e téren végzett szabatos vizsgálataink kimutattak, már megszűri és visszatartja ezeket a káros sugarakat és nagyobb hullám hosszúságú meleg sugarakká transzformálja őket. Egyébként normális viszonyok mellett, ha csak nem kopárosodásra hajló területekkel van dolgunk, a tarvágások területén kifejlődő dúsz növénytakaró a talaj mértékén felüli besugárzását és kiszáradását meg is akadályozza. A mi klimatikus viszonyaink mellett a tarvágás káros talajéleti hatása inkább abban fog megnyilvánulni, hogy az erősebb felmelegedés következtében igen élénkké válik a cellulose korhadása, a humusz a kellethetőségénél gyorsabban feldolgozódik és ilyen módon az erdő hamarosan elveszti a természetes tartalék tápanyagait. Viszont olyan területeken, ahol a talaj túlságos víztartalma akadályozza a cellulose tartalmú növényi maradványok egészséges korhadását, ott a tarvágás bizonyára, ha a helyi körülményekhez okosan alkalmazkodva vesszük keresztül, jó hatással fog járni.

A talaj víztartalmának kialakulásánál még talaj élet-tani szempontból sem szabad elfelejtenünk, hogy az erdő a fák mélyebben ható gyökérzete következtében jobban kiszáritja a talaját, mint a mezőgazdasági kultúrnövények. Különösen áll ez a talaj mélyebb rétegeire.

Talaj-életi szempontból tehát mindig a helyi körülményeket kell figyelembe vennünk és aszerint kell szabályoznunk a helyesen keresztülvitt művelési beavatkozásainkat a talaj víz-és hőenergia gazdálkodását, mert ezeknek a tényezőknek függvénye lesz a talajélet egészséges kialakulása is. A mi termőhelyi viszonyaink mellett kétségek nélkül a helyesen keresztülvitt természetes felújítás, amelynek segítségével az erdőtalaj életét is helyesen befolyásolhatjuk lesz az az üzemmód és művelési mód, amellyel az erdőtalaj életét is a legkedvezőbb módon befolyásolhatjuk.

Befolyezésül hangsúlyozni szeretném azt a körülményt, hogy mind a mező, mind az erdőgazdának jól kell ismernie talajának az életét, annak az időben dinamikus lefolyását és azokat a tényezőket, amelyek ezt döntően befolyásolják. Nem szabad sematizálni, hanem alkalmazkodni kell a természetben utalkodó változó viszonyokhoz és azokhoz a törvényszerűségekhez, amelyek az erdő talaját, ill. annak életét szabályozzák.

A hőmérséklet és a víz szabályozó szerepe az erdő életében.

Az erdő életterét befolyásoló termőhelyi tényezők között a víznek és a hőmérsékletnek jut a legfontosabb szerep. A növény életének kereteit a termőhely határain belül a levegőréteg kémiai és fizikai sajátosságai; a fény, továbbá a levegő és a talaj hőmérséklete, a levegő páratartalma és a talaj víztartalma és végül a talaj vegyi és fizikai összetétele szabják meg. Ezek között a tényezők között a két leghatalmasabb biokozmikus tényezőnek, a víznek és hőmérsékletnek döntő befolyása van, s ezt az erdő életközösségének minden megnyilvánulásában érezteti.

A fák élő anyagának az élősúly szerint számított 40-60 %-a víz. De ennek a szerepe nem szorítkozik tisztán a fenti számokkal kifejezett sztatikai térre, hanem a víz egyúttal az erdő fontos dinamikai tényezője is, mert hiszen a fák párolgásuk következtében állandóan vizet vesznek fel a talajból, amellyel együtt azután a legfontosabb szervetlen tápanyagok is bejutnak a vízpályákra. A víz ezeken keresztül áramlik a levelek felé, ahol átadja értékes tápanyagtartalmát az asszimilációs sejteknek, majd ismét elpárolog. A felfelé áramló víz tehát dinamikai értelemben is működik, és ezzel lehetővé teszi a tápanyag szállítását és ezen keresztül a fa szerves anyagának a felépítését.

De maga a víz tehetetlen anyag maradna, ha mozgásba nem hozná a természet leghatalmasabb őstényezője; és minden életnek energiaforrását jelentő hőenergia, amelyet egyedüli forrása - a Nap - a termőhely adottságai szerint bocsát földünk rendelkezésére. Amíg azonban a talaj kémiai és fizikai sajátosságai viszonylag csak lassu, bár szintén észrevehető változásokat mutatnak, addig a hőmérséklet és a vízmennyiségi adottságai szinte állandóan és legtöbbször jelentékeny mértékben ingadoznak, még pedig olyan módon, hogy ingadozásukat rendszerint előre kiszámítani vagy befolyásolni eddigi tudásunk szerint nem igen tudjuk.

Alapvetően fontos probléma volt tehát az, hogy ennek a két természeti tényezőnek a viselkedését és a fák életére ható befolyását gondos vizsgálatokkal feltárjuk. A feladat eleinte ugyancsak bonyolultnak látszott, mert a hőmérséklet és a víz egymást kölcsönösen is befolyásolták, úgyhogy végeredményben a kettő összetett / komplex / hatása jut érvényre, amelyet hosszú éveken át tartó rendszeres megfigyelésekkel és vizsgálatokkal kellett részleteiben feltárnunk.

A kutatások időbeli lefolyása szempontjából nagyon érdekes, hogy mielőtt a fák és növények hő-és vízgazdálkodásával foglalkoztunk volna, a vizsgálatokhoz az első ösztönzést a talaj életében lejátszódó jelenségek kutatása adta.

A közel 2 évtized előtt megkezdett és mind szélesebb körben lefolytatott talajélettani vizsgálataink eredményei mind bizonyosabbá tették azt, hogy a régebbi felfogás, amely a talajélet fizikai és kémiai sajátosságait csak nehezen változtatható anyagnak tekintette, nem állja meg a helyét. Az erdő- és mezőgazdasági talajokat a kisebb-nagyobb / mikrotikus és makrotikus / élőlények, de főleg az előbbiek sokmilliós tömege népesíti be. /1 ha erdőtalajban - 30 cm mélységet alapul véve- átlag 10q parányszervezet működik. /Ezek élnek, mozognak, táplálkoznak, és működésük közben a talajt élő szervezetté formálják át, amely amint a későbbi vizsgálatok mutatták- fizikai, kémiai és biológiai sajátosságainak változtatásán keresztül lüktető, eleven életet folytat.

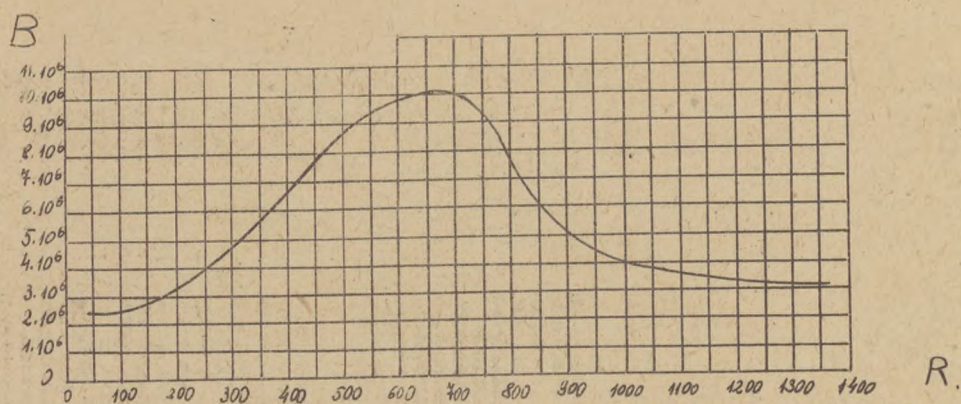
Kezdetben főleg abban nyilvánultak meg a nehézségek, hogy a legfontosabb tényészeti időszakainkban / csak a végleteket emliten, nyáron és télen/ a mi klimatikus viszonyaink közt a víz és a hőmérsékleti tényezők ellentétesen viselkednek. A hőmérséklet szerepét elég korán sikerült világosan érzékelnünk és kimutatnunk.

A víz szerepének a felderítése már kissé bonyolultabb feladat volt. Ez a tényező rendszerint akkor van minimumban, amikor - pl- nyáron- a talaj életére a hőmérséklet a legkedvezőbb hatását gyakorolja, tehát hátráltató szerepet játszik. Viszont, amikor optimumában van / ősszel, télen, esetleg tavasszal, / akkor a hőmérséklet nem éri el a kedvező értékeit.

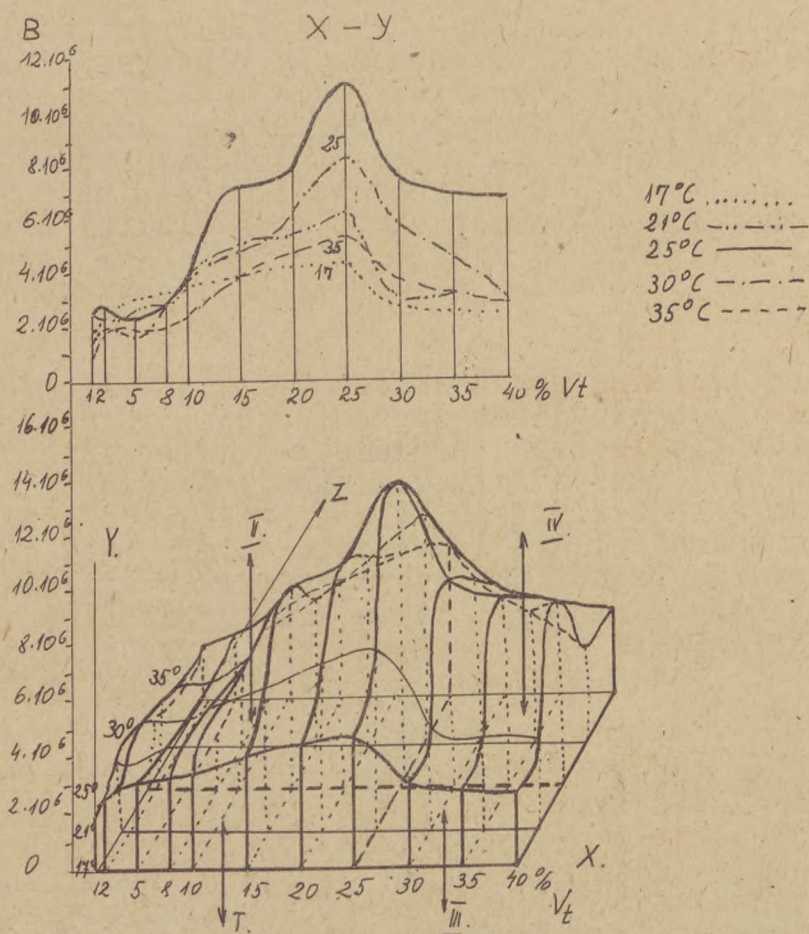
Anélkül, hogy a vizsgálataink további menetét részletezném - ez túl is lépné ennek az előadásnak a kereteit- reá szeretnék mutatni arra, hogy a két tényező együttes hatását tulajdonképpen lényegileg csak akkor tudjuk felderíteni, ha a térbeli ábrázolás módszereit hívjuk segítségül. Egyébként az alapvető törvényszerűségeket a talaj életének fent vázolt összefüggéssire vonatkozólag a már korábban gyűjtött megfigyelések alapján az u.n. R. törvény fejezi ki, amelynek az irodalomban való bevezetésével együtt - amint a továbbiakban látni fogjuk - szabatos matematikai értelmezést is sikerült adnunk.

Az 1. és 2. ábrán bemutatom az idevonatkozó, közel 2 évig tartó laboratóriumi vizsgálataink alapján szerkesztett térbeli idomot és görbéket.

Ha az x-tengelyre a talaj %-ban kifejezett víztartalmát a z-tengelyre a hőmérséklet, az y -tengelyre pedig a két változó tényező egyes R-értékeinek megfelelő mikroorganizmus-mennyiségeket hordjuk fel és ezeket az x-és z- tengelyek felett megfelelő görbékkel kötjük össze, akkor ezek összessége egy térbeli idomot ad, amely a kérdéses talaj élettani tevékenységét / bioaktivitását/ fogja kifejezni. A kapott térbeli idom palástján fekszenek tehát az x és a z-tengelyekkel párhuzamosan futó vízmenyiségi és hőmérséklet fokoknak és az egyes R-értékeknek megfelelő parányszervezet / mikroorganizmus- / mennyiségek. Az R-értékek viszont a z-x síkban a változó víztartalom és hőmérséklet



A baktériummennyiség görbéje. B= baktérium-
mennyiség.



Az R-törvény térbeli görbéje. Az x tengelyen
a talajnedvességet százalékokban, a z tenge-
lyen a talajhőmérsékletet C°-ban, az y ten-
gelyen a talajbaktériumok számát tüntettük
fel. Felül a görbének x-y síkban való vetü-
letét ábrázoltuk.

fokainak megfelelő összerendezők metszéspontjain fekszenek, tehát a hőmérséklet és víztartalom értékeiből képzett szorzatoknak felelnek meg.

A legkisebb R-értékeknek megfelelő fejlődési pontot az optimális kifejlődés pontjával egy térbeli u.n. "optimumgörbe" köti össze, amelynek a vetülete viszont a legkisebb hőmérséklet és víztartalom értékeinek metszéspontjait, az optimumot / a jelen esetben R= 625 /, kapcsolja egybe.

Ezt a térbeli görbét - amint a 2. ábra mutatja - az x-y síkban is kivethetjük. Lefutását egy harmadfoku parabolával, vagy még jellemzőbben egy exponenciális görbével fejezhetjük ki, amelyet a

$$\frac{100}{y} = \frac{1}{2} \left[ma_1^{\frac{1}{R}} + \frac{m}{2} / a_2^x + a_2^{-x} / \right]$$

illetve:

$$\frac{100}{B_{sz}} = \frac{1}{2} \left[ma_1^{\frac{1}{R}} + \frac{m}{2} / a_2^R + a_2^{-R} / \right]$$

egyenlettel jellemezhetünk, ha B_{sz} a mikroorganizmusok mennyiséget fejezi ki / ma_1 és ma_2 az egyenlet állandói /.

A vizsgálatok folyamán a következő matematikai értelemben is alátámasztott, tehát szabatos jelentőséggel bíró összefüggéseket állapítottunk meg, amelyeket az irodalomba az u.n. "R-törvény" néven vezetünk be. Ennek lényegét a következőkben foglaljuk össze:

1. A talajban élő növényi mikroszervezetek életműködésének mennyiségbeli kifejlődését a talaj fizikai és kémiai adottságai által megszabott határokon belül, a víz és a hőmérséklet kölcsönhatása, ill. e tényezők számbeli értékének összeszorzásából képzett u.n. R-tényező változásai szabályozzák. E tényezők értékei és a hozzájuk tartozó mikroorganizmusmennyiségek közötti összefüggést egy térbeli u.n. optimumgörbe adja meg, amelynek exponenciális jellege van.

2. Az optimumgörbe menetét szabályozó R-értékeket mindig meghatározott fiziológiai értékűségű és egybetartozó vízmennyiségi és hőmérsékleti fokok szorzatai adják meg. Ugyanazon számbeli értékű, de a z-x sík másik helyén lévő R-értékek tehát élettani szempontból nem azonosak. Ebből a megállapításból világosan következik, hogy sem a vizet hőenergiával, sem az utóbbit vízzel pótolni nem lehet.

3. A fentiekből, ill. a törvényszerűség alapjait alkotó megfontolásokból és levezetésekéből következik, hogy amíg az

R-értékeket adó élettani tényezők optimális határukat túl nem lépték, az R-tényező növelése - már kifejezett exponenciális egyenlet és görbe értelmében - a mikroflóra fokozott növekedését és számbeli kifejlődését idézi elő. Ha azonban akár a víz, akár a hőmérséklet adottságai a legkedvezőbb kifejlődési határaikat meghaladták, az R-értékek további növekedése a mikroorganizmusok fejlődésére gátlólag hat. Ezeknek az élőlényeknek kifejlődését és szaporodását tehát sem a víz, sem a hőmérséklet nem tudja egyoldalúan serkenteni vagy gátolni, hanem mindig a kettő összetett értelemben vett együttes hatása fogja szabályozni.

Említettem már, hogy a fent vázolt elméleti összefüggésekre elsősorban az erdőtalajokon végzett szabadföldi mikrobiológiai megfigyelések vezettek bennünket. Nem volt véletlen, hogy elsősorban az erdőtalajok életét vizsgáltuk. Ellenkezőleg! Kezdet től fogva tisztában voltunk azzal, hogy a talaj életének bonyolult összefüggéseit ill. a talaj életét szabályozó törvényszerűségeket csak akkor tudjuk megismerni, ha olyan talajokat veszünk vizsgálat alá, amelynek életében a természeti tényezők hatásai évtizedeken keresztül zavartalanul érvényesülhetnek és így a tényezők hatása sokkal világosabban és határozottabban felismerhető, mint az olyan talajféleségekben amelyeket az emberi kéz állandóan megbotlygat és biológiai egyensúlyukat állandóan megzavarja. A mezőgazdasági talajok vizsgálatát csak később, ez itt kapott eredmények birtokában kezdtük meg.

Az R-törvény elméleti levezetése és felismerése után további igyekezetünk oda irányult, hogy ezeknek a szabatos összefüggéseknek a szerepét és jelentőségét szabadföldi vizsgálatok alapján is igazoljuk.

Ezen a téren természetesen hangsúlyoznom kell azt, hogy - mint mindenütt másutt, - itt is akkor, amikor a laboratóriumi kísérletek eredményeit a szabad természetbe, ill. a gyakorlatba átvisszük, mindig igen nagy körültekintéssel és elővigyázattal kell eljárunk. Bent a laboratóriumban ismerjük a befolyásoló tényezőket, ezeket el tudjuk határolni és ingadozásukat minimálisra csökkenthetjük. A természetben már nehezebb a dolog. Itt akarva-nem akarva, egy sereg más biológiai tényező is érvényesül, amelyek egymást is kölcsönösen befolyásolják, és ezért komplex hatásuk sokszor annyira bonyolulttá teszi a megfigyelések útján kapott eredmények összefüggéseit, hogy ezek belső kapcsolatait csak behatóbb elemzések fedhetik fel előttünk. Ezért a szabad természet jelenségeinek vizsgálata, de különösen a talajélet kutatása során, az esetleges hibákat ha nem is tudjuk elkerülni, de úgy csökkenthetjük elviselhető mértékre, hogy ha minél több rendszeres időszakokban, ugyanazon módszerekkel végzett vizsgálati eljárással minél több megfigyelést végzünk. Csakis ennek az elvnek a szem előtt tartásával volt számunkra lehetséges a szabad természetben végzett megfigyelési adatok feldolgozásakor jelentkező eltéréseket, az u. n. szórásokat minél szűkebb határok közé szorítani.

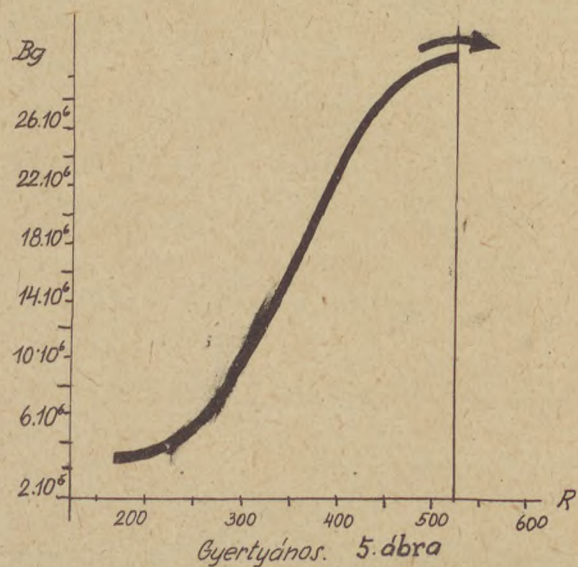
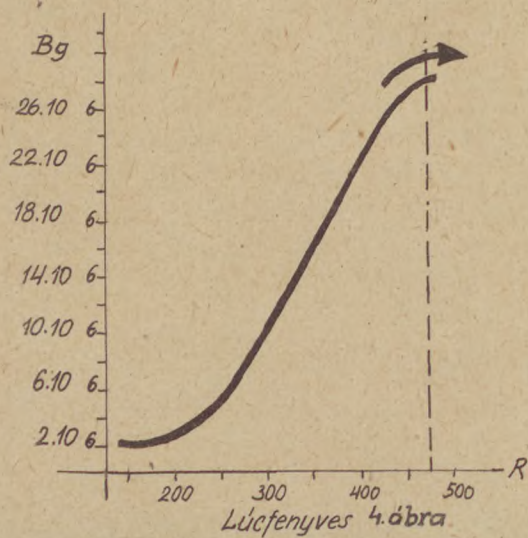
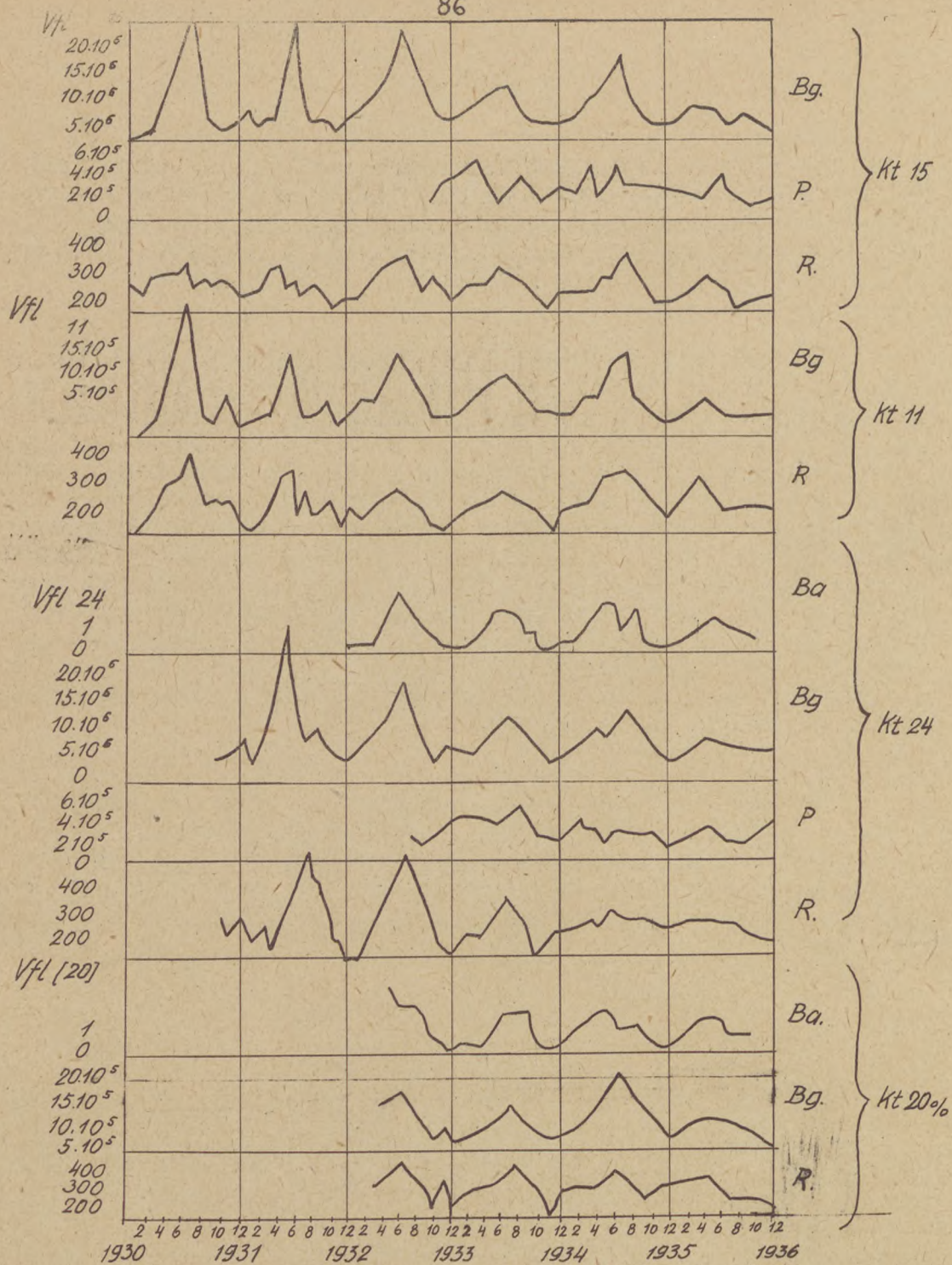
A következőkben néhány jellemző kísérleti területünk vizsgálatainak eredményeit mutatom be, rajzokban./ 3. ábra/ A meg-

vizsgált területeken a megfigyelési adatok alapján megállapítottuk az R-tényező és a talajbaktérium szám közötti összefüggést. Ezt a két összefüggést mind a parabola, mind az R-törvényre jellemző exponenciális egyenlettel kiszámítottuk. Jellemzésül bemutatom a Kt.15. és Kt. 11.u.n. R-görbéit./4 és 5. ábra/

Anélkül, hogy a többi kísérleti terület részletes eredményeit felvázolnám, itt csak arra szeretném rámutatni, hogy a több évi megfigyelések adatainak feldolgozása alapján kapott összefüggések a R-törvényt ilymódon szabadföldi viszonylatban is kielégítően bebizonyították. Gyakorlati szempontból ez a megállapítás azt jelenti, hogy az erdőtalaj életét a talaj fizikai és kémiai sajátosságai által meghatározott, lassan változó kereteken belül a hőmérséklet és a víz komplex hatása az R-törvény már korábban vázolt értelmében döntően szabályozza. Nyilvánvaló tehát, hogyha módunkban áll a gyakorlati erdőgazdaság különböző szabályaival ezt a két természeti tényezőt bizonyos fokig befolyásolni, akkor természetesen a talaj életét és a talajéleten keresztül az erdő fájának kedvező táplálkozását, növekedését, tehát végeredményben a fa termést is befolyásolni tudjuk.

Nem szabad ugyanis elfelejtenünk, hogy az R-tényező további hatása nemcsak a most vázolt különböző tényezők befolyásolásában nyilvánul meg, hanem közvetve a talaj lélegzését, ill. szén-savtermelését, ezen keresztül a levegő szén-savtartalmát és így a fák asszimilatórikus alkotó és építő munkáját is igen lényegesen befolyásolja.

A vizsgálatok végső eredményeképpen egyébként megállapíthatjuk azt, hogy a talajélet optimális hőmérséklete 25-26° körül, a talaj víztartalmának optimális mértékét pedig a talaj maximális vízbefogadó-képességének 70-80%-os mértéknél áll be. Vagyis más szóval: ahhoz, hogy a talajban élő mikroorganizmusok optimálisan fejlődhessenek, nem szabad a talaj levegő térfogatát teljesen vízzel telíteni, hanem a talaj hézagterfogatának 20-30%-nak levegőt is kell tartalmaznia, hogy a gyökerek és a talajban lévő párány-szervezetek életműködése, ill. lélegzése is lehetővé váljék.



A talajlélegzés és az erdőtalaj élete közötti összefüggés.

A fának, mint az erdőgazdaság legfontosabb termékének, tulnyomó részét az elfásodott cellulóz alkotja. Ennek a cellulóznak / n $[C_6H_{10}O_5]$ / összetétele a benne képviselt anyagok száza - lékos aránya szerint a következő:

	tiszta cellulóz	elfásodott cellulóz
C.....	44°4%	50°-%
H.....	6°2%	6°5%
O.....	49°4%	42°-%
Hamumaradvány.....	-	0°5-1°0 %

Gyakorlati szempontból tehát nagyjában a fáknál, a szárazsulyt véve alapul, 50 %-os széntartalmat tételezhetünk fel. Az erdőnek tehát, amikor az évi növedékét létrehozza, ugyancsak jelentékeny mennyiségű szénsavat kell felhasználnia, hogy a fák testét felépítse és növekedésének élettani folyamatát megszaki - tás nélkül fenntarthassa. A fák és általában a chlorophyllal bíró zöld növények a talajban lévő szerves anyagokat ilyen állapotban nem tudják közvetlenül felvenni és ezek számukra csak akkor vál - nak hasznosíthatókká, ha elkorhadnak. A korhadás folyamata alatt szénvegyületeik a talajban élő mikroorganizmusok munkásságának kö - vetkezményeképpen szénsavra és szervetlen anyagokra bomlanak. A szénsav a talaj pórusain keresztül távozik a levegőbe. Ezt a je - lenséget nevezzük talajlélekzésnek.

A szerves anyagok szétbomlását a baktériumok és gombák működésén kívül még sok más egyéb tényező is befolyásolja, úgyhogy a korhadás még akkor is, ha elég levegő áll a talaj mikroszerveze - teinek a rendelkezésére, tehát a bomlás aerob uton jön létre, csak hosszabb időn át és sok közbeni termék keletkezése útján mehet végbe.

Az erdő életében a talaj szénsavtermelésének különösen nagy jelentősége van. Nem szabad ugyanis elfelejtenünk, hogy az asszimiláció útján felépített cellulóznak jelentékeny része a le - hulló levelekkel, a korhadó gyökerekkel és az elszáradt ágakkal megint visszajut a talajba és ismét korhadni kezd. Az erdő táplál - kozása szempontjából tehát az erdő talajának és állományának meg - óvása nemcsak abból a szempontból fontos, hogy a lehulló levelek és ágak korhadásakor felszabaduló levelek és ágak korhadásakor fel - szabaduló szervetlen sók visszakerüljenek a talajba, hanem azért

is, hogy a szerves anyag korhadása útján a levegő szénsavtartalmát is némileg emelni tudják és így az erdő által felhasznált szén - savnak természetes utánpótlásáról is gondoskodhassunk. Ma már tudjuk azonban, hogy ott, ahol a fény teljes egészében érvényesül, a növények és így az erdei fáink is majdnem 100%-os hatásfokkal tudják a levegőnek viszonylag kis - 0.03 - szénsavtartalmát kihasználni. Mihelyt azonban a fény ereje gyengül - és ez már az alsóbb koronaszintekben is megnyilvánul, - már sokkal nagyobb hatást gyakorol a levegő nagyobb szénsavtartalma. Különösen növekedik ez a hatás a természetes felújításánál, ahol a fiatal nemzedéket az anyafák árnyékában neveljük fel.

Ebermayer volt egyike a legelsőeknek, aki az erdő szénsavtáplálkozását behatóbb tanulmányozás alá vette. Több kísérleti területen végzett idevonatkozólag kutatásokat és arra az eredményre jutott, hogy egy hektár középkorú, alommal borított talaju erdő évenként száraz anyagának felépítése céljából kerekén 3040 kg szenet használ fel, amely kerek számban kifejezve 11.150 kg szén - savmennyiségnek felel meg.

A kérdésnek gyakorlati szempontból való vizsgálatánál azonban meg kell gondolnunk azt is, hogy átlagosan 1 m^3 levegőben 0.55 gr szénsavtartalmat találunk. Ez természetesen meglehetősen változik, lehet valamivel kevesebb és lehet jóval több is, aszerint hogy milyen tiszta levegővel van dolgunk. Lundegardh, aki a kérdéssel széles alapokon foglalkozott, a fenti mennyiségben adja meg a normális levegő átlagos szénsavtartalmát. Miután 1 m^3 , tehát 1000 liter levegőben 0.55 g szénsav foglaltatik, úgy egy egyszerű számítás meg fog győzni bennünket arról, hogy 11.150 kg szén - savnak asszimilatórikus úton való lekötése céljából egy középkorú erdőnek egy évben közel $20.000.000$ m^3 levegőre lesz szüksége szénszükségletének fedezése céljából.

Földünkön a természet bölcs berendezése gondoskodik arról, hogy a növények asszimilatórikus építő tevékenységüknek folyamata alatt felhasznált nagymennyiségű szénsav megfelelő mértékben pótoltsék.

Schröder megkísérelte hozzávetőleges számítással ki - számítani, hogy a földkerekségen élő növények évenként milyen mennyiségű szénsavat dolgoznak fel. Anélkül, hogy a tengerben élő zöldségnövények igényét meg tudta volna adni, kerekén 60 billió kg-ra becsülte azt a szénsavmennyiséget, amennyire a növényeknek a földkerekségen szükségük van. Ha nem tudná a természet ezt a hatalmas mennyiséget pótolni, úgy a levegő szénsavtartalma fokozatosan kisebbedne és végül is a növények növekedése szenvedne hátrányt. Amennyire azonban a kérdést meg tudjuk itélni, feltételezhetjük, hogy úgy az állatvilágnak a lélekzése, mint pedig a talajban lefolyó rothadási folyamatok, de nem utolsósorban az ember mindennapi életében lejátszódó égési műveletek, amelynek folyamán fát szenet és más szerves anyagot égetünk el hőenergia nyereség szempontjából, nagyjából annyira fedezik ezt a szükségletet, hogy a levegő normális szénsavtartalma kisebbséggel ingadozásoktól elte-

kintve, állandó egyensúlyi helyzetben van.

A kérdés megítélésénél, különösen az erdőgazdaság szempontjából rá kell itt arra a tényre mutatnunk, hogy a szén-sav fajsúlya nagyobb a levegőnél, ennél fogva, ha a levegő állandóan nyugodt lenne, ez csak nagyon kis mértékben tudna a felsőbb rétegekbe feljutni. Szerencsére azonban a szél és a hőmérsékleti különbségek a levegő rétegeit ugyszólván állandóan mozgásban tartják és így meg van a lehetősége annak, hogy az alacsonyabb szintekben felhalmozott nagyobb szén-savmennyiségek idővel a felsőbb levegőszintekbe jussanak. Amint említettem, a különböző rétegekben lévő szén-savtartalom felfelé csökkenő töménysége bizonyos fokú felfelé áramlást biztosít. Ez az áramlás azonban nagyon lassu és a mérések azt mutatják, hogy a gázkicserélődés az erdőben nagyon lassu folyamat és az erdei levegő alsóbb szintjei mindig jobban telítve vannak szén-savval, mint a felsőbbek.

Ez a körülmény okozta azután azt, hogy a középkorú és idősebb állományoknál nem igen áll módunkban a gyakorlati erdőművelés rendes keretein belül a talajlélekzés mérvét úgy fokozni, hogy a koronák szintjében jelentékeny szén-savgyarapodást idézhessünk elő. De erre ott, ahol a világosság teljes mértékben éri az utóbbiakat, úgy sincsen szükség, mert itt a szén-savtartalom emelésevel, amint az újabb vizsgálatok kimutatták, amúgy sem tudnánk az asszimilációnak jelentékenyebb mérvű emelkedését elérni.

Annál fontosabb, amint említettem, az alacsonyabb szintekben növe természetesen újulat számára a levegő szén-savtartalmának az emelése, miután az árnyékban növekedik és itt a tényezőök kedvező kialakításával az asszimilációnak menetét is befolyásolhatjuk.

A szél következtében a talaj által termelt szén-savmennyiség azonban nemcsak felfelé, hanem horizontális irányban is ándorol és így sokszor az erdőtalaja által termelt gázmennyiség keletkezési fokától jóval nagyobb távolságban jut el az asszimiláló szintekbe. Különösen áll ez a magasabban fekvő levegőrétegek szén-savtartalmára.

Miután az alacsonyabb szintekben az állomány védő-és mérséklő hatása következtében a levegőmozgás is gyengébbé válik, úgy itt a talajlélekzés kedvezőbb mérve már aránylag kisebb területen belül tud érvényesülni. Az erdő életében a talajlélekzés után, amikor a talajban élő mikroorganizmusok, így elsősorban a baktériumok és a gombák a talajra hulló szerves anyagot elkorhasztják és felbontják, gondoskodott a természet arról is, hogy a szénnek a körfolyamata harmonikusan menjen végbe. Ennek az egyensúlyi helyzetnek azonban a legfontosabb alapfeltételét képezi az a körülmény, hogy az erdőtalaj jó biológiai állapotban legyen. Ez alatt különösen azon feltételek optimális fenntartását kell értenünk, amelyek mellett az erdőtalajnak a lélekzése a legkedvezőbb módon folyhatik le.

A mikroorganizmusok működésének kedvező menetéhez három tényező szükséges:

1. Szerves anyag, amely az erdő talajában mindig van,
2. a megfelelő hőmérséklet és
3. a nedvesség optimális foka.

Idevonatkozólag, amint vizsgálataink mutatják, ezek kb 25°C talajhőmérséklet mellett fejtik ki legkedvezőbb működésüket. Érdekes, hogy az asszimilációnak optimumát szintén a levegő $25 - 28^{\circ}\text{C}$ hőmérséklete körül találjuk. A természet helyes beosztása itt is gondoskodott az egyöntetű feltételek létrehozásáról. A vizkérdés szempontjából mindenekelőtt tisztában kell lennünk azzal, hogy a talajban élő mikroorganizmusok ahhoz, hogy a korhadás, tehát az elégetés folyamatát kedvező körülmények között hajthassák végre, a levegőt igényelnek. A talaj u.n. pórustérfogatának tehát csak egy bizonyos %-nak szabad vízzel telítve lenni, ha azt akarjuk, hogy a talajban a korhadás kedvező aerob körülmények között menjen végbe. Amint már említettük, a talaj pórustérfogatának 65-70% vízzel való telítettsége mellett megy a mikroorganizmusok munkássága a legelőnyösebben végbe. Ujabbar Stokes kutatásai is igazolják ezeket az eredményeket. Megjegyzem, hogy a legtöbb magasabbrendű növény és köztük fáink is, rendszerint a talaj vízbefogadóképességének, ill. pórustérfogatának közel hasonló 60-80%-os telítettségi foka mellett fejthetik ki optimális működésüket. Természetesen az egyes mikroorganizmusok és gombák fajai, hasonlóképpen a magasabbrendű növények fajai között is lehetnek e téren különbségek. Így a nitrifikáló baktériumok hőmérsékletet igényelnek. Ugyanez áll a cellulózbontó baktériumokra is. De általában, ha a talaj életterének egész tevékenységét összefoglalóan vizsgáljuk, úgy a fenti értékek lesznek irányadók. A magasabbrendű növények különböző fajai természetesen szintén eltérhetnek kisebb-nagyobb mérvben a megadott értékektől. De ezeknél is általában a vízbe-fogadóképesség 70-80 %-os telítettségi foka lesz az optimális növekedés előfeltétele. Emellett a telítettség mellett érik el ugyanis a növények azt az élettani egyensúlyt, amelyeknél a talajból elegendő vizet kapnak és ugyanakkor gyökereik lélekzéséről is gondoskodni tudnak. Ez a megfontolás is világosan mutatja, hogy az erdő életét a hőmérséklet és a víz mennyire döntően befolyásolják. A kettőnek a hatása elválaszthatatlan egymástól. Mindegyik egyszerre lép fel és egymást kölcsönösen is befolyásolják.

Az utóbbi években sikerült ezen kölcsönhatásnak az általános törvényszerűségét, amelyet R-törvény néven ismerünk felderíteni. Ez a törvény, amint már kifejtettük, lényegében és röviden azt mondja, hogy mind az alacsonyabb, mind a magasabbrendű növények életműködése a hőmérséklet és a talaj víztartalmának szorzatától függ. Ezt a szorzatot nevezzük R-értéknek. Amíg az R-értéket felépítő hőmérséklet és víztartalom a maguk optimális határait túl nem lépik, szorzatuk a növények életfolyamataira kedvezően és serkentőleg, ha egyik vagy mind a két összetevő e határakat túlhaladta, úgy összhatásuk gátlólag fog hatni.

Nálunk, a mi klimaviszonyaink mellett a talajhőmérséklet legfeljebb csak a nyári hónapokban éri el azokban a szintekben, ahol a baktériumélet legélénkebb és a legkiegyensúlyozottabb, a 25°C-ot. Arról tehát, hogy a talaj tulságos hőmérséklete gátló hatást gyakorolna a mi erdőtalajaink széngazdálkodására, nem igen beszélhetünk. Ez rendszerint a forró égővi erdőkben sem fordul elő, miután itt viszont az erdő beárnyékolása csökkenti a nap besugárzásának a hatását.

A talajélet legkedvezőbb kifejlődését a 20-30 cm-es szintekben éri el. Ebben a mélységben, még a forró sivatagi klíma mellett sem különösen gyakori eset, hogy a hőmérséklet 28.30°C-nál magasabbra emelkedjen. De ez is csak a legmelegebb nyári hónapokban áll elő. Akkor is átmeneti, miután a legtöbbször az éjjeli lehűlés erős hullámzást idéz elő.

A talaj víztartalma azonban már a mi égővünk mellett is átlépheti a maga optimális határát. Nálunk is megvan a lehetősége annak, különösen közép-és magashegyi erdeinkben, ahol a sűrű zárlat a párolgást csökkenti, vagy ahol a csapadékviszonyok kedvezőek, vagy pl. a mohatakaró tulságos kifejlődése gátolja a párolgást, hogy a talaj víztartalma a maga optimális fokát felülhaladja.

Észak-Európában az ottani klimatikus viszonyok mellett a talaj tulságos víztartalma párosulva a viszonylag alacsonyabb hőmérséklettel, végeredményben odavezet, hogy itt az erdő talajára hulló szerves anyagnak a feldolgozása elégtelenné válik és nyers telítetlen humusztakaró alakul ki.

Gyakorlati szempontból természetesen a legtökéletesebb állapot az lenne, amit egyébként helyes gazdálkodás mellett nálunk is elérhetünk, hogy a talaj parányszervezetei az évenként lehulló szerves anyagot maradék nélkül feldolgozzák és ezáltal az erdő talaján a nyers humusz kialakítását megnehezítik. Ha ez utóbbi egyszerű kialakult, akkor is védekezhetünk a káros hatás ellen. A káros hatás mibenlétét nem szükséges bővebben megmagyaráznom. Az eredmény a talaj tápanyagainak erősebb kimosása, a kémhatás értékeinek csökkenése, tehát a talaj elsavanyodása és végül a természetes ujulat rendes kifejlődésének az akadályozása, miután, ha a humusztakaró vastaggyá válik, a természetes ujulat fiatal, zsenge növényei nem tudják gyökereikkel kellő időben a termőtalajt elérni és korán tönkremennek. Ez utóbbi körülmény Európa legészakibb erdőterületein a természetes ujulat egyik legnagyobb akadálya.

Súlyosbbitja a helyzetet, hogy nyáron a hosszabb napok alatt elég intenzív a napsugárzás, a humuszos takaró felmelegszik, átmenetileg kiszárad és a fiatal csiranövények éppen életük legnehezebb időszakában mennek azután tönkre.

A két tényező közül a talaj hőmérsékletét viszonylag kisebb mértékben tudjuk befolyásolni, de a gyérités megfelelő és

körültekintő keresztülvitelével itt is sokat tehetünk. Helyes kezelés mellett elérhetjük azt, hogy a zárlat időben és helyesen keresztül vitt megbontása után, még a hidegebb évszakokban is nagyobb lesz a párolgás, ill. nagyobb lesz a vízvesztés, a fokozottabb besugárzás következtében jobban felmelegszik a talaj és mindezek alapján megindul a fokozottabb talajélet, amely a felesleges és eddig fel nem dolgozott szerves maradványok elkorhadására vezet.

Mindezek alapján könnyen beláthatjuk, hogy az erdő szén-savgazdálkodásának gyakorlati szempontból is milyen nagy és messze kiható jelentősége van. Ez a jelenség a talajt és növényt együttes szervezés és dinamikusan összefüggő élettérré kapcsolja össze, amelynek összetételét, továbbá a tér és időbeli alakulásait a gyakorlati erdőgazdának már a saját érdekében is minden vonatkozásában ismernie kell.

Az erdő széntáplálkozásának mennyiségbeli keretei.

Ebermayer már korábban nagyon behatóan foglalkozott a kérdés biokémiai vonatkozásaival. E vizsgálatok megbízhatóságát és alaposságát mi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy ezek még ma is az ezirányú ismereteink alapjait képezik.

Ebermayer az évi növekedés és lombképződés figyelembevételével megállapította, hogy a középkorú állományok egy évben, abszolút száraz anyagot véve alapul, a következő szénmennyiséget használják fel hektáronként:

	Bükk	Lucfenyő	Erdeifenyő.
A fatest építésére.....	1566 kg	1768 kg	1664 kg
Vékony gallyak, tűk és levelek képzésére.	1416 kg	1292 kg	1410 kg
	2982 kg	3060 kg	3074 kg

A további számítások egyszerűbb keresztülvitele céljából általában kerekken 3000 kg szénszükséglettel fogok számolni. Ebermayer egyébként a büknél 50, a lucnál 52 és az erdei fenyőnél szintén 52 %-kal számítja a szénnek a fák szárazanyagához való viszonyát, míg ugyanezt a viszonyt a leveleknél és zöld gallyaknál 45 %-kal fejezi ki. A fenti adatokból az átlagos évi növekedést is ki lehet számítani, ha a térfogatsúlyt tekintetbe vesszük. A lucnál pl. 50 %-os térfogatsúllyal és kerekken 50 %-os szénarányal számítva, 1768 kg szén, 3536 kg fának, ill. a térfogatsúly figyelembevételével kerekken 7 tömör köbméter évi jövedék-

nek fog megfelelni. Ebermayernek ez a számítása azonban csak a földfeletti részeket veszi figyelembe és ezért kiegészítésre szorul.

A fák szénszükséglete ugyanis a következő tényezők -ből alakul:

1. A fatest felépítése,
2. a lomb és a vékony gallyak képzése
3. a gyökér felépítése,
4. a levelek és az élő fatest lélekzése,
5. a gyökerek lélekzése.

Meinecke, aki a kérdéssel szintén behatóan foglalkozott, a 4. és 5. tényező számítása céljából összesen 20%-os többletet ajánl. A 4. tényező nagyságára vonatkozólag Boysen-Jensen is végzett az utóbbi években kutatásokat. Bár ezek egyelőre csak kisebb keretekben mozognak, mégis nagy vonásokban középkorú állományokban szerinte is kb. 10 %-os lélekzési veszteséggel lehet számolni. Az állományok fiatalabb korában természetesen a lélekzés jóval nagyobb mérvű lesz. Egy 12 éves kőrisállományban az így előálló szárazanyagvesztesség termőhelyi osztályok szerint 26-50 %-ot is kitehet. A 3. tényező számítása még bonyolultabb feladat, mert különösen zárt állományokban, de idősebb, egyedülálló fák esetében is szinte lehetetlen lenne a nagyterjedelmű és összebogozódott, összeszővődött gyökereket teljes egészükben kiásni és tömegüket meghatározni.

E téren megfelelő vizsgálatok hiányában nem marad más hátra, mint Zederbauer és Weber elég szórványos kutatásait a lapul venni. Zederbauer a lucfenyőnél a földfeletti részek és gyökerek tömegarányát 4:1 viszonzyszámmal fejezi ki. Weber viszont nagyjában 30-35%-ra teszi a gyökérzetnek a földfeletti részek súlyához viszonyított mennyiségét. Ez az arányszám persze a fák korától, a talajtól, a zárattól és általában az állományok növekedését és táplálkozását befolyásoló többi tényezőtől is függ. És hozzávetőlegesen és nagy átlagban 30 %-os súlyviszonnyal számolok és ezt veszem a további számításaim alapjául.

Mindezeket egybevetve, a valóságot akkor közelítjük meg leginkább, ha Ebermayer eredetileg kiszámított 3000 kg-ot kitevő átlagadatát a fentiek alapján $20+30+50\%$ -kal megnagyobbítjuk. Így 4500 kg lesz az erdő nagy vonásokban számított átlagos évi szénszükséglete, amely természetesen kor és termőhelyi osztályok szerint, adott esetekben még többé-kevésbé változhat. Hogy az így számított mennyiség tájékoztató értékei és annak végleges megállapításáig még sok beható vizsgálatra lesz szükségünk, az a fentiek alapján nem igen kíván bővebb magyarázatot. De ez is csak akkor állhat fenn, ha kizárólag a fákat vesszük szemügyre. Ha az erdővel, mint lélettérrel számolunk, ez az

eredmény még további kiegészítésére szorul.

Az erdő talaját, különösen a lomberdőkben, de a gyé-
gében zárt fenyőerdőkben is élő, tehát asszimiláló aljnövény-
zet borítja, amely a maga részéről testének felépítése céljából
szintén szén igényel. Az aljnövényzet gyökérrendszerét természe-
tesen más szempontok figyelembevételével kell tekintetbe vennünk.
Az aljnövényzetnél, de különösen a lágyszárú növényeknél a szár
és a gyökér viszonya jelentékenyen megváltozik. Becslések szerint
nem túlozunk, ha kb. a teljes súly 50 %-ával számítjuk a gyökér
mennyiségének viszonyát.

Hozzávetőlegesen azonban az erdő évi szénszükséglete,
ha talaját elég dus aljnövényzet is borítja, hektáronként és éven-
ként valószínűleg nagy vonásokban és átlagosan számszerűleg a kö-
vetkezőképen fog alakulni:

	C. kg/ha
1. A fatest felépítésére átlagosan	1600
2. A lombozat és a vékony hajtások képzésére	1400
3. A gyökerek felépítésére, a földfeletti ré- szek 30%-a	900
4. Az élő fa lélekzésére /10%/.....	300
5. A gyökerek lélekzésére /10%/.....	90
6. Az aljnövényzet teljes földfeletti és föld- alatti anyagának felépítésére 14 q	1400
7. Az aljnövényzet lélekzésére /gyökér, szár/ /10%/	140
Összesen:.....	5830

Ha tehát az erdőt, mint egységes életteret vesszük te-
kintetbe, úgy évenként és hektáronként kerekén kb. 5830 kg szén-
szükséglettel kell számolnunk. Ebből azonban a talajra közvetle-
nül csak a következő mennyiségek jutnak vissza:

	C. kg/ha
1. A lombozat és a vékony hajtások korhadása.. folytán	1400
2. A gyökerek elkorhadása útján.....	900
3. Az aljnövényzet és gyökereinek korhadása útján	1400
Összesen:.....	3700

A többi tényező közül a fatest, miután ezt elszállítjuk, az erdő talajának anyaggazdálkodása szempontjából közvetlenül ugyan veszendőbe megy, de később / persze időben, erősen változón / elégetéskor és korhadáskor mégis csak visszaadja C-tartalmát CO_2 alakjában a levegőnek.

A kérdés megítélésénél tehát az időt és a földet körülvevő levegőréteg hatalmas kiterjedését mindig tekintetbe kell vennünk, ha ezeket az időben és térben egyaránt nagyvonalu biológiai egyensúlyi helyzeteket vizsgáljuk.

Ez a kb. 3700 kg-t kitevő szénmennyiség tehát a talajban elkorhad és a talajlélekzés folyamán mint CO_2 megint a levegőbe jut, ahol a növények az asszimilációs folyamataiknál ismét felhasználják.

A kiegyenlítődés azonban, amint az imént említettem, nagy térbeli dimenziók szerint megy végbe és a talajlélekzés által termelt szénsav a legtöbb esetben a levegő állandó mozgása következtében a termelési helytől távolabb lesz ismét felhasználva.

Minden olyan erdőművelési rendszabálynak tehát, amely a talajélet tevékenységének előmozdítása révén akarja a fák táplálkozását kedvezően befolyásolni, csak nagy területeken és kiterjedt élettereken lehet érvényesülnie. Ezeket tehát kellő eredménnyel csak nagy erdőterületek egyöntetű kezelésénél lehet a siker reményében alkalmazni.

A lehulló lomb és ágak azután a talaj humusztartalmát fogják gyarapítani. 20 cm-es talajszint sulya, ha kerekén 1.5 térfogatsulllyal számolunk, 1 hektár területen 3.000.000 kg. Ennek 1%-os humusztartalma az említett mélységben, ahol mikroorganizmusok tevékenysége a legélénkebb, kerekén 30.000 kg lesz, amelynél a van Bemmelen-féle szám / 58% / segítségével kiszámított széntartalom 17.400 kg-ot fog kitenni. Ha feltételezzük, hogy optimális viszonyok mellett a talaj mikroorganizmusai az elhalt növényi maradványok, kerekén 3700 kg szénmennyiséget képviselő szerves anyagát fel tudják dolgozni, akkor a korhadás kerekén 0.21% -al fogja évenként a középkorú és idősebb állományokban a talaj humusztartalmát gyarapítani.

A gyarapodás a valóságban azonban még ennél is több lesz, mert az erdő talajában állati lények is élnek, amelyek évről-évre elhalnak és így ezzel a talaj humusztartalmát gyarapítják. Miután pedig a vágásnál gyakran a gyökfőt is visszahagyjuk és a vastagabb ágak jelentékeny része is visszamarad, kb. 0.20 - 0.30 %-ra becsülhetjük azt a humuszmennyiséget, amellyel egy középkorú erdő élettere talaját gazdagítja, ha ennek élőszervezetei a lehullott és elhalt anyagot teljesen fel tudják dolgozni. Természetesen ez az érték az állományok faji összetétele, záródása és a talaj élettevékenységének különböző fokai szerint fog változni. A fenti adatokat tehát csak megközelítő értelemben lehet hasz -

nálnunk. Fiatalabb állományoknál, ahol a korona és a rajta levő leveleknek az aránya változik, de egyúttal az aljnövényzet is dúsabbá válik, a kép szintén változhatik.

Hogy az évenként földrejutott korhadó anyagot az erdő hogyan tudja hasznosítani, az a továbbiakban teljesen attól függ, hogy a víz és a hőmérséklet együttes hatása által befolyásolt és szabályozott talajélet hogyan tudja ezt elkorhasztani. Az északi és nyugati humid klíma hatása alatt a bontás munkája legtöbbször hátrányt fog szenvedni. E folyamat természetesen a kellően fel nem dolgozott és savas kémhatású n.n. nyers humusztakaró felhalmozódására fog vezetni. Ezért északon a talaj 10-20 cm-es szintjeiben lévő humusztartalom nem is lesz túlságosan nagymérvű. Annál vastagabb lesz azonban a talajt közvetlenül borító nyers humusztakaró, amely a természetes újulatnak egyik jelentékeny akadály, és belőle anaerob, tehát a levegő kellő mértékben való hozzájutása nélkül keletkező savas természetű termékek a talajba jutva ennek fokozatos romlását idézik elő.

Hazánkban ez az eset csak a magasabb hegyvidékek erdőtalajainak egyes részein következik be. Nálunk legtöbbször a talajélet olyan kielégítő mérvű, hogy a nyers humuszréteg kialakulásától nem igen kell tartanunk.

A tarvágás a mi arid klímánk mellett ebből a szempontból kedvező. Közvetlenül a vágás után az erdő talaja néha 1-2 évig is csupasz marad, amíg a kellő mennyiségű aljnövényzet a talaj takarásától és CO_2 megkötéséről nem gondoskodik. A csupasz maradt területen maradt humusztakaró azután, ha az eső le nem mossza, a talaj hőmérsékletének és sokszor víztartalmának is kedvezőbb alakulása következtében gyors korhadásnak indul és az erdőt természetesen széntartaléktól idő előtt megfosztja.

Hangsúlyozom azonban, hogy mindezek a megfontolások, miután az őket kellő szabadsággal alátámasztó vizsgálatok még sok tekintetben hiányosak, csak általános tájékoztató jelleggel bírnak. Céljuk inkább az, hogy a figyelmet ezekre az erdő háztartásában mind a mai napig fennálló, sok tekintetben megoldandó kérdésekre felhívja.

Az ezirányú vizsgálatok, amelyeket jórészt a mi intézetünkben folytattunk le, azt mutatják, hogy a talaj életének időszakos és az R-törvény értelmében lefolyó változásai a talaj lélekzését és humusztartalmát időszakosan befolyásolják. Természetesen itt sem az időszakok naptári időpontján lesz a hangsúly, hanem a dolgok lényegét a hőmérséklet és a víz kölcsönhatásának a klímátényezők befolyására végbemenő és az R-törvény értelmében lefolyó biológiai hatásában kell keresnünk. Általában a talaj mikroorganizmusai élettevékenységük tetőfokát a fenti értelemben nálunk a nyári hónapokban érik el. Hogy ez az élettevékenység milyen foku lesz, azt rendszerint a talaj víztartalmának az alakulása szabja meg ebben az időszakban. Ezzel ennek megfelelően ter-

mészeten a talajlélekzés értéke is ebben az időszakban fogja a legmagasabb értékeit mutatni.

Miután a talaj humusztartalma a talaj mikroorganizmusainak a legszükségesebb szerves tápanyagokat szolgáltatja, úgy világos, hogy ez nyáron, amikor mikroorganizmusok nagy tömegük és fokozott élettévékenységükkel fogva ezeket elhasználják, viszonylag a legkisebb lesz. Ősszel és télen, miután egyrészt az őszi lombhullás megint szerves anyagokkal gazdagította a talajt és ezt a hőmérséklet gátló hatása következtében a talaj mikroorganizmusai feldolgozni már nem tudják, a humusztartalom értéke viszonylag magas lesz, míg ezzel ellentétben a talaj baktériumainak és mikrószkópikus gombáinak a száma, élettévékenysége és ezekkel a tényezőkkel együtt a talajlélekzés mérve is csökkenni fog. Hogy ezek a változások milyen évszakokban érik el a legmagasabb és legalacsonyabb értékeiket, az természetesen a hőmérséklet és víztényezők összjátékától függ.

Az is természetesen világos, hogy az alacsonyabb levegőszintekben, a nagyobb mérvű talajlélekzés e szintek szénsavtartalmát is emelni fogja és e körülmény, amint erre már szintén ismételtén rámutatta, természetesen az újulat növekedése szempontjából lesz előnyös. A több évre kiterjedő és több kísérleti területen lefolytatott vizsgálatok eredményei világosan bizonyítják, hogy a talajlélekzés, tehát a talaj szénsavtermelése közvetlen okozati összefüggésben van a talaj parányszervezeteinek működésével és e mikroorganizmusok szerves tápanyagának, a talaj humusztartalmának a változásaival. Ezeket a változásokat az erdő életterében, ahol külső behatások a természet harmonikus, egybevágó munkáját nem zavarják, és ahol az anyagcserefolyamatok hosszú évtizedeken keresztül teljes érintetlenségben játszódnak le, a talaj hőmérsékletének és víztartalmának az együttes komplex-befo-lyása fogja szabályozni. Szabályozni fogja abban az értelemben, hogy ezt a tényezők működésének kereteit magában foglaló és megmagyarázó R-törvény keretei lehetővé teszik. Az eddigi kutatások természetesen csak mindeme jelenségek általános nagyvonalu lefo-lyását mutatják meg és még nem alkalmasak arra, hogy az időszakos változások pontos és szabatos mennyiségbeli kialakulására is végleges következtetéseket vonjunk.

Az erdei állományok hatása a talajra.

Az erdőállományok legfontosabb talajképző faktora az alomtakaró, amelynek hatása a talajra különböző tényezőktől függ. Ezek a tényezők a lehullott lomb kémiai összetétele, továbbá azok a tényezők, amelyek az alom bomlását segítik elő. Az évi alommeny-nyiség attól függ, hogy a faállomány árnyéktűrő vagy fényigényes-e. Ugyanis az árnyéktűrő lombfajok közül a legtöbb almot a bükk-, és azután a gyertyánállományok szolgáltatják. Ebermayer szerint egy hektár idősebb bükkös évente 4000 kg almot termel. Sokkal kevesebb almot termel a tölgyes, különösen idősebb korában, azután a kiritkult idősebb erdei fenyves, amely fiatal korában igen sok almot ad a talajnak. Még sokkal kevesebb almot adnak a nyír- és a vörösfenyőállományok. A legtöbb almot termelik a luc- és a jegenyefenyőerdők, amelyek még a bukkerdőn is erősen tultesznek, amin nem is csodálkozhatunk, mert erősen árnyéktűrő fafajok.

Az erdei alom biológiai és kémiai elmálláson megy keresztül, aminek az az eredménye, hogy részben vagy egészben elbomlik. Ha részben bomlik el, akkor az alomtakaró nagy vastagságot ér el és Ebermayer szerint bukkerdőkben hektáronként 11.000, fekete-fenyőerdőkben pedig 14.000 kg almot is mértek. Az alom a biológiai elmállás folytán erdei humusszá alakul át. Minél lassabb az organikus anyag bomlása, annál több nyers humusz képződik, amely magában foglalja a savanyu humuszt is. A nyers humusz csak olyan alomból képződik, amelyben már eredetileg kevés ásványi bázis van, vagy pedig ha volt is benne elég, azt a nedves éghajlat nagyobb csapadéka kimossa. Az alom, amelyből a nyers humusz képződik, tömött és a sok penészgomba által keresztül-kasul van fonva, úgyhogy nemezszerű a kinézése. Miután az ilyen alomtakaró nagyon sűrű, a benne végbemenő biológiai elmállás oxigénhiány mellett megy végbe. Az ilyen nyers humuszképződésnél a talaj rovarai, gilisztái egyáltalában nem működnek közre és azért a keletkezett humusz és az alatta levő ásványi talaj nem keverődik össze, hanem mint élesen megkülönböztethető réteg fekszik rá az ásványi talaj felületére. A savanyu humusz felett lévő vastag, sűrű alomréteg teleszivódik vízzel és ha már egyszer vízzel teleszivódott, akkor a további vízfelvétel szünetel és a víz tócsák alakjában áll meg az alom felett.

A telítetlen savanyu humusz irodalma igen nagy, de azért még ma sem tudjuk, hogy tulajdonképpen mi az oka annak, hogy az organikus anyag bomlása olyan irányban történik, hogy végül savanyu humusz keletkezik. Csak az látható, hogy különböző tényezők működnek közre. Feltételezzük, hogy a savanyu humuszképződésnek legfontosabb tényezője az éghajlat. A nedves és hidegebb éghajlat tudniillik a talaj mikroorganizmusaira kedvezőtlen hatással van, miáltal az organikus anyag természetes bomlási lefolyása zavart szenved. Az éghajlat hatása alatt fejlődik ki továbbá az a vegetáció, amely olyan alomtakarót hoz létre, amelyből a savanyu humusz kialakulhat. De a növényzet hatását egyes esetekben a mésztartalmu talajvíz mozgása ellensúlyozhatja. A mész- és magnéziaközetek / carbonatok, sulfatok / kivéve, az anyaközet a nyers humusz kia-

lakulását igen kevésbé befolyásolja.

A keletkező savanyu humusz aciditása nagy lévén, ez a savanyúság a talajban kialakult kémiai jelenségeket bizonyos irányban befolyásolja, amennyiben a humusz alatt az ásványi talajréteg elveszti bizonyos ásványi alkotórészeit és podsolos talaj keletkezik. A savanyu humusz kémiai hatásának következménye gyanánt a talaj fizikai tulajdonságában is változás történik, amennyiben a talaj kötött lesz és elveszti laza szerkezetét. Miután a savanyu humuszon az alomtakaró és a nyers humusz sok esetben igen tetemes vastagságot érnek el, azért a fiatal csemeték gyökerei azon keresztül törni nem tudnak és így a természetes felújítás ezeken a területeken megakad. Miután a kötött nyers humuszréteg a levegőt sem engedi be a talajba, azért itt a levegőkicserélődés is erősen csökken és ezért a növényi gyökerek normális lélegzése is meg van nehezítve. Így tehát a nyers humusz a növényi életre is igen káros hatású lehet.

A savanyu humusszal egész ellentétes tulajdonságú az enyhe humusz, amely olyan alomból keletkezik, amelyben kevés a penészgomba. A humusznak ez a változata lombfák almából / tölgy, bükk/ képződik, ha az éghajlat olyan, hogy a csapadék nem mossa ki az alomból az ásványi alkotórészeket és elég levegő járul hozzá az alom bomlásához és így tulajdonképpen a korhadás következik be. A mérsékelt nedvességen kívül az enyhe humusz keletkezésénél igen sok mikroorganizmus és sok földi giliszta működik közre. Jellemző erre a humuszra, hogy az átmenet az alomtakaró és humuszréteg között fokozatos és, hogy a legfelső ásványi talajrétegben éppen az állatok közreműködése folytán egy laza humusztartalma akkumulációs szint keletkezik, amely ennek a rétegnek jellegzetes diós, morzsás szerkezetet kölcsönöz. Így képződik a mulattalaj. Ez az enyhe humusz vagy neutrális, vagy csak igen kevésbé savanyu és tulajdonságaiiban közeledik a mezősegi füvekből keletkezett bázisos humuszhoz. Igen jó hatással van a talaj fizikai tulajdonságaira és kedvezően befolyásolja az erdei talaj laza, morzsás szerkezetét.

Hogy az erdőben milyen humusz fog kialakulni, az különböző körülményektől függ. A lucfenyő és a jegenyefenyő olyan fafajok, amelyek a nedvesebb talajt szeretik, továbbá csak nedvesebb éghajlat alatt fejlődnek jól. Az esetek túlnyomó részében tehát már kilugozott talajon nőnek, úgyhogy a lehulló tűk bázisosokban igen szegény talajra kerülnek, tehát a belőlük keletkezett humusz bázisokkal nem telítődhet. Miután azonban a fenyőtűk cserzőanyagot és gyantákat is tartalmaznak, ezért ezek csak igen lassan korhadnak és minthogy a lehullott tűk kompakt és a levegőt át nem engedő réteget alkotnak, ezért belőlük rendszerint nyers humusz keletkezik. A bükk és a tölgy enyhe vagy savanyu humuszt is adhatnak, amely körülményekről majd később lesz szó. A juhar, ha nagyobb foltokban fordul elő, akkor az ezeken a foltokon képződött alomból sohasem keletkezik nyers humusz és pl. a Balkánon a juharok irtásánál kapott talajok kitűnő szántóföldekké alakíthatók.

Az erdőállományok alatt akár lombfa, akár fenyőfélék-ből állanak is azok, a talajban 3 egymástól többé-kevésbé éle - sen megkülönböztethető szintet észlelhetünk. A legfelső szintet, amely magában foglalja az akkumulációs humusz szintét, kilugozási szintnek nevezzük. Ez a szint a benne lévő organikus anyag és a rajta lévő nedves alom miatt, azután pedig, mert az állomány a napsugárzás párolgó hatása elől védi ezt a réteget, az egész esztendőn át elég nedves marad. Az a csapadékvíz, amely az almon keresztül folyik, az alom biokémiai bomlásánál keletkezett anor - ganikus és organikus termékeket feloldja, miáltal a körülmények - hez képest többé-kevésbé savanyu lesz. Ez a savanyu sósoldat az alomtakaróval érintkező ásványi talajrétegbe belekerülve, az ás - ványai talaj silicatjait bontja, mely bomlás eredménye gyanánt ke - letkezett termékeket az oldat savanyúságának mértékéhez képest részben kioldja, részben pedig kiiszapolja. Ezen két jelenség nagymérvű fellépése esetén ebből a legfelsőbb ásványrétegből a bázisok mind kioldódnak, a talajkolloidok kiiszapolódnak és végül ebben a rétegben sok esetben csak a kvarchomok marad vissza. Még egyszer ismételjük, hogy ez csak azon esetben szokott előfordulni, ha az előbb említett jelenségek maximális módon működnek. A kilu - gzási szintet a talajtanban A betűvel jelöljük.

A kilugzási szint alatt az erdőállományok talajában egy második ugynevezett akkumulációs felhalmozódási szint ala - kul ki, amely Európában 75 cm-nél mélyebbre nem igen terjed. Tud - niillik tavaszkor a téli nedvesség a legfelső talajrétegen ke - resztül hatol és miután a fák párolgása az aránylag hideg évszak - ban nem nagy és az elhasznált víz mennyisége kisebb, mint a lefe - lé mozgó víz mennyisége, az almon és a legfelső talajrétegen ke - resztül ment többé-kevésbé organikus és anorganikus anyagot tar - talmazó talajvíz a mélyebb rétegbe szivároghat, amikor magával viszi mindazt, amit a felső talajrétegekből kioldott és kiisza - polt. Ennek a víznek a mozgása az alsó talajrétegébe a nyár e - lejéig tart, mikor a magas hőmérséklet folytán beálló nagy pá - rolgás a víznek további mélységbeli vonulását megakadályozza. A nagy párolgás folytán a fák a 40-60 cm mélységben lévő gyökerek - kel ebből a rétegből az egész vizet felszívják, miáltal a talaj - oldat annyira tömény lesz, hogy belőle a sók és a diszperszióban lévő talajkolloidok kicsapódnak. Ha ebből a rétegből a fák a vi - zet elpárologtatták, akkor a mélyebb gyökerek segítségével az alsó víztömegek felvételét is megkezdik, úgyhogy a mélyebb réte - gekből felfelé áramlik a víz, amely magával hozza a sókat és a talajkolloidokat, amelyek a víz elhasználása folytán kicsapód - nak és lerakódnak. Így jön tehát létre felső és alsó vízáramlá - sokkal kapcsolatban az akkumulációs B szint. Természetes, hogy ez a szintkialakulás nem ilyen egyszerűen megy végbe, hanem abban még más kolloidkémiai jelenségek is közreműködnek a fák vízfel - szívási működése mellett. A B szint az A szint felé az esetek tulnyomó részében lassu átmenetet mutat. Extrem esetekben nincs átmenet, hanem a két szint egymástól igen élesen válik el. A B szint alsó része majdnem mindig élesen megy át az alsó harmadik szintbe, a C szintbe, amely vagy az eredeti anyakőzet, vagy pe - dig az a földféleség, amelyből a felső két szint alakult.

Habár az erdőkben legtöbbször megtaláljuk az előbb említett három szintet, azért a két felső szint kialakulása na -

nagyon eltérő lehet, mely kialakulás függ az éghajlattól, a talaj kémiai összetételétől és a különböző erdőtipusoktól.

A lucfenyő állomány hatása a talajra. A lucfenyő erdő legjobban védi a talajt a hószagarak hatása ellen, zárt állományai-
ban diffúz fény uralkodik. A fák alatt nincsenek bokrok, a talaj-
takarót lehullott tűk és különböző mohok képezik. Alatta sokszor
száraz tőzeg és savanyu humusz halmozódik fel, a talaj pedig gyak-
ran tömött szerkezetű lesz. A luc sekély gyökérzete miatt nagyobb
mélységben a talaj levegőkicserélődése nem élénk.

A lucfenyő állományban képződött alomtakaró valameny-
nyi fafaj között a legsavanyubb, miáltal a rajta keresztül szivár-
gó csapadékvíz is igen savanyu lesz. Ezért ez a víz valamennyi a-
lomtakaró közül legjobban bontja az ásványi talajréteg ásványi
szemcséit is. Észak-Amerikában, Észak-Európában, Észak-Kelet A-
zsiában, a hatalmas északi erdők övében ez a savanyu hatásu ta-
lajnedvesség a legfelső ásványi rétegben majd minden ásványt fel-
bontott, csak a kvarchomok maradt vissza felbontatlanul. Ilyen mó-
don a lucfenyő erdő kilugozási szintje fehér, vagy fakó szürke ho-
mok. A fenyő talajszelvény B-rétegében a felhalmozódási szintben
leváló sok és talajkolloidok azt lassan kitöltik és eltömik, miál-
tal ez olyan tömött lesz, hogy megakadályozza, hogy a fák gyökerei
rajta áttörjenek. Így jön létre a kőfok / Ortstein /, amelyről már
többször volt szó.

Az erdei fenyő állomány hatása a talajra. Az erdei
fenyő idősebb korában erősen kiritkul, azért alatta a talaj bok-
rokkal és mohokkal települ be. Mely gyökerei miatt a levegőkicse-
relődés alatta igen élénk. Észak-Németország síkságain, homokon,
az erdei fenyő nagy állományokat alkot és alatta Erica és Calu-
na telepszik meg, de ép emiatt az erdei fenyves lassan a fenyér-
be megy át.

A bükkfa állomány hatása a talajra. A bükk az összes
fafajok között talán legerősebben befolyásolja az alatta levő ta-
lajt. A teljesen zárt állományban legfeljebb kora tavaszkor van
egynéhány gyomnövény, amelyek mikor a bükk kihajt, már be is fe-
jezték vegetációjukat. A talaj humuszát bükkfa állományban csak
a bükk hullott levelei és ágai képezik és ha a lehullott organi-
kus anyag kellően el tud korhadni akkor elsőrangú feltalaj kép-
ződik, melyben a talaj mikroorganizmusai nagyon elszaporodnak.
Ebben az esetben a bükk a legjobb talajjavító fafaj. Ilyenkor a
bükk mullon áll. Ez abban az esetben szokott előfordulni, ha a
termőhely elég meszet tartalmaz, mert akkor a bükkalom bomlásá-
nál keletkezett humuszanyagok bázisokkal telítve vannak és a kor-
hadó lombon átszivárgó esetleges savanyu csapadékvíz a mész által
közömbösítve lesz, úgyhogy ez a talajnedvesség nem képes a leg-
felső talajréteget erősen szétbontani és kiiszapolni. Azért ilyen-
kor a kilugozási szintben nincsenek olyan kimosások, mint a fenyő-
erdők szelvényében és a kilugozási szint mindig laza szerkezetű
és enyhe humusz van benne. A B szint ez esetben nem tömött és kő-
fok szokott kialakulni. Így van ez a svédországi és dániai bük-
kösökben, ahol az aljnövényzet Oxalis-Majanthemum típusu. Ilyen

az u.n. "Braunerde" talajszelvény keletkezik. Viszont ha Asperula és Oxalis az aljnövényzet a kilugozási szint egy kissé ki van mosva, akkor gyenge podsólos talajok keletkeznek. Dunántulon: Fejér, Veszprém, Tolna és Baranya megyében a bükk lösz dombokon képez nagyobb állományokat, amelyek kiirtása után mezőgazdasági művelés alá veszik a talajt. Ilyenkor a termőréteg vörös-barna színű lesz, mert a megműveléssel az alsó vasas B szint kerül a talaj felületére. Ezek a barna vasas talajok.

Ha azonban a bükk olyan talajon van, amelyben igen kevés a mész, vagy pedig a nedvesebb éghajlat hatására a talaj bázisokban elszegényedik, akkor a bükk talaj szelvénye egész más lesz. A bükk állomány alatt ez esetben nyers humusz, sőt bükkzőzeg is alakul ki, amelyből nagymennyiségű savanyú humusz képződik, amely a csapadékvízben részben feloldódik és mint ilyen az ásványi talajréteget erősen bontja, mikor a kilugozási szintben egy hatalmas fakószínű réteg keletkezik. Ez utóbbi alatt viszont egy tömött B réteg képződik, amely igen sokszor kőfokos kialakulással. Különösen homokos talajok felett alakul ki sok savanyú humusz és azért ezekben a talajokban rendszeren erős hőfokot is találunk. Miután az ilyen bükkösökben a nyers humusztakaró tetemes vastagságú lehet, ilyen területeken természetesen erdőfelújításról szó sem lehet. A nyers humusz és a kőfok Nyugat-Skandinávia bükköseiben szokott előfordulni, ahol a Myrtillus típusú aljnövényzet uralkodik. Dániában szintén képződik nyers humusz és hőfok olyan bükkösökben, amelyben a Myrtillus Trientalis típusú aljnövényzet alakul ki. Nyugat-Németországban és a Nyugat Baltikumban szintén vannak hatalmas bükkösök, ahol nyers humusz és helyi kőfok képződmények kísérik őket. Mindezekből látható tehát, hogy nem állíthatjuk azt, hogy a bükk felhalmozódási szintjében vaskőfok nem képződhetik.

A tölgyfa állomány hatása a talajra. A tölgy, ellenében a bükkkel, nem védi a talajt. A napsugárak, a szél és a tul-erős csapadékok a tölgyerdőben már éreztetik rossz hatásukat. A tölgy alatt ritka állása miatt csak mérsékelt mennyiségű alom keletkezik, mely nagyon gyorsan elkorhad, de ép azért nyers humusz-vagy tőzegképződés - ha a talaj és az éghajlat megfelelő - nem valószínű. Ritka állása miatt gyomfák és így különösen meggyoró szaporodhat el alatta, de a dudvák sem ritkák.

A tölgy mély karógyökereivel, továbbá idősebb korában a nagyon is kiterjedt mellégyökereivel lazítja a talajt és annak mozgás szerkezetét elősegíti. Ilyen erdőben a talaj levegőkicsérelődése nagyon élénk.

Miután a tölgyfaerdőben kialakuló alomból képződött humusz gyengén savanyú, azért a talaj lombtakaróján az átszivárgó csapadékvíz oldó és bontó hatása gyenge és így a tölgy állagokban általában a felső szint csak gyengén lugosódik ki. A tölgyerdőkben a gyökök által felvett talajoldat vasat tartalmaz, amely a gyökérben lévő cserzőanyaggal a vasat kicsapja és ilyen módon a gyökér egész anyaga megkövesül. Ezek a megkövesedett gyökök egész vasköves réteget alkotnak a felhalmozódási szintben.

A vaskövek nagysága természetesen a gyökér vastagságától függ, de a legtöbbször mogoró vagy börső nagyságu. A vasköves gyökerek közötti réteg a felhalmozódási szintben rozsdás barna színű lesz, azoktól a vastartalmu anyagoktól, amelyek a kilugozási szintből kimosódnak. Ez a vasköves vasrozsdaszínű réteg 20-30 cm vastag, de alsó határa nem egyenes, hanem a szívógyökerek mentén lefelé hegyben végződő zacskók alakjában ereszkedik bele az anyakőzetbe. Nedvesebb éghajlat alatt, mint /pl. az orosz tschernosem és a podsol közötti területeken/ a tölgyfaállományokban a kilugzási szint már erősebben alakul ki, mikor a tölgyfaállományokban a szürke erdei talaj szelvénye képződik. A mezősgéi erdős steppe északi részében a tölgyállományok alatt már mérsékelt podsolos talajszelvény is kialakulhat. Dániában, Holsteinben erős humidklíma alatt a nagyon ritka őstölgyesekben igen sok nyers humusz képződik, mikor kőfok és erős kilugozott felső szint mutatkozik. Ez esetben azonban a nyers humusz nem a tölgy lombzatából ered, hanem az ilyen tölgyesekben fenyér vegetáció alakult ki és ebből keletkezik.

A Magyar-Alföld homokos erdőtalajainak mikrobiológiai jellemzése.

Ezen a téren az intézetünkben végzett vizsgálatok az -
zal az eredménnyel végződtek, hogy a homokos erdőtalajok általában
számszerűleg kisebb baktériumflórával rendelkeznek, mint a
kötött erdőtalajok, mégis a homokos erdőtalajok kitűnő levegőkapa-
citása következtében olyan élénk lesz a baktériumok működése, hogy
a kisebb szám dacára a talajlélekzés és ezzel együtt a korhadási
folyamatok intenzitása semmiben sem marad a kötött erdőtalajok bio-
lógiai működése mögött. Különösen fontosak az alföldfásítás szem-
pontjából a különböző még be nem erdősített, homoktalajokra vonat-
kozó mikrobiológiai vizsgálatok. Ezeknek a célja az volt, hogy a ta-
lajjellemző növények, illetve növényi asszociációk a talaj bioló-
giai állapota közötti összefüggéseket kimutathassuk. A kutatások
beigazolták, hogy a homokosított erdőtalajok biológiai állapota
és a talajt jellemző növénytársulások kialakulása között határo-
zott összefüggések vannak és ahol a Kis és Magyar féle növényosz-
vetkezetek összetétele rosszminőségű homokos talajt jelez, ott a
talaj biológiai állapota is minőségileg és mennyiségileg rosszabb
állapotban van.

Általában azokon a talajtipusokon, amelyeken *Fumana vul-*
garis, *Salix rosmarinifolia*, *Poa angustifolia*, *Festuca*
vaginata, *Calamagrostis epigeios* játszák a vezérszerepet, a talaj
rossz biológiai állapotban van, az összes baktériumszám csekély,
hasonlóképpen a különböző fiziológiai csoportokhoz tartozó baktéri-
umok száma is a minimumra száll alá. Ezért úgy az összes N-tarta-
lom, mint a nitrát N-tartalom kicsi lesz.

A legsivárabb képet adják a teljesen kopár területek,
míg a Fumanával fedett kopár homoktalajok már valamivel jobb sa-
játságokat mutatnak.

Azok a talajtipusok viszont, amelyeken az *Anthriscus*
trichospermus, *Polygonum arenaria*, *Euphorbia cyparissias* a vezér -
növények, már jó biológiai állapotban vannak.

A következőkben egy táblázatot közlünk, amely világo-
san megmutatja a fent tárgyalt összefüggések alapjául szolgáló
quantitatív biológiai jellemzések eredményeit.
Ennek a megértéséhez álljon itt a következő terület leírás.

(Szegecvidéki erdők:

A. 19 éves akácerdő 0.8 záródással, jó talajon, humuszképződéssel. Aljnövényzet: *Urtica dioica*, *Anthriscus trichospermus* és *Polygonum hordeum*.

B. A-val összefüggő hasonló koru erdő, de rossz talajon, rossz növekedéssel. Vezérnövényei: *Poa angustifolia*, *Euphorbia cyparissias*, néhány *Festuca pseudovina* és *Triticum repens*.

C. Futóhomokon nőtt 7 éves sarjerdő gyér aljnövényzettel. Vezérnövényei: *Fumana vulgaris*, *Festuca vaginata*; gyérebben előfordulók: *Silene otites*, *Centaurea Tauscheri*, *Alkanna tinctoria*, *Euphorbia Gerardiana*, *Stipa capillata*.

D. Futóhomokon nőtt 18 éves jó záródású 32 éves akácerdő, aljnövényzet nagyon gyér *Anthriscus trichospermus*.

F. Futóhomokon nőtt rossz növekedésű 32 éves feketefenyő állomány, fitka aljnövényzettel; *Calamagrostis epigeios* és *Salix rosmarinifolia*, amelyek telepítés előtt az egész területet borították.

G. Futóhomokon nőtt feketefenyves, szép növekedéssel, vastag humuszréteggel. Aljnövényzet gyér *Hieracium umbellatum*.

H. Teljesen kopár terület.

J. *Fumana vulgaris*-al borított rossz homoktalaj.

K. Akác-, tölgy, szil- és kőrisből álló nagyon szép növekedésű idős állomány. Természeti emlék.

Természetesen az erdősités hatása a talaj biológiai állapotát lényegesen megjavítja. Fafajok szerint azonban a hatás változó. Az akáccal való erdősités általában a talaj humusztartalmát nem igen növeli. Ennek oka abban keresendő, hogy az akác földrehullott lombozata igen gyorsan korhad, és minthogy a homokos talajok amúgy is jó levegő gazdálkodással rendelkeznek az aerob úton történő cellulóz-bontás itt csakhamar elvégzi munkáját, s így jelentősebb, mélyebbreható humusztartalom nem tud kialakulni. Ezzel szemben a fekete- és erdeifenyőről történő erdősitésnél már lényeges szerepet játszik a nehezebben korhadó fenyőtűk humuszképző sajátossága. Ezekben az erdőkben a rendszerint már pár évtized múlva kiadós humusztakarót találunk. Viszont az akác-erdők talajában, az akác gyökereivel együttélésben élő *Bacillus radicicola* működésének hatására elég magas össz- és nitrát-N-tartalom alakul ki. Az akác ugyanis a talaj nitrát-N-tartalmát nem veszi igénybe, miután N-szükségletét a fenti együttélés segítségével közvetlenül a levegőből fedezi. Ez az oka azután annak, hogy az akác-erdők talaját, bár a humusztakaró, amint említettük

Kísérlet		Anaerob	N-kötők (aerob és anaerob)	N. lók	nitrifi- kálók	
Kecskeméti ákácus XIII	2 600000	18 10000	780000	44000	44000	460 000
" " XIV.	2 800000	600000	200000	220000	220000	500 000
Szegedi ákácus . .	3 500000	500000	900000	220000	44000	620 000
"- fekete-fenyves	3 900000	600000	4 500000	400000	44000	260 000
Kiskomáromi erdei- fenyves	9 000000	2000000	11 000000	10010	10000	100 000
Kiskomáromi tölgy- erdő	36 000000	8800000	44 800000	5100	10000	100 000
Póiskolai lucos . .	8 000000	1800000	9 800000	1100	1000	10 000
Hollandis-Váderói bükkerdő	11 500000	3000000	14 500000	10010	10	10 000
Hollandis-Váderói erdei fenyves - .	2 950000	500000	3 450000	100	--	10 000
Hollandis-Váderói égererdő	5 700000	5000000	10 700000	1000	10	10 000
Ágfalvi sarjerdő .	10 000000	2000000	12 000000	1100	1000	10 000
"- lucsfenyves .	8 150000	950000	9 100000	2000	1000	10 000

A XIII. és XIV. sz. kecskeméti ákácusok, a szegedi ákácus és fekete-fenyves baktériumszámai 1930. évi átlagadatok.

1 g nedves földre vonatkoztatva. - Homokos talajok.

A kísérleti terü- letek jelzése.	A baktériumok száma*					
	Aerob	Anaerob.	Összesen.	N- kötők.	Nitrifi- kálók.	Denitri- fikálók.
A. Ákácus	12000000	2100000	14100000	1000	10000	10000
B. "-	2900000	1200000	4100000	1	100	100000
C. "-	2480000	500000	2980000	0	0	100000
D. "-	9500000	2000000	11500000	110	10000	1000
F. Fekete-fenyves . .	1800000	1200000	3000000	0	100	10000
G. "-	2600000	2400000	5000000	10	100	100
H. Kopár	540000	400000	940000	0	1	1000
J. "- Fűszárral .	2500000	100000	2600000	0	100	10000
K. Természeti emlék	11000000	3000000	14000000	110	100000	100000

1 g nedves földre vonatkoztatva.

óra.	gő CO ₂ tartalma mg. pro l. átlag adatok.			Megfigyelési idő.
	0,3 m	3 m	9 m	
	magasságban.			
1,211	0,725	--	0,596	1928. VII.30.-VIII.14.
0,560	0,687	--	--	
1,182	0,729	--	0,491	
0,847	0,708	--	--	1928.VIII.31.- IX. 7.
0,878	0,901	0,745	0,628	
1,057	0,843	0,732	0,478	
0,924	--	0,935	--	1928.VIII. 1.-VIII.31.
0,870	0,779	0,748	0,669	
0,298	0,707	0,677	0,627	
0,237	0,641	0,578	0,537	1926. VII.14.-VIII.3.
--	--	--	--	
--	--	--	--	
				1926.VIII.28.- IX.11.
				1926. VI. 19.- VII.7.
				1928.VIII. 1.-VIII.31.

A baktériumok száma.				Összes-N g pro g talaj	Nitrat-N g pro g talaj	Megfigye- lési idő
Cellulose- bontók.	Aerob carbamid- bontók.	Anaerob vajsav- bontók	Aerob cellulose bontók.			
11 000	10,000	100 000	10 000	0,000 832	0,000 0540	1928. IX.12.
1 100	100	100	1 000	0,000 150	0,000 0120	
10 100	1 000	10 000	10 000	0,000 334	--	
101 000	100 000	1 000	10 000	0,000 568	0,000 0181	
11 000	100	1 000	10	0,000 640	0,000 0105	
100 000	100	1 000	10 000	0,000 960	0,000 0198	
110	0	0	100	0,000 124	0,000 0005	
11 000	10 000	1 000	1 000	0,000 310	0,000 0098	
40 000	1,000 000	100 000	100 000	0,000 920	0,000 0510	
---	---	---	---	---	---	

az itt gyorsan lefolyó bomlási folyamatok következtében nem tud erőteljesen kialakulni, mégis a talajban felhalmozódott N, de főleg nitrát-N tartalom következtében a mindig dus N jellemző flóra / Sambucus, Urtica, Galium, Mercurialis stb./ borítja. A talajjavítás szempontjából kétségek nélkül a fekete-és erdeifenyővel való javítás a kedvező. Ezeknek a humuszrétege lényegesen lassabban korhad, hosszabb ideig a talajban marad és több éven át táplálja a zokat a nemesebb fafajokat, illetve csemetéket, amelyeket ezek után telepítünk. A gyors korhadás nem mindig előnyös az erdőtalajára az energiagazdálkodás szempontjából. Ha az alomréteg gyorsan bomlik, akkor a benne felhalmozódott tartalék tápanyag az aerob viszonyok következtében mint szén-sav a levegőbe és mint víz a talajba jut. Minthogy a levegőben levő szén-savat a levegő mozgása csakhamar tovább viszi, úgy ilyen módon ezek a táplálékanyagok túlkorán vesznek el a talajon élő fiatal csemeték szempontjából. Nem szabad ugyanis elfelejtenünk, hogy a vágás után az erősebb felmelegedés következtében még jobban meggyorsul a humuszanyagok korhadása és így ezek jórésze veszendőbe mennek anélkül, hogy a megtelepített új fafajok ezt kellőleg ki tudnák használni. A homokos talajok fásításának a lényege mindig azzal a célkitűzéssel van egybekötve, hogy ezeknek a tartós humusztartalmát kell gyarapítani és ezzel a talaj tápanyagkészletét kell növelnünk. Ennek a célkitűzésnek a szemelőtt tartásával kell az erdőgazdasági rendszabályainkat megszabni.

A szikfásítás talajbiológiai vonatkozásai.

Alföldfásításunk egyik legkomolyabb problémáját képezi a többszázezerholdat kitevő alföldi szikesek talajának a megjavítása. Mindjárt előljáróban rá kell mutatnom arra, hogy lényegileg ez is talajélettani probléma.

Amint tudjuk két típusu szikestalajjal van dolgunk hazánkban. Az egyik a szerkezet nélküli szikestalaj típus, az úgynevezett szoloncsák. Ennek jellemző sajátága, hogy kémhatása erősen lúgos, és azon felül szódátartalma is rendszerint magas. Ezeknek a talajoknak az erdősítése meglehetősen nehéz probléma. A talajélet e talajokban minimális méretekre van redukálva. Egyébként a szikes talajok mikroflórájában faji összetételében erős eltolódás mutatkozik a sugaras gombák / Actinomycetes / mennyiségbeli viszonya felé. Mint minden klimatikus, továbbá fizikai és kémiai körülmények között kialakult elsősorban száraz arid sivatagi és fél-sivatagi talaj típuson szikes talajokban is a sugaras gombák, amelyek ugylátszik nagy ellenálló képességet tanusítanak, vannak nagyobb számban kifejlődve. Eppen a kedvezőtlen életviszonyok hatására szaporodnak el azután ezekben a talajokban a spórátképző baktériumok is a spóráknélkül tenyésző baktériumok rovására. Ez nyilvánvaló. A spórával rendelkező fajok ugyanis és a sugaras gombák könnyebben ellen tudnak állni a talaj kiszáradásának, hiszen spóra alakjában hosszabb ideig kibírják anélkül, hogy elpusztulnának. A szoloncsák típus talajában igen kis baktériumszámot találunk. Számuk rendszerint 100-

és 300 ezer között ingadozik. E talajok megjavítása egyedül növényzet, vagy erdő megtelepítése segítségével nem jár kedvező eredmény-nyel. Általában tudjuk, hogy a szoloncsák típusu talajokban nem is igen sikerül az erdősítés, mert hiszen fáink a talaj lugos kémha-tását nem igen bírják ki. Ahhoz azonban, hogy annak a típusnak a talajait meg tudjuk javítani és talajéletét kellő mértékre tudjuk hozni, még e talajok szalmás istállótrágyázása sem elegendő. Az istállótrágyával való javítás ugyan átmenetileg a baktériumoknak a számát megnöveli és a sugarasgombáknak a relatív mennyisége ki-sebbé válik, mégis nem jár kellő eredménnyel, mert nem tudja a talaj szódatartalmát, amely pedig lényegesen akadályozza a kedve-ző talajélet kifejlődését, ellensúlyozni. A meszezés már jobb e-redményekkel jár. Különösen jó eredménnyel jár ez akkor, ha amugy is mészszegény talajjal van dolgunk. Ezekben a talajokban a már vázolt kedvezőtlen klimatikus, továbbá talajszerkezeti saját-ságok következtében a nitrifikáció, továbbá a levegőből történő N-kötés is erősen háttérbe szorul. Jellemző, hogy ezekben a talajok-ban a cellulosebontó baktériumok majdnem teljesen hiányoznak, csak akkor lépnek fel, ha már a talajokat istállótrágyával, de főleg kal-ciumszulfáttal, vagy valamelyik savas mészes vegyülettel, vagy ujab-ban bauxittal megjavítottuk. A solontschák típus talajéletének a megjavítása szempontjából még rá kell mutatnom arra is, hogy ezek-nek a feljavításánál a már említett meszezésen kívül a komposzt talajokkal való feljavítás is tekintetbe jöhet, amely jobb hatást gyakorol a talajélet felélénkítésére, mint az istállótrágya. Termé-szetesen esetről-esetre a talajok megfelelő meszezését is figye-lembe kell venni.

Az erdősítés szempontjából fontosabbak számunkra a ti-szántuli szerkezettel bíró, ugynevezett solonetz típusu szikesta-lajok. Amint tudjuk, ezeknek viszonylag kisebb a szódatartalma, bár esetről-esetre itt is lehetnek kivételek. Általában ezekben a talajokban valamivel magasabb baktériumflórát találunk és a su-garasgombák nincsenek olyan erősen elszaporodva, mint a solontschák típusu erdőtalajoknál. Itt is a meszezéssel érjük el a legjobb e-redményeket. De azonfelül a talajművelési eljárások, ekekapával való lazítás szintén erősen javíthatják a talaj biológiai saját-ságait. Tudjuk, hogy a solonetz típusu talajok kedvezőtlen hatását elsősorban a Na-ionok utalkodó helyzete következtében fel-lépő rossz fizikai sajátosságok okozzák. Ezeknek a talajoknak rossz a levegő gazdálkodása. Minthogy a meszezéssel éppen ezt a saját-ságukat javítjuk meg és szerkezetüket fokozatosan morzsalékos-sá változtatjuk, természetesen a talaj levegőgazdálkodása is kedve-zőbbé válik és így az aerob baktériumok jobban elszaporodhatnak. Ezeknek a talajoknak egyébként meglehetősen humusztartalma is van. Különösen áll ez a nem legeltetett, vagy nem erősen legeltetett szikestalajoknál. Természetesen a talajra hulló növényi maradvá-nyok feldolgozása a talajélet hiányossága következtében így sem megfelelő.

Akadályozza azon felül a talajéletet mind a két típus-nál ezeknek a talajféleségeknek az erős kiszáradása, amely külö-nösen a nyári hónapokban következik be. Erdőgazdasági szempontból ezeknek a talajoknak az erdősítésénél döntőszóval jön figyelembe az a körülmény, hogy sikerül-e ezeknek a fizikai és kémiai saját-ságait az erdősítés segítségével megjavítanunk, anélkül, hogy költ-

séges, mesterséges javítási módokat kellene alkalmaznunk, /meszezés, dígóföld stb./ Tudjuk, hogy a talajok 4 osztályába vannak besorolva, amelyeknek erdősítését jelenleg a jól bevált Magyar féle rendszer szerint hajtjuk legelőnyösebben végre.

A IV. osztályu sziken, amelynek közismerten nagyon rossz kémiai és fizikai sajátságai vannak, de különösen a vizgazdálkodása nagyon előnytelen, a fásítás nem kecsegtet eredménnyel. Csak a III. osztályu sziknél lehet-némi reménnyel a fásítás munkáját megkezdeni. Tudjuk, hogy ezen a talajféleségen tamariskát, olajfűzet, eleagnust, vagy vadkörte szoktunk alkalmazni. A nemesebb fafajokat kőris, szil, tölgy, csak a II. osztályon lehet felhasználni. Az erdő hatása itt is elsősorban a talajélet megjavításában nyilvánul meg. Hazánkban két kísérleti erdősítésünk van, amelynek a sorsát és történetét nyomon követtem. Az egyik a 20-as években Magyar által létesített Püspökladányi-telep, a másik pedig az 1938-ban intézetünk által beerdősített Jénőmajori szikes terület. E területen újabban most már a vizsgálatokat is elvégeztük és ezeknek az alapján már kimutatható, hogy az erdősítés csakugyan képes arra, hogy ezeknek a talajoknak a megjavításánál természetátalakító hatást fejtessen ki. A talajélet megjavítása tulajdonképpen elsősorban humusz probléma. Ha a kezdeti nehézségeken az erdő már túl van és az első években a csemeterosok közötti talaj lazításával is gondoskodunk a talaj viztartalmának a megóvásáról, abban az esetben a talajnak a felsőbb szintjeiben fokozatosan megindult a baktériumélet. A lehullott lombózat évről-évre korhadni kezd és a keletkezett bomlásitermékek a talaj lugos kémhatását is meg fogják javítani. De ezen felül a korhadó humusszal telített felsőrétegek fizikai sajátságai is megváltoznak, előnyösebbé válnak a kémiai tulajdonságok is, mert hiszen az állomány koronái és a lehulló, illetve korhadó alom megvédi a legfelső rétegeket a kiszáradás ellen, javítja a talaj vizgazdálkodását és ezáltal elmarad az a káros kiszáradás, amely éppen a talaj nagy vízvesztése folytán a káros sóknak alulról-felfelé való vándorlását eredményezte. Az eddig végrehajtott erdősítések azt mutatják, hogy különösen a II. osztályu szikestalajokon az erdő jótékony hatása alatt a talajélet mind jobban és jobban kifejlődik és ennek folytán a talajok eddigi rossz tulajdonságai fokozatosan megjavulnak. Különösen lényeges, hogy a szikestalajokban a tulajdonképeni nitrifikáló és a levegő szabad N-jét megkötő baktériumok csak nagyon kis számmal vannak képviselve, vagy egyáltalán hiányoznak. Igen érdekes, hogy míg a solonetz-típusu talajokban az *Azotobacter* teljes hiányzik, a soloncsák-típus talajban itt-ott néha jelentékeny számmal meg lehet találni. Az erdősítés és a kialakuló egészséges erdei humuszos talaj kétségkívül ezen a hiányon is segíteni fog. Közismert, hogy a szikestalajok N-tartalma rendkívül kicsi. Általában a nitrifikáló baktériumok mind két típusában igen kis számmal vannak képviselve. Az előbb említett két tulajdonságnak az eredménye azután az a körülmény, hogy a talajoknak összes N és nitrát N-tartalma is minimális lesz. Befejezésül még rá akarok mutatni arra a körülményre, hogy éppen az elégtelen nitrifikáció következtében a nitrifikációnak a menete nagyon gyakran a nitrit fokon megakad. Általában éppen a kedvezőtlen, főleg a solonetz típusu talajokban előálló levegőgazdálkodási viszonyok folytán ezekben a talajokban a denitrifikáció rendszerint erősebb mérvű, mint a nitrifikáció. Ez a körülmény és a N-kötő mikroorganizmusok hiánya okozza a talajok feltűnő N szegénységét. Az erdősítés hatására

vonatkozólag lefolytatott eddigi vizsgálatok azt mutatják, hogy ott, ahol az erdő egyszer meg tudott telepüdni, ott a téren is fokozatosan előnyös változást fog előidézni.

A talaj élettani jelentősége és szerepe a gyakorlati erdőgazdaságban.

Az eddigiek folytán megismerkedtünk a talaj élettani, a talaj mikrobiológia elméleti alapvetésével és annak több, a gyakorlati élet különböző szektorában való felhasználásával. Szándékosan hagytam utolsó fejezetként a talaj élettani erdőgazdasági vonatkozások kimunkálását, így az eddigiek alapján dialektikus keretbe illesztett képet kaptunk arról a szerepről, amelyet ez a fiatal és mégis olyan fontos tudomány ad az erdő életében betölt, és arról a jelentőségről, amely a gyakorlati erdőgazdaságban méltán megilleti. Az erdőtalajban élő mikroszervezetek, itt pedig hangsúlyozom a baktériumok, gombák, együttvéve az erdő háztartásában, az erdő életterének a felépítésének semmivel sem helyettesíthető igen fontos feladatot töltenek be. Ők tartják fenn azt a kapcsolatot, azt a körforgást, amely a fák alkotó szervesanyagok, illetve a talajból felvett tápsók kapcsolata között fennáll. Az erdő életterében a szerves komponens köti össze a szervetlennel. Az erdő talaja, úgy, mint minden más termőtalaj élő szervezetnek tekinthető. Az erdő életterét csak akkor fogjuk a dialektika módszerével megérteni és vezetni tudni, ha tudtára érjük annak, hogy a talajborító növényzet bokrok, cserjék, fűvek és más légyszáru növények, továbbá az erdő talaját benépesítő mikroszervezetek, baktériumok, gombák, moszatok, véglények és más mikro és makro állati szervezetek egy állandó, eleven életet élő, szervesen egybefonódott életközösséget alkotnak, amelynek minden tagja nélkülözhetetlen az egész, harmonikus együttműködés szempontjából. Ha az erdőgazdaság termelékenységét fokozni akarjuk és fenn akarjuk tartani, akkor elsősorban arra kell féltő gondot ügyelnünk, hogy ennek az életternek a helyes biológiai egyensúlya zavartalanul megtarthassa dinamikai helyzetét és ne szenvedjen sem külső természeti tényezők, sem az erdő gazdaságban alkalmazott mesterséges beavatkozások révén érezhető zavarokat. Az erdő életterét a talajban lefolyó égési oxidációs korhadási folyamatok látják el szén-savval. Viszont az asszimiláló, zöld földfeletti növényzet oxigéntermelése az, amely nélkül a talajban egészséges korhadási folyamatok nem jöhetnek létre. Az erdő talaja szolgáltatja a fának a korhadás folytán kialakult szervetlen tápanyagokat, az erdő talaja szolgáltatja a vizet, amely tényezőknek egészséges együttműködése adja meg az erdő életterében lefolyó biológiai folyamatok hasznos ütemének a mérvét. Az erdő talaja, ismételten hangsúlyozom, önmagában véve is élő szervezet, amely lélekszik, táplálkozik, lebont, felépít, oxidációs redukációs folyamatokat végez és így illeszkedik bele abba az életközösségbe, amelyet mi az erdő életközösségének nevezünk. A fák táplálkozása szempontjából különösen fontos az erdőtalajban lefolyó nitrifikáció és denitrifikáció egészséges viszonya, és az erdő talajában lefolyó gomba

működés, amely mint tudjuk egyedül képes arra, hogy a földrehullott alom elfásodott cellulózvázat olyan állapotba hozza és úgy felbontsa, hogy végül is a gombák és a hozzájuk csatlakozott cellulózbontó baktériumok együttes munkája révén az erdő talajában a kívánt egészséges korhadási folyamatok alakuljanak ki. Az erdőtalaj mikrobiológiai jelenségei között úgy a cellulózbontás, mint a fák N táplálkozása szempontjából ezért a Mykorrhiza kérdésének igen fontos tulajdonságot kell tulajdonítani. Ugyancsak ilyen fontosságot kell tulajdonítanunk az erdőtalaját benépesítő gombák életműködésének is. Persze itt elsősorban a hasznos munkát végző, tehát nem parazita károsító, hanem a saphrophyta gombák működéséről van szó. Az erdőtalajában lefolyó biológiai folyamatok közül tehát a humalkotórészek korhadása útján való előállításán kívül két mikrobiológiai folyamat jut súlypontos helyzethez. Az egyik a cellulóz korhadása és ezzel együtt a humuszképződés és a talajlélegzés, a másik pedig az erdőtalajában végbemenő N körfolyamat lefolyásának egészséges, hasznos keretek között való biztosítása. Az erdő talajlélegzéséről szóló fejezetben elég részletesen rámutattam ennek a problémának a nagy jelentőségére és vázoltam az egész körfolyamat időben és térben való lefolyását. Ráműtattam ott arra, hogy a talajlélegzés folyamán felszabaduló szén-sav jelentőségét csak akkor tudjuk megérteni, ha majd térbeli dimenziókban értékeljük ki a kérdést. De lokális szempontból a talajlélegzésnek a vele összefüggő cellulózbontásnak igen nagy jelentősége van az egészséges, tehát telített humusztakaró kialakulása szempontjából. Azt, hogy az erdőtalajában ne savanyu, tökéletlenül, illetve az erdő élete szempontjából nem megfelelően felépített humuszanyagok keletkezzenek egy tényező befolyásolja döntően. Nevezetesen az aerob és anaerob cellulózbontó baktériumok kölcsönös viszonya. Ezt a viszonyt természetesen az erdő életterében az erdőgazda nem szabályozhatja korlátlanul és mesterségesen. Ez nagy részben a talaj szerkezetétől és főleg, -hiszen a talajszervezet kialakulásánál igen nagy befolyást gyakorolnak az éghajlati tényezők, - a klíma hatásától is függ. De ezeken a kereteken belül nyugodtan állíthatjuk, hogy igen is a helyesen keresztülvitt gazdasági beavatkozásokkal meg van a lehetőség arra, hogy ezt a helyzetet is szabályozni tudják. Az erdő talajhumusz gazdálkodásának két véglete van. Az egyik az amikor hirtelen a tarvágás útján szabaddá tett vágásterületen a nagyobb melegmennyiség következtében, amely a talajra jut, hirtelen megélenkül a cellulózbontás munkája és a humusztakaró olyan gyorsan lebomlik és a kialakult aerob viszonyok folytán olyan gyorsan változik át szén-savvá és vízzé, hogy nem tudja a következő években telepített akár magvetéssel, akár csemeteültetés útján létrehozott fiatal nemzedéket táplálni. A másik véglete ennek a körfolyamatnak pedig akkor jelentkezik, amikor részben tőzeges-, lápos, mocsaras vagy erősen átnedvesedett erdő talajainkban az anaerob folyamatok jutnak túlsúlyba, a cellulóz rothadásnak indul és tökéletlenül elbomlott szervesanyagok mind magasabb savanyu természetű rétegeket alkotó bomlási termékek keletkeznek. Az erdő talaját egy tökéletlenül elkorhadt, egészségtelen savanyu humusztakaró fogja borítani, ezt a csapadékvíz kimossa. Az így kilugozott savanyu termékek az alsóbb szintbe jutnak, elhasználják a talaj mésztartalmát, s a talaj savanyuvá, a fák tenyészetére előnytelenné és kedvezőtlennek válik.

De ugyanez a helyzet áll be a hűvösebb, tehát a lehullott csapadékvizet tovább megtartó északi-északnyugati, nyugati

kitettségű lejtős erdőtalajoknál is. Különösen akkor, ha itt még a sűrű zárlat is kedvez annak a folyamatnak.

A gyakorlati erdőgazdaság előtt mind a két kép ismeretes. Itt említem még meg azokat a termőhelyeinket is, amelyeknél ősszel, tavasszal, télen nagyobb a kelleténél a nedvesség tartalom, tehát nem fejlődhetnek ki egészséges bomlási folyamatok, nyáron pedig erősen kiszáradnak és ilyenkor megint a víz hiánya akadályozza a hasznos baktériumok munkáját. Ilyen folyamatok alatt alakul ki az ugynevezett száraz tűzeg. Az egész problémát a maga teljességében csak akkor fogjuk megérteni, ha úgy ennél, mint az erdők talajában folyó, sőt az állományok életében is létrejövő biológiai körfolyamatoknál a / nedvesség, / csapadék és a hőenergia kölcsönös hatását egy komplex tényező gyanánt fogjuk fel, amely már ismerttetett "R" törvény értelmében szabályozza az állományok és a talaj életét. Itt gyakorlati szempontból két kardinális értéket kell megjegyeznünk, amelyekről egyébként már az előzőkben részletesen szöveltem. Meg kell jegyeznünk azt, hogy az állományok gyökereinek lélegzése és ezzel kapcsolatban az állományok életműködése szempontjából, de ugyan akkor a talajban lefolyó biológiai folyamatok egészséges egybekapcsolódása szempontjából is általában a talajvíz befogadóképességét a csapadékvíz csak 70-80%-ig telíthető, mert ezen túl, a már említett élőlények oxigénigénye, a szellőztetés hiányok, zavarok állanak be, amelyek káros kihatással vannak azaz erdő talajában lefolyó biológiai folyamatokra és ezen túl az állományok életének a zavartalan lefolyását károsan befolyásolják. A másik hőmérséklet kérdése. Ennek az optimális mérve, amint tudjuk 26-28°C-ig a talajélet, mint az állományok élete szempontjából. E téren a maximumot mi itt Középeurópában, de még Dél-Európában sem fogjuk túllépni. Legfeljebb a talaj legfelsőbb szintjeiben rövid ideig / alföldi rosszul zárult erdeinkben, azután az egyéb talajokon eszközölt tarvágások területén / de egyébként ez a faktor legtöbbször minimumban marad. Ezek között a keretek között kell most már a gyakorlati erdőművelési szabályoknak érvényesülni. Sem a tarvágás, sem a természetes felújítás nem merevedhetik meg dogmatikus rendszabályon.

Persze a természetes felújításnak még az a nagy előnye is meg van, hogy a fiatal, árnyékban növő új nemzedékek a nagyobb beárnyékolás mellett, amint ezt az élettantól tudjuk az ott kialakult nagyobb szén-savtartalmu levegőt, amely ott ezekben a szintekben még többé-kevésbé a szél elhordó hatásával szemben is védve van jobban ki tudják használni a maguk asszimilációs tevékenysége szempontjából. De ott, ahol talajaink nedvesek, ahol a túlságos víztartalom kialakulása, az előbb említett káros cellulóz bomlási folyamatokat hozhatja létre, az erőteljesebben keresztülvitt gáritések, ritkítások, majd a tarvágás is helyénvaló lesz. Mikor, milyen viszonyok között melyik eljárást alkalmazzuk, azt elméletileg, dogmatikusan előírni nem lehet és nem is szabad. Ezek helyes alkalmazásának egy feltétele van. Az erdőgazdaságnak tisztában kell lenni azokkal a törvényszerűségekkel, amelyek a talaj és az állomány életét szabályozzák, tudni kell ezeknek a viszonyát a termőhely adottságaihoz és ezeknek a figyelembevételével kell a gazdálkodás menetét irányítani. Azt is szemelőtt kell tartanunk, hogy az erdő-talaj a mélyebb rétegekben, a mélyebbrehatoló fagyókerek szívóhatása következtében rendszerint szárazabb, mint a mezőgazdasági talajaink.

Az eltérő nedvességi viszonyok főleg a talaj felsőbb rétegeiben alakulnak ki, amelyeknek vízgazdálkodása szempontjából az állományok védő és párolgáscsökkentő hatása már jobban érvényesül. És még egy alapvető szabályt kell megismernünk, amely tulajdonképpen a létfeltételét képezi az erdő helyes tápanyaggazdálkodásának. Nem szabad legeltetnünk és nem szabad az almot elhordanunk. Ha ezt megtesszük, rablógazdálkodást folytatunk, amelyet csak hosszú, évtizedek rendszeres gyógyító munkájával lehet később kiegyensúlyozni. A tarvágásos üzemmódnál pedig tartssuk szem előtt, hogy itt az állományok védőhatását sok esetben a kialakult dúsabb növénytakaró helyettesíti. Azt sem felejtsük el, hogy az erdőtalajnak ásványi talajkészlete nem kimeríthetetlen. Tudjuk, hogy fáink annyi tápanyagot igényelnek általában, mint a gazdasági növények, de ennek egy jó része 80-85%-a az alommal megint visszajut a földre és itt a bomlási folyamatok eredményeképpen, a talajban az erdő javítóhatása annyiban jelentkezik, hogy a fák mélyebb szintekből is elvonják a tápanyagokat, lombhullásukkal a talajnak visszaadják legalább nagyrésztben, és ennek eredményeképpen egy jóideig a felsőbb talajrétegek elhasznált tápanyagait az erdő jobban tudja pótolni, mint a mezőgazdasági növényeink életközössége, amelyek inkább a talaj felső rétegeiből vonják el a tápanyagokat. Az erdő alomtakarója és humusza az erdőgazdálkodás nagyértékű tartalékanyagát képezi. Ezzel kell helyesen gazdálkodnunk és ilyen módon tudjuk az erdő életét a legjobban szabályozni. Az erdő talaj N gazdálkodásánál hasonlószerzőpontok lesznek irányadók. Tudjuk, hogy a nitrifikációs folyamatok egészséges lefolyása szintén az erdő talajában lefolyó bomlási folyamatok aerob jellegéhez van kötve. Ahol nagyobb lesz a víztartalom, erősebb humusztakaró alakul ki, tulsulyra jut a denitrifikáció káros hatása. A gombák kétségkívül alkalmazkodnak az erdőtalaj savanyu kémhatásához. De a gombák által végrehajtott korhadási folyamatok szintén függvényei az erdőtalaj helyes erdőgazdálkodásának. Ezért erre is fokozatosan és nagy körültekintéssel ügyelnünk kell. A most mondottak érvényesek az erdő talajában lefolyó N kötésre is. Az erdő talajának az életterében tudjuk, hogy az ott uralkodó savanyu terméshatású bomlási folyamatok következtében az Azotobacter, amely pedig lényegesen több N-t tud megkötni, mint az anaerob viszonyok között élő Clostridium, csak nehezen tudja a működését jól kifejteni. Talajaink helyes levegő és vízgazdálkodásának a helyreállításával és az erre irányuló céltudatos, jól keresztül vitt művelési eljárásainkkal itt sokat segíthetünk. Végül egy tévhitet kell még eloszlatnunk. Évtizedeken keresztül hitték és terjesztették azt a tévhitet, hogy a tarvágás alkalmazásánál különösen addig, amíg a később kifejlődött takarónövényzet a talajt nem védi zavartalanul érvényesül a napsugárzás hatása, amelynek ultraibolya komponense tönkre teszi a talaj életét. Eppen az Intézetünkben lefolyó vizsgálatok igazolták be, hogy ez a felfogás teljesen helytelen. Az ultraibolya tehát rövidhullámhosszu és nagy rezgésszámu sugarakat, amelyeket a nap kétség kívül elég bőségesen juttat a földünkre a talaj legfelsőbb rétegei, mégpedig már a legfelső 1-2 mm szintet kitevő rétegek elnyelik és nagyobb hullámhosszu, kisebb rezgésszámu vörös, majd a talaj mélységében növekedő hullámhosszu infra vörös meleg sugárzássá változtatják át. Ha káros hatásáról beszélhetünk ez csak annyiban fog megnyilvánulni, hogy az így meleg sugárzássá átalakult rövidhullámú kémiai sugárzás folytán a talaj azon rétegei, amelyekben a legélénkebb baktériumélet folyik / 15-20 mma felszín felett/ jobban felmelegednek, ezáltal a baktérium

életet megélénkitik és a humusztakaró a már előbb említett gyakran előnytelen gyors korhadását fogják maguk után vonni. Befejezésül még egyszer hangsúlyozom: tanuljuk, ismerjük meg az erdő földalatti és földfeletti életterének nagy biológiai összefüggéseit, tanuljuk meg, hogy talajunk egy olyan élő szervezet, amelyben minden él és mozog és állandó kémiai és fizikai változásokon megy át. Ezért ezt soha se tekintsük holt anyagnak. És ha megismertük a talajéletét és az állományok életét befolyásoló törvényszerűségeket ezekhez szabjuk helyesen és dialektikusan gondolkodva a magunk erdőművelési rendszabályait.

Az emberi tevékenység hatása a talajra.

Az ember a talajra kétféleképpen hathat. Helytelen gazdálkodással termőtalajokat tesz tönkre. Erdőnek tarravágásával, elhagyott legeltetéssel nagy területek kopárcsodnak el, ennek következtében a hirtelen lefolyó csapadékvíz, a talaj felületén rendkívül nagy károkat okoz. Egész országrészek alakulnak át ilyen módon terméketlen talajokká, ahogy azt legjobban Isztria, Dalmácia és általában az egész Földközi-tenger körüli vidék mutatja, mely még több száz évvel ezelőtt erdővel volt borítva. Itt tudniillik hajó és más építési célokra kivágottfatömeget erdősitéssel nem pótolták és így a csapadékvíz és a Nap korlátlan szárító hatása a termőréteget teljesen tönkretette. Visszamaradt a minden termőképesesség nélküli Karst, mely ilyen állapotban a mesterséges erdőültetések elé már majdnem leküzdhetetlen akadályokat gördít. A hazánkban levő kopár és vizmosásos területek legnagyobb részét szintén ember kéz és tudatlanság eredményei. Korábbi századok erdőpusztításai.

Ugyanese az erdő gondatlan kipusztítása idézte elő északon a fenyvéreket a kőfok területeivel és a futóhomokot. A legújabb korban a Mississipi és Missouri közötti erdős területek kiirtásával, továbbá a praeriken folytatott rablógazdálkodással is óriási területeket tettek tönkre, amelyeket ma csak mesterséges eszközökkel lehet javítani.

Az emberi kéz azonban hasznos is a talajra olyankor, ha erdőterületeket, amelyek a mezőgazdasági művelésre alkalmasak, szántókká, kertekké, elromlott területeket trágyázással termőtalajokká alakít át, kopárokat, vizmosásokat, futóhomokot, karstot és fenyért befásít. Az erdei talajokat az emberiség már a legrégebbi időben irtással és égetéssel alakította át mezőgazdasági talajokká, amint ezt Közép-, Nyugat- és Észak-Európában látjuk, mely területek még másfél évezred előtt összefüggő hatalmas őserdő területek voltak, amelyekből a lakosság szaporodásával szántókat, legelőket, réteket alakítottak. Sajnos ennél a művelésnél ma is egész helytelen elgondolásokból indulnak ki és nem veszik figyelembe azt, hogy az erdőtalajok a mi éghajlati viszonyaink mellett tulajdonképpen már amugyis silányabb talajon alakultak ki, amely talajokat az erdőállományok védik. Ha már most az ilyen talajokról az erdőt elpusztítják, akkor a talaj minden védelem nélkül ki van téve a természeti elemek korlátlan és a végletek között mozgó ingadozásainak. A korhadás tönkre teszi a talajon lévő alomtakarót, a humuszképződés igen meggyöngül, vagy egészen megszűnik. Ezek az új körülmények annál jobban éreztetik hatásukat, minél rosszabb a talaj, amelyen az erdő állott. Rosszabb fenyér talajon északibb vidékeken a mezőgazdasági művelés alá fogott talaj igen sok esetben elláposódik, mikor azután félbe kell hagyni a talajművelést, viszont az elnedvesedés folytán az erdőnek újbóli megtelepítése szintén igen nagy nehézségekbe ütközik. Jobb bükk, tölgyerdők, me-

zőgazdasági művelés alá vonásával a helyzet kedvezőbb, amennyiben az ilyen talaj egynéhány évig az erdei humusz hatása folytán kielé-
gítő terméseket ad. De rövid idő múlva, ha megfelelő nagymennyisé-
gű istálló és műtrágyát nem alkalmaznak, ezek a talajok is kime-
rülnek és végül is csak legelőnek lehet őket használni. Ha a ta-
laj dinamikájával tisztában vagyunk, magától értetődőnek kell tar-
tanunk, hogy az ilyen erdei talajok nagyon gyorsan kimerülnek. Az
erdei talajok amugyis igen kevés bázist tartalmaznak, miután többé-
kevésbé podsolos elmálláson mennek keresztül. De hogy ilyen kevés
bázistartalom mellett a talaj erősebb bomlásra megy keresztül, azt
annak köszönheti, hogy az állomány alatt neutralis humusztakaró
képződik, amely az erdei alom alatt keletkezik. Ha azonban az er-
dőt kivágjuk, akkor a kiirtással az erdei humusz igen gyorsan bom-
lik, kimosódnak belőle a bázisok s végül a talaj elveszíti jó szer-
kezetét, kötöttebb lesz és megsavanyodik. Az ilyen talaj egyné-
hány év múlva már csak nehezen művelhető meg és a gazdasági növé-
nyek benne igen gyengén fejlődnek, miután az erdei humusz bomlása
folytán eltűnnek a talajból a könnyen felvehető bázisok.

Az erdei talajt irtás segítségével csak az esetben a-
lakítják át mezőgazdasági talajjává, ha a faállomány fatömegét érté-
kesíteni tudják, tehát már fejlettebb gazdasági viszonyok között.
Az irtásnál a talaj elveszíti a felette lévő talajtakarót és az er-
dei almot és csak a talaj minőségétől függ, hogy mennyi ideig lesz
alkalmas mezőgazdasági művelésre. Ott, ahol a gazdasági viszonyok
olyanok, hogy az erdő állományát értékesíteni nem tudják, az erdei
talajt úgy alakítják át mezőgazdasági talajjává, hogy a fát elége-
tik, ahogy ez pl. Kanadában, Szibériában vagy Finnországban tör-
ténik. Az égetést úgy végzik, hogy az erdőterületeken télen az össze-
szes fákat kidöntik, azután tavaszkor ezeket egyenletesen szétoszt-
ják és nyáron, mikor a fák már kiszáradtak, az állandó szél felő-
li oldalán meggyújtják. Ha a területen már elég parázs képződött,
akkor a nagyobb szálfákat, amelyek az erdőrészlet szélein lettek
felhalmozva, az égés alatt lévő területen végighengergetik, míg az
összes faanyag el nem égett. Az ilyen erdőrészlet végül olyan lesz,
mintha felső talajrétege tiszta hamuból állana.

Ezzel az eljárással az erdőtalajban nagyobb mérvű vál-
tozások következnek be. Először az összes organikus anyag, humusz,
alom, gyökerek mind elégnek, és azután tönkremennek a mikroorga-
nizmusok és a magas hőmérséklet következtében a talaj ásványi al-
kotórészei szintén kémiai változáson mennek keresztül. Tény az,
hogy az égetés után az ilyen talajban rendkívül sok, könnyen fel-
vehető bázis van, amelyek hatására folytán a talaj egynéhány évig
kitünő termést ad, de utána hirtelen teljesen terméketlen lesz, ha
idejében nagytömegű istállótrágyát nem alkalmaznak. Hogy az ilyen
égetett talaj olyan gyorsan elveszíti termelőképességét, azt el-
sősorban azzal magyarázzuk, hogy az égetésnél ugyan igen sok könny-
nyen oldódó tápanyag keletkezik, de ugyanakkor a talaj humuszeo-
lit-komplexuma is elpusztul, úgyhogy a könnyen oldódó tápsókat sem -
mi sem tudja visszatartani a talajban és ezért ezeknek a sóknak
azon része, amelyeket a növények nem vesznek fel a talajból, igen
gyorsan kimosódik, miáltal a talaj tápanyagokban szegény lesz.

Az égetési folyamatokról majd később lesz szó, most csak megjegyezzük, hogy ezzel megváltoztatják a talajnak úgy a fizikai, mint a kémiai tulajdonságait. A mezőgazdasági talajokon az ember gabonaneműeket termel, de ezek sohasem alkotnak természetes növénytakarót, mert ha a gabonaneműeket ápolás nélkül természeténél ezek tönkremennének és helyüket gyomnövények foglalnék el.

A legtökéletesebb talajnem, amely emberi művelés által áll elő, a kerti talajok, mert a legjobb fizikai és kémiai tulajdonságokkal bírnak. Trágya alkalmazása és kellő mechanikai megdolgozás következtében optimális víztartalmuak, jól szellőznek, átlagos talajhőmérsékletük kedvezően magas és a trágya dus hozzáadása következtében sok könnyen felvehető növényi tápanyagot tartalmaznak. A sok organikus anyag következtében a mikroorganizmusok száma rendkívül megnövekszik, a biológiai és kémiai jelenségek nagyon élénkek.

Kevesebb gondozással kerültek ki az emberek keze alól a szántók, melyek rendszeren nem olyan tápanyagdusak, mint a kerti földek; sokkal kevesebb organikus anyagot és mikroorganizmust tartalmaznak. A művelés miatt a szántóban a humuszanyagok rendkívül gyorsan bomlásnak indulnak és így többszöri megműveléssel pótolja az ember a mikroorganizmusok hiányát. A gabonaneműek termesztésénél idővel jól kifejlődik az ugynevezett szántási réteg / a szántó morzsa / és az altalaj. A szántó morzsa legjobb fizikai és kémiai tulajdonságokkal bír.

Az embernek az erdőgazdasági növények termesztésével gyakorolt hatását a talajra az erdőműveléstan tárgyalja.

A humusz.

A mikroflóra működésével közvetlen kapcsolatban van a humusz kialakulása, amely főleg az erdőgazdaságban bir nagy fontossággal. A korhadás folyamata alatt ugyanis különösen akkor, ha a korhadás mellé anaerob rothadási folyamatok is járulnak, amelyeknek kapcsán sok CH_4 keletkezik és amely kisebb mértékben az az erdőtalajokban mindig meg van, fokozatosan több C-t tartalmazó sötétebb színű u.n. humuszanyagok keletkeznek. A humusz tehát a köz- benső termék a korhadás kezdeti és végső stádiuma között. Ramann szerint a humuszanyagok nagyon változó összetételű kolloidtömegek, amelyek a növény változatlan kollóidanyagaiból és carbonban du- sabb bomlási termékeiből állanak.

A humusz képződésére a legtipikusabb példát az erdő talajában találhatjuk meg. Az erdőtalajban ugyanis a legteljesebb és legzavartalanabb a szerves és a szervetlen anyagoknak kölcsö- nös körfolyamata. A lehullott levelekből a bennük lévő anorganikus táplálósókat mindenekelőtt a csápadékvíz mossza ki és viszi be a talajba. A lehullott szerves anyagot most már az erdők talajában é- lő baktériumok támadják meg, különösen azoknak könnyebben bomló ré- szét, míg a nehezebben korhadó cellulozváz-többsé-kevesebbé hosszabb ideig érintetlen marad. Ezt az anyagot a giliszták felfalják és ürülekükkel összekeverve kiadják. Az ilyen módon megdolgozott anya- got azután ismét megtámadják a baktériumok és a gombák és tovább korhasztják. Ennek a folyamatnak az eredménye lesz azután egy egy- nemű, sötétszínű anyag, amely kolloidális sajátságokkal bir, a só- kat adszorbeálja és kolloidális oldataiból elektrolytekkel kicsap- ható.

Ha most már ilyen humusz az elkorhadt részek anorgani- kus alkotórészeit teljesen adszorbeálja, akkor a telített vagy az u.n. szelidhumuszcól szólnék. Ez a telített humusz a növény táp- lálkozására kiválóan alkalmas, mert közömbös reakciót mutat, gyor- san elkorhad, úgyhogy a benne lévő N-t a baktériumok csakhamar fel- dolgozhatják. A telített humusz olyan erdőtalajokon keletkezik, a- mely talajok nincsenek erősen kilugozva és bennük elegendő anorga- nikus só marad.

Ha azonban a talajokban a Na, Ca és K sók ki vannak lugo- zva, ebben az esetben a humusz nem telítődhetik és ilyenkor az u.n. telítetlen vagy nyers humusz keletkezik. A nyers humusz ke- letkezése tehát kizárólag a talajnak szervetlen sókban való gazdag- ságától függ és keletkezéséhez nem okvetlen szükséges a talajban az O hiánya. A nyers humusz erősen kolloidális sajátságú és feke- te-barna színű. Ez a nyers humusz azután már sokkal nehezebben bomlik és különösen mészbén szegény talajokon mint sók C-t tartal- mazó sötétfekete tömeg marad vissza. A talajnak meszezésével a nyers humuszt könnyen javíthatjuk, miután ilyenkor a humuszsavak

Ca-mal telítődnek és mészhumátok keletkeznek.

A humusz keletkezése általában az éghajlati tényezőkkel van szoros összefüggésben. Főleg tehát olyan helyeken képződhetik, ahol a talaj dus vegetációval van borítva / pl. erdők, steppek/, ahol a talajra hulló anyag az éghajlati tényezők kedvezőtlen volta következtében nem tud tökéletesen elkorhadni. Humusz keletkezhetik tehát alacsony hőmérsékletű száraz éghajlat alatt, vagy alacsony hőmérsékletű túl nedves éghajlat alatt, míg a forró égőv alatt a magas hőmérséklet hatására olyan élénk a baktériumtevékenység és a korhadás olyan gyorsan megy végbe, hogy dacára a nagy csapadékmennyiségnek, humusz alig képződhetik. Különösen sok humusz halmozódott fel az oroszországi feketeföldön, a tscherno-semen, a félig arid éghajlat alatt. Igen érdekes, hogy száraz éghajlattal bíró talajokon, amelyekben sok NaCl és Na_2CO_3 van, szintén képződhetik humusz, miután ezekben a talajokban viszont a sós hatására a baktériumflóra erősen megkisebbedik, úgyhogy a korhadás nem válhatik teljessé.

A humusz kémiai összetételét még nem ismerjük teljesen, aminek az oka főleg az, hogy a humusz összetétele rendkívül erős változásoknak van alávetve a talaj és az éghajlati tényezők változásai szerint. A kémiai vizsgálatok folyamata alatt bizonyos fokig alakilag eltérő, még közelebbről ismeretlen vegyületcsoportokat sikerült elválasztani, amelyek közül a legfontosabbak a huminsav és a humín.

Huminsav alatt a humusz ama részeit értjük, amelyeket akkor nyerünk, ha a humuszt alkáliákkal kivonatoljuk és az így nyert kivonatot savakkal kicsapjuk. A humusznak azután azt a részét, amely alkáliákban nem oldható, nevezzük huminnak.

A humusz N-tartalma 1-6 % között váltakozik és valószínűleg C-hoz-O-hez van kötve és minthogy a N csak a humuszanyagok teljes elkorhadása után szabadul fel, úgy a humusz hosszú ideig konzerválja a növényeknek a N-t. A humusz általában szegény P-ben. Jellemző a talajban élő foszfátokra, hogy a nyers humusz feloldja őket. A nyers humusz a növénytermesztésre rossz hatással van, a természetes felujtást akadályozza. A humusznak különböző formái vannak, amelyek közül a legfontosabbak a következők:

Ha az elhalt növényi maradványok csak rövid ideig korhadnak, úgyhogy a szerkezet még jól kivehető, a keletkezett termék a tőzeg. Ha most az ilyen növényi hulladékot a földben élő állatok mechanikailag megmunkálják, úgyhogy az alkotó részek szerkezete már nem kivehető, akkor ennek moder a neve. A giliszták által jobban megmunkált humuszanyag, amely azután a giliszták ürülékéül kerül a talajba, adja a mulót, amely eltekintve a mechanikai változásoktól erős kémiai változásokon is keresztül ment.

A tőzeget általában két nagy csoportra osztjuk, aszerint, amint a száraz talajban, vagy vízben képződnek. A szárazfő

di tőzeg nagy összefüggő erdőterületeken, különösen a mérsékelt és hidegégőv alatt képződik, rendszerint bükk-, luc- és égerállományok alatt. Idetartoznak az északeurópai fenyérek /Heide/ is. Ha ellenben vizes területeken a vízbe hulló sás és nád O hiány következtében rothadásra megy keresztül, keletkeznek a réti lápok. Ha most a réti lápok keletkezéséhez hasonlóan mohok is résztvesznek vizes területeken a tőzeg keletkezésében, keletkeznek a magassági lápok. A lápokot tehát felosztjuk réti lápokra, és moha- vagy magassági lápokra.

Az organikus növényi maradványok egy különleges alakja az alpesi humusz. Ez magas hegységekben a klíma hatására keletkezik. Sokszor több m vastagságu lehet, igen szép bükk-, luc- és jegenyefenyő állományok tenyésznek rajta.

Tőzeges és lápos területeken, különösen Észak-Európában a humid éghajlat alatt keletkező savanyu humusz hatására a talaj bizonyos mélységében egy erősen kötött, vízátthatatlan réteg alakul ki, amely humuszsavak által összekötött kvarchomokból áll, kőkeménységu lesz, úgyhogy a fás növények gyökerei nem tudnak rajta keresztüljutni. Ezt a réteget nevezzük kőfoknak /Ortstein/. A kőfok képződésének főfeltétele az, hogy a feltalajból az altalajba nagymennyiségű víz szivároгjon, amely ahumuszsavakat az altalajba mossa. Azonfelül kimossa a feltalajból a könnyen oldódó alkálisókat is, sőt a korhadáskor keletkező CO_2 hatására még a CaCO_3 -t is az alsóbb rétegbe viszi. Az elektrolitek hiánya következtében lemosódnak azután az alsóbb rétegekbe a kolloidális anyagrészecskék és végül a feltalajból az altalajba mosódnak mindazon szervesetlen sók, amelyek a humuszsavakat közömbösíteni tudnák. Ezért a feltalaj humusza savanyu, telítetlen humusszá alakul, mely vízben kolloidális oldatot képez és mint védő kolloid megakadályozza a finom anyagnak, továbbá a kolloidális $\text{Fe}/\text{OH}/_3$ -nak a koagulását, ill. kicsapódását. Ilyenmódon azután a kolloidális humusz is az altalajba kerül, ahol azután az oda lemosott szervesetlen sók megint közömbösítik, illetőleg kicsapják, ezáltal védő sajátosságát elveszti, úgyhogy most már a kolloidális anyag és a kolloidális $\text{Fe}/\text{OH}/_3$ is kicsapódnak és a homokszemek között mint kötőanyag szerepelnek.

Tölgyállományok alatt kőfok csak a legritkább esetben képződhetik, bókállományok alatt előfordul, luc- és erdeifenyő állományokban nagyon gyakori, a leggyakoribb azonban a fenyérekben.

A talaj biológiájának mezőgazdasági jelentősége.

A mezőgazdasági termelés legfőbb tényezője a talaj. Annak jó termőerőben való megtartása a gazdaság legfontosabb feladatát képezi, hogy egyrészt az adott körülmények között állandóan a legnagyobb termést biztosítsa, másrészt a termények minőségét és ezzel versenyképességét emelje. Hogy ezt a célt a mezőgazdaság elérhesse, ismernie kell mindazokat a tényezőket, amelyek a fent említett termőerő létrejöttében résztvesznek. Ezeket a tényezőket két nagy csoportra oszthatjuk, az egyik a talaj kémiai és fizikai, a másik a talaj biológiai állapotának ismerete. A kettő egymást kölcsönösen befolyásolja és nem elegendő csak az egyik csoport változásának hatását vizsgálni a termelésre nézve, hanem ugyanekkor folyton szem előtt tartandó ennek a változásnak a másik tényezőre való hatása is.

Természetszerűleg felmerül annak a kérdése, mikor van egy talaj a maximális termőerőben, mikor alakul ki a fizikai-kémiai és biológiai állapot között az a dinamikai egyensúly, amely ezt az ideális állapotot jellemezhetné. Ehhez csatlakozik az a követelmény, hogy ezt az állapotot meg is határozhassuk valamely módon. Az ideális talajállapot megismerése és meghatározási módjának és módszereinek felderítése az agrikultúrkémia és a gazdasági mikrobiológia legfőbb feladata és törekvése. De még meg lehetőségen távolinak látszik az az időpont, amikor ezekre exakt és teljesen kielégítő feleletet tudunk adni.

A talaj biológiájának mezőgazdasági fontossága leginkább szembetűnik, ha szemügyre vesszük a talajban élő makró- és mikroszervezetek nagy tömegét. Löhnis szerint 1 ha szántóföldben élő baktériumok, gombák, protozoák, algák, alsóbbrendű rovarok átlag 10 q élősúlyt képviselnek. Ezek az élőlények rendkívül finom elosztásban vannak jelen és óriási felületet alkotnak, amely az anyagcsere körfolyamatának szolgálatába van állítva. Fentebb láttuk, hogy egyes baktériumok néhány óra vagy nap alatt testsúlyuk organikus anyagának 100-szoros, sőt 1000-szeres mennyiségét is képesek átalakítani. Ha az élőlények súlyát az őket magukba fogláló talaj súlyával összehasonlítjuk, úgy 1 súlyrész élőanyagra 5000 súlyrész talaj esik. Mivel átlag 2 % organikus anyag van jelen a talajban, úgy ebben a viszonylatban az arány 1:100. Ebből az következik, hogy az organikus anyag maradék nélküli szétbontása mindig várható, ha a talaj fizikai-kémiai állapota a mikroorganizmusokra nézve kedvező. Kedvező feltételeket megadni, létesíteni, a célja minden racionális talajművelésnek. A talajművelés, a trágyázás, a megmunkálás mind mélyreható változásokat idéznek elő a talajkémiai és biológiai állapotában, miért is a mélyreható kutatási munkát megérdemlik.

Ha a talajban előforduló mikroszervezetek egyes cso -

portjait vesszük vizsgálat alá, a legfontosabbak a baktériumok, amelyek a legnagyobb számban is fordulnak elő. Számuk 1 g szántó földben nagyon változó / átlag 10-40 millió/, amely állati trágyázás után még felemelkedik / 60-100 millió/. Ezzel szemben a gombák száma átlag 1.000-500.000 között változó kg-onként. A szántványu talajokban a gombák száma nagyon emelkedik. A protozókák száma ugyancsak 1 g földben 2-150-ezer között változik. A szántóföldben aránylag kevés él, míg számuk a kerti-, szőlő-, különösen a melegágyi és üvegházi talajokban nagyon felszaporodhatik, úgyhogy a talajban a biológiai egyensúly megzavarása miatt az anyagcsere normális menete megszűnik és a talaj "megbetegszik". E betegségen sterilizálással segítenek, amelyre szénkéneg, vizgőz, chloroform, toluol stb. könnyen párolgó antiszeptikus szereket használnak. A biológiai egyensúly megzavarása általában mindig a talaj megbetegedését idézi elő.

A baktériumok mélységi eloszlására több vizsgálattal rendelkezünk, általában azonban 1 m mélységben a talajélet már nem számottevő és a baktériumok száma minimálisnak mondható és ezután fokozatosan meg is szűnik. A baktériumok száma természetesen a talajban lefolyó biológiai folyamatok egy jelentékeny részére erős befolyással bír, amint azt majd az erdőtalaj biológiájának ismertetésekor látni fogjuk. Viszont más biológiai folyamatoknál így pl. a talaj anyagcserejénél inkább a baktériumok működése, ill. anyagcserejük intenzitása irányadó és nem annyira ezeknek abszolút száma. A talaj biológiai folyamatainál mindkét körülmény egyaránt szerepet játszik.

Nem elégséges azonban a termelés szempontjából, hogy csak a talaj mikrosszervezeteinek a számával és különböző fajtáikkal legyünk tisztában, hanem ismernünk kell azokat az áthasználtatásokat, amelyeket ezek létrehoznak. Számos fontos asszimilációs és disszimilációs folyamatot kell ismernünk, úgy egyes részleteiben, mint azok együttes hatásában. Beszélünk az organikus anyag elbomlásáról, a salétromképződésről stb. és sokan nem gondolnak arra, hogy ez nem magától bomlik, ill. képződik, hanem az élőlények működésének eredménye. Messzire vezetne azonban célunktól, ha a talajok teljes florisztikai vagy faunisztikai átkutatására törekednénk, gazdasági szempontból minket inkább bizonyos csoportok érdekelnének, amelyek fiziológiai szempontok szerint elkülönülnek egymástól és amelyek bizonyos, a talajban korlátozott mennyiségben jelenlevő anyagok körfolyamatára hatással vannak.

Ezek közül a fiziológiai csoportok közül legfontosabbak a következők:

A levegő szabad N-jét megkötő organizmusok, amelyek aerob és anaerob csoportokra oszlanak és meglehetősen szűk határok között fejtenek ki hatásos működést, amelynek biztosítása a trágyázás és a talajművelés feladata. Elég rámutatnunk arra a körülményre, hogy az évenként kedvező körülmények között ez uton megköthető N mennyisége h-onként 30-40 kg-ot is elérhet, ami kb 220-230 kg mészsálétrom műtrágya mennyiségének felel meg. Átlag 1 g szénhidrát elhasználása által kb. 10 mg N megkötése lehetséges.

A szükséges vegyületek a trágyázás útján jutnak a talajba, főként cellulóz alakjában, amelynek elbontása szintén a mikroorganizmusok munkája. A cellulózból képezett glukoz a N-kötő mikroorganizmusok közvetlenül táplálóanyagul szolgálhat.

A mezőgazdasági bakteriológia munkásságának köszönhetjük, hogy annak a már a rómaiak által is ismert ténynek, hogy a hüvelyesek talajjavító hatással bírnak, ma már tudományos magyarázatát tudjuk adni, sőt a N megkötését végző és a hüvelyesekkel szimbiózisban élő baktériumoknak biológiáját is már annyira ismerjük, hogy ezeket az ismereteket gazdaságilag ki is tudjuk aknázni.

A bakteriológiai kutatás vetett világosságot továbbá az annyira fontos u.n. nitrifikációs folyamatnak lefolyására és az ebben a folyamatban résztvevő mikroszervezetek szerepére. Későbbi munkák igazolták a nitrifikáció gazdasági jelentőségét, majd az ebben szereplő mikroszervezetek biológiája, a talajművelés és trágyázás közötti összefüggésüket állapították meg.

Nagy gyakorlati fontosságu a gazdasági irányu mikrobiológiának az a megállapítása, hogy a talajban bizonyos mikroszervezetek működése N-vesztésekre vezethet és ezáltal egyik legdrágább táplálóanyagától fosztja meg a talajt. Ma már ismerjük a denitrifikációs folyamat mibenlétét és talajműveléssel, a jó szellőztetés biztosításával meg is akadályozhatjuk bekövetkeztét, és egyúttal elegendő O biztosításával a nitrifikációt is elősegítjük.

Nem közömbös a gazdára nézve, hogy a vetésforgóként a szántóföldbe jutó istállótrágya és az évenként bent maradt gyökerek és szárképletek, amelyeknek közel fele cellulózból áll, miképpen kerülnek vissza az anyag körfolyamatába. A cellulózt a talajban csak a mikroszervezetek képesek elbontani és vízben oldható vegyületekké alakítani, amelyeket részint a saját testük felépítésére használnak fel, részint pedig a többi heterotroph mikroszervezetek táplálékául szolgálnak. A cellulóz elbontása alaptényezője a talajéletnek és ez tisztán biológiai folyamat. Részt vesznek benne leginkább a gombák, a sugaras gombák és a baktériumok aránylag kevés fajjal, úgyhogy a cellulózbontás sajátos tulajdonságnak minősíthető.

Az elbontáshoz nagy mennyiségű N használdik fel és a talajbiológia feladata annak a módszernek a kidolgozása, amely ezt úgy irányítja, hogy ez a folyamat a legkevesebb N-vesztéssel járjon. Kísérletek bizonyítják, hogy a gombák kb. háromszor annyi N-t használnak fel és vonnak el a magasabbrendű növényektől, mint a sugaras gombák és a baktériumok, ugyanazon effektív hatást feltételezve. A szalmatrágya alkalmazás esetében a N felhasználása és a termelt növénytől való elvonása a fő oka annak, hogy a gazda az első évben a trágyázás ellenére termés csökkenést kénytelen tapasztalni.

A talaj biológiájával szorosan összefügg az istállótrágya kezelésének problémája, hiszen nem lehet közömbös a talaj élőlényekre nézve, hogy milyen állapotban kerül a talajba. A lé-

nyeg a következő: Az istállótrágyát lehetőleg olyan állapotban kell a talajba hozni, hogy az a talaj mikroszervezeteinek működését ne hátráltassa, hanem elősegítse. Évből 1. az istállótrágyát erjedni kell hagyni, hogy ezáltal a humifikációt már a telepen bevezessük, de csak egy bizonyos fokig érleljük. 2. Az erjedés alatt a N veszteséget a minimumra kell redukálni. 3. A könnyen asszimilálható C-vegyületeket a minimumra kell csökkenteni. Továbbá szükséges, hogy 4. a cellulóz bontásánál a szervezetek felépítése útján a baktériumok vagy gombák testében megkötött és ezáltal vízben oldhatatlanná vált N-vegyületek mennyisége minimumra csökkenjen; 5. a trágya kihordásakor a salétromképződés károsodást ne szenvedjen és a N-asszimiláció folyamata a talajban ne lépjen fel nagy mértékben. 6. minél kevesebb élőlényt tartalmazzon a talajba kerülő trágyaszór, hogy a már a talajban élő és odavitt mikroorganizmusok között támadó létért való küzdelem az autochton flórát károsan ne befolyásolja. Ezen ideális szempontok tudatos gyakorlati kivitelének megoldása a mezőgazdasági bakteriológiának egyik legszebb és legfontosabb feladata.

Befejezésül meg kell még emlékeznünk azokról a törekvésekről, amelyek a talaj hasznos szervezeteinek számát mesterségesen fokozni óhajtják a talajok oltása útján, hogy ezáltal nagyobb termés eredményeket érhessünk el. Az ilyen készítmények száma igen nagy és minden gazdasági növénynek külön preparárumot ajánlanak. Az újabb vizsgálatok eredményeképpen a jelenlegi helyzet az, hogy csak a hüvelyesek oltásának van értelme és gyakorlati eredménye, főleg az olyan talajokon, ahol ezek még nem, vagy nagyon régen termeltettek és a talaj fizikai és kémiai állapota normális. Minden egyéb talajoltás gyakorlati eredménye nagyon csekély, mert a talaj mindenkor fizikai-kémiai állapota döntő arra nézve, hogy ezek a behozott élő szervezetek tovább is élni tudnak, vagy pedig elpusztulnak. Meg kell gondolnunk továbbá, hogy eredményes oltásra igen nagy tömegben kellene a hasznos baktériumokat alkalmazni, hogy az oltás hatásos legyen, amely körülmény azonban nem lenne gazdaságos. Ha talaj fizikai-kémiai állapota kedvező, akkor meg a hasznos szervezetek normális talajokon ugyanis jelen vannak és meg lehetőségek elszaporodnak. Kivételt képezhetnek ebben a tekintetben hazánkban Bokor munkái alapján a javított szikes talajok, amelyek mikroorganizmusokban nagyon szegények és sok idő múlhatna el addig, míg javítás következtében a hasznos mikroszervezetek belekerülnek és elszaporodnak.

A talaj biológiájának megismerése növényélettani szempontból is kiváló fontossága, mert egyrészt szorosan összefügg a mikroszervezetek tevékenysége a növények táplálkozásával, másrészt az alsóbbrendű növények fiziológiájának az alsóbbrendű növények fiziológiájának kutatási munkája kísérletileg könnyebben hozzáférhető lévén, eredményei termékenyítőleg hatnak a magasabbrendű növények biológiájának kutatására.

A Viljamsz-féle földművelési rendszer talajélettani vonatkozásai.

A haladó szovjet agrobiológia egyik legjelentősebb eredményeihez kell sorolnunk a fűves vetésforgónak nevezett talajművelési rendszer alapjainak a kidolgozását és annak különösen a szovjet mezőgazdaság terén való széleskörű megvalósítását. Viljamsz munkásságának előkészítői: Dokucsajev és Koszticsev már a szovjet tudomány részéről is korán rámutatnak arra, hogy a talajt, amint ezt egyébként mi is már évtizedek óta valljuk és ennek több-izben kifejezést is adtunk; a benneélő mikroorganizmusokkal együtt egy eleven lüktető életet élő élőszervezetnek kell tekintenünk, amely a természet jelenségeinek dialektikus értelmezése szerint a talajtborító növényzettel együtt egy szervesen összefüggő élettér-ré olvad egybe. Ezen a helyen Viljamsz általános talajtani tételei-nek a felsorolását részletesen nem eszközölhetjük, itt elsősorban az élettani vonatkozásokról kell szólnunk. De rá kell mutatnunk arra, mert hiszen enélkül Viljamsz földművelési rendszerét nem tud-nánk megérteni, hogy a haladó szovjetbiológiai tudomány felfogása szerint, amely felfogás megalapozását Viljamsznak köszönhetjük a talajtipusok nem állandóak. Ezek is fokozatos fejlődésen, változá-son mennek keresztül és ami a leglényegesebb ezeket a talajtipu-sokat kellő földművelési rendszerrel és művelési eljárásokkal, fő-leg a talajt borító növényzet váltógazdaságának az észszerű megál-lapításával alakítani és befolyásolni lehet.

A talajtipusok átalakításánál, amint ezt Viljamsz ta-nítja, a talajéletnek, illetve talajélet terében működő mikroor-ganizmusoknak igen nagy, majdnem úgy mondhatnánk: döntő szerepet kell tulajdonítanunk. Ezen felül természetesen a gyakorlati mező-gazdaságnak, de főleg a szocialista mezőgazdaságnak, de főleg a szocialista mezőgazdaságnak legdöntőbb jelentőségű feladatát ké-pezi a talaj termőerejének a fokozása.

Azok az eddig vallott élvek, hogy a talaj termőerejét tisztán természetes, vagy mesterséges trágyaszerek bevitelével fo-kozni lehet, nem állják meg a helyüket. A talaj termőerejének a fokozásához okvetlenül szükségünk van a talaj életnek közvetlen működésére és szükségünk van arra, hogy a talaj életét úgy befolyá-soljuk, hogy az ott lefolyó biológiai, illetve mikrobiológiai kör-folyamatok a talaj termőerejének a fokozásában döntő szerephez jus-sanak. A talaj termőképességén Viljamsz tanítása szerint a talaj-nak azt a tulajdonságát kell értenünk, hogy a növényéletnek a ta-lajból szerzett szükségletei; mégpedig főként víz és tápanyagszük-ségletét ki tudja elégíteni. A talajnak ez a képessége azonban függvénye a talaj fizikai és biológiai állapotának. A kettőt nem szabad elkülöníteni egymástól, ellenkezőleg a talaj fizikai szerke-zetét a talajéletnek a helyes szabályozása hozza abba az állapot-ba, amely ennek a termelékenységét, ma még szinte beláthatatlan

arányokban fokozni tudja.

Viljamsz felfogása szerint a termőtalajnak kétféle állapotát kell ennek fizikai felépítése szempontjából megkülönböztetnünk. A talaj termőerejének fenntartása szempontjából az előnyös helyzet az, amikor a talaj jó szerkezettel / struktúrával / bír. Körülbelül ez az a talajféleség, amelyet a talajtan eddig a mull névvel jelzett. Ilyenkor a talaj megszántott, tehát a növényélet szempontjából elsősorban tekintetbe jövő felső réteg lassan összeillesszett apróbb morzsaléokra van szétapritva.

A másik véglet a szerkezet nélküli talaj, amely nagy, fel nem dolgozott, fel nem aprózott hantokból áll, hiányzik a morzsszerű szerkezet és a talaj rétegei tömören fekszenek egymás felett. Ennek az állapotnak egy másik lehetősége az a szintén előnytelen helyzet, amikor a talaj termőrétegét képező részecskék szintén lazán fekszenek ugyan, de rendkívül aprók, nem morzsalékosak. A porhoz lehet őket hasonlítani. Mindnyájan tudjuk, hogy az ilyen talaj mihelyt vizet kap azonnal nyúlós sárrá alakul át, amiből a kiszáradás után kemény szilárd rögök maradnak vissza. Ez a két fizikai minőség, döntően a talaj vízgazdálkodása szempontjából esik latba.

A szerkezet nélküli talajnál a talaj felső rétegét feleslegesen telíti a víz, de ez nem tud az alacsonyabb tömör szerkezetű és szorosan összeálló rétegeken áthatolni, hanem vagy elpárolog anélkül, hogy hasznót hajtana, vagy lejtős terepen lefolyik. Különösen kellemetlen, hogy a hólé, amelyik pedig a mi időjárásunk mellett a talaj vízkészletének igen jelentékeny tartalékát képezi, nagy részben veszendőbe megy. Viljamsz adatai szerint az ilyen talaj legfeljebb annyi vízkészletet tud visszatartani, amely kb. a nyári esőzések alatt lehullott csapadékmennyiség $1/3$ -át képezi. A morzsszerű talaj lazán összeálló szemcséi között ezzel ellentétben, a csapadék-víz tulnyomó része be tud hatolni, le tud jutni a talaj mélyebb rétegeibe és mint tartalék vízkészlet a növények rendelkezésére áll. De ugyanakkor a morzsalékos szerkezet a nyári kiszáradást is gátolja. A struktúra nélküli talajok kemény rétegeiben ugyanis vékony hajszálcsövek vannak, amelyek vízszállításuk terén a kapillaritás ismert törvényei érvényesülnek.

Minthogy az ilyen talajoknál a víz mélyebb rétegekbe nem tud behatolni, tehát a mélyebb szintekbe a talaj tulajdonképpen száraz marad, vagy legalább is nem fog elegendő vízkészlettel rendelkezni, mihelyt a talaj felületén összegyűlemlett és behatolni nem tudó vízkészlet elpárolog, a talaj amúgy is vízben szegény mélyebb rétegeiből a víz a hajszálcsöveken keresztül felfelé fog vándorolni és még további káros vízvesztesség fog előállni.

Ismerjük ezt a jelenséget mindnyájan a mi szikes, vagy keményebb kötött talajainknál. A szikfásításnál tudjuk, milyen jelentősége van a felsőbb réteg állandó lazításának. De a mezőgazdaság is kapálja a burgonyát, a kukoricát, a répát, amely

műveletnek mind az a célja, hogy a felsőbb réteg hajszálcsöveit széttörjék és az ezeken keresztül történő vízvesztéséget megakadályozzák.

A morzsás talajnál nincsenek hajszálcsövek. A felső morzsásréteg kiszárad, s a morzsák között levő levegő, amely a hajszálcsövek folytán alulról utánpótlást nem kap, mint szigetelő réteg védi meg a talaj mélyebb rétegeiben felhalmozott vízkészletet. A morzsaszerű talaj tehát nemcsak több vizet enged magába, hanem ezt a vízkészletet jobban vissza tudja tartani és tárolni tudja. A talaj tápanyagkészlete szempontjából viszont a talajba lefolyó mikrobiológiai folyamatok kerülnek súlypontos helyzetbe. Ezek azok, amelyek a növényi maradványokat feldolgozzák, s az első fejezetekben ismertetett módon szervetlen tápanyagokká alakítják át. A talajban lefolyó bomlási folyamatoknál tudjuk, hogy a levegőgazdálkodás szempontjából kétféle baktérium csoport működik. Az egyik csoportba azok a baktériumok tartoznak, amelyek csak akkor tudják életműködésüket kifejteni, ha elegendő oxigén, illetve levegő áll a rendelkezésükre. Ezeket nevezzük, amint az előzőkben már részletesen kifejtettük aerob baktériumoknak. Ezek a szerves anyagot kedvező körülmények között igen gyorsan fel tudják dolgozni. A szén szénsav alakjában távozik az egyesülő oxigén és hidrogén vízzé alakul át és így ennek a mikrobiológiai folyamatnak a végső terméke éppen úgy, mint a közönséges égetésnél a növény táplálkozásához feltétlenül szükséges elemeknek az oxidjai, az ugynevezett hamualkotórészek maradnak vissza. Azt is tudjuk az előzőkből, hogy ha nem megfelelő a talaj vízgazdálkodása, akkor az ugynevezett anaerob baktériumok jutnak túlsúlyba, amelyek levegő nélkül is képesek megélni, mert az életműködéshez szükséges oxigént erjedési folyamatok útján, az általuk tápanyagul felhasznált vegyületek bontásával szerzik meg maguknak. Ezek a folyamatok már komplikáltabbak és a cellulóz korhadásánál már rámutattam arra, hogy a szén egy jó része visszamarad, a talajban a legkülönbözőbb rendszerint sajnos savanyu természetű melléktermékek keletkeznek, amelyekből persze idővel kis mértékben kiválnak ugyan a növények táplálkozásához szükséges ásványi sók, de lényegileg e folyamatok alatt mégis egy humusznak, illetve televénynek anyagkomplexum alakul ki.

Ezzel a humusszal a magasabbrendű növények nem sokat tudnak kezdeni. Széntartalmu vegyületeket, illetve széntartalmu szerves vegyületeket magasabbrendű növényeink nem tudnak a talajból felvenni és így különösen akkor, ha az anaerob bomlási folyamatok túlsúlyba kerülnek, a talaj fokozatosan humusszal telítődik. A humusztakaró nagybodásával a még savanyu, ugynevezett nyers humusz réteg is kialakul, amely különösen nedves, humid időjárás esetén az erdőtalajainknál ismert jelenség. A talajvíz gazdálkodása az anaerob folyamatoknál lényeges szerepet játszik. Ha a talaj pórusai vízzel telítődnek, megromlik a talaj levegő gazdálkodása, anaerob bomlási folyamatok jutnak túlsúlyba és megakad az egészséges ásványi anyag képződés, amely körülmény természetesen a növények növekedését erősen hátráltatja. Az ilyen talajokban tudjuk, hogy a mezőgazdasági növénytermelés milyen nehézségekkel küzdött mindaddig, amíg a fokozott talajjavítás azután az aerob folyamatokat juttatja túlsúlyra és ezzel az egészséges mikrobiológiai anyagszere folyamatok is megindulnak.

A morzsás talajánál a víz azonnal gyorsan behatol a mélyebb rétegekbe, de közben magukat a morzsákat átnedvesíti. A behatoló víz nyomában megint bejut a levegő a talajba és most már a kellő nedvességgel bíró morzsák felszínén élő baktériumok a jelenlevő levegő segítségével egészséges folyamatokkal kezdik meg a talaj szerves anyagának a bontását. Már a tarvágás és a fokozatos felujtatóvágás tárgyalásánál rámutattam arra, hogy az erdőtalajok élete szempontjából nem mindig előnyös az, ha az aerob baktériumok korlátlan uralomhoz jutnak. Ilyenkor ugyanis a talaj természetes humusztartaléka gyorsan elkorhad szénsavvá és vízzé válik és veszendőbe megy a feltörekvő új generáció számára.

Arra is rámutattam, hogy milyen hasznos szerepet játszik itt a talajborító fűtakaró, amikor a vágásterületek felső rétegeit a gyors párolgástól védi. Persze az erdőtalaj hamar segít magán, hiszen fáink több évtizeden át a helyükön maradnak, dusan állítják lombbal a talaj felső, élénk biológiai tevékenységet kifejtő rétegeit, a lombkorona csakhamar beárnyékolja a talajt és azután fokozatosan az esetről esetre uralkodó helyi körülményeknek megfelelően kisebb-nagyobb vastagságú humuszréteg alakul ki, amely az erdő talajára annyira jellemző. Nagyon helyesen mutat rá Viljamsz arra, hogy a morzsás talajoknál csak a morzsa felületén megy végbe aerob bomlás. Ezért a bomlási folyamat meglassabbodik és csak fokozatosan dolgozzák fel a mikroorganizmusok a morzsák belsejében felhalmozott, felbontásra váró szerves anyagot. A talaj morzsás állapotba való fenntartása tehát a mezőgazdaságnak létevérdéke, de az erdőgazdaságban is fontos. Bár itt természetesen már nem állanak azok a módszerek a rendelkezésünkre, amelyek segítségével a talaj állapotát olyan tudatosan tudnánk megjavítani és szabályozni.

Mindannak dacára a haladó erdőgazdaságnak is irányt kell vennie arra, hogy a megfelelő erdőművelési módok segítségével a talaj hő- és vízgazdálkodását az abban lefolyó korhadási folyamatokat úgy szabályozza, hogy azok végeredményül a talaj helyes morzsás szerkezetének a kialakítására vezessenek. A rossz szerkezetű talajban nemcsak az anaerob bomlási folyamatok hatnak zavarólag. Hibája ennek az is, hogy esőzés után, a hajszálcsövei megtelnek vízzel, és minthogy az alsóbb rétegek tömörsége következtében mélyebbre hatolni nem tudnak, a szó teljes értelmében elzárják a levegőtől éppen azokat a talajrétegeket, amelyekben 15-20 cm mélységben a legélénkebb talajélet folyik. A levegő csak akkor tud az ilyen szerkezet nélküli talajba behatolni, amikor a hajszálcsövekbe levő víz már elpárolgott, és minthogy ezeknek a vize nem tud az alsóbb talajrétegekhez jutni, végeredményében a talaj olyan kevés vízzel fog rendelkezni, hogy ez fogja akadályozni a jó és eredményes bomlási folyamatokat.

A morzsalékos szerkezet, amint fentebb kifejtettük, tehát egyrészt azt biztosítja, hogy a levegő be tud hatolni a talajba, másrészt az a körülmény, hogy a víz fokozatosan nedvesíti át a morzsák felületét és így a korhadási folyamatok is fokozatosan indulnak meg. Lehetetlen, hogy az egész televény gyorsan égjen el és menjen veszendőbe a növények számára. A talaj morzsásszerkezetnek elérése tehát az a lényeg, és ez a mezőgazdasági talajművelés leg-

súlypontosabb, legfontosabb feladata. A talajművelő eszközökkel a mezőgazda ideig-óráig morzsás szerkezetűvé tudja változtatni talajának termőrétegét, de Viljamsz tanítása szerint, amit egyébként a gyakorlat is sok esetben igazol, ez az állapot nem lesz tartós. Különösen áll ez néhány kötött talajnál. Különösen eső után a talaj felsőbb rétegei megint összeállanak, kialakulnak a kapillárisok, s az ilyen talajokat újból meg kell lazítani. Ezt a gyakorlatban, a mint már említettem végzik is pl. burgonya, kukorica, cukorrépa stb. de a gabona növényeknél ez már teljesen lehetetlen. Sőt a kapásnövényeknél be kell ezeket a műveleteket szüntetni, mielőtt a termesztett növények lombozata bezárul. Lényeges tehát az a körülmény, hogy a morzsák tartósak legyenek, és itt van a Viljamsz féle földművelési rendszer másik súlypontos célkitűzése.

Általában Viljamsz szerint a tartós 1-10 mm átmérőjű morzsalékból álló talajt nevezzük jóállapotban levő strukturás talajnak, ha ezt a szerkezetet tartásan fel is tudjuk tartani. Viljamsz rendszere ezt az állapotot nem annyira, vagy legalább is nem kizárólag talajművelési eszközökkel éri el, hanem az ugynevezett füves vetésforgó bevezetésével, amelyek lényegileg kedvező talajbiológiai folyamatok megindítását eredményezik. Ezért Viljamsz az évelő fűveknek a vetésforgóba való beiktatását vezette be. Az évelő fűvek gyökerei ugyanis télen elhalnak. Minthogy a fagyott talajban a bomlási folyamatok szünetelnek, ezek felbontatlan állapotban maradnak tavasszig. Tavasszal azonban a talaj felső rétege át van vízzel itatva, itt tehát nyilván anaerob folyamatok fognak megindulni. Ennek az eredménye az lesz, hogy a talajban televény alakul ki, mégpedig egészséges telített humusz, ha amint később látni fogjuk a talaj biológiailag aktív rétegnek Ca-ionokkal való ellátásáról gondoskodunk. Persze az aerob bomlási folyamatok itt is megindulnak, de ezek a talaj felületére koncentrálnak, ahol megindul ugyan a bomlás, de ez egyúttal a rendelkezésre álló egész oxigén mennyiséget le is fogja kötni. Nem szabad ugyanis elfelejtenünk, hogy az évelő növények elhalt maradványai a talaj felületét humusztakaróval borítják, amely szintén mérsékli a levegő hozzájárulását.

Az egy éves fejlődésű növényeknél, ahova a mi legtöbb gazdasági növényeink is tartoznak, a gyökerek nyáron vagy ősszel halnak el, amikor mindjárt meg is indulnak az aerob bomlási folyamatok, amelyek az egész szerves anyagot gyors ütemben szervetlen hamualkotó részekké oxidálják, amelyek egy részét az esővíz a talajba bemos, nem tud az egészséges humusztartalom kifejlődni, amely a talajt morzsássá tenné. Lényegileg tehát a Viljamsz féle füves vetésforgónál a talajban lefolyó aerob és anaerob bomlási folyamatok egyensúlyi viszonyának célszerű eltolódásával a talajban egészséges humuszanyagot juttatnak, amelyek ezeknek morzsás strukturáját építik ki.

A füves vetésforgó tehát az évelő növények révén a talaj termőrétegét a növények / főleg fűvek / sűrű szétágazó gyökerezésével telíti, amelyek egyenletesen oszlanak el ebben a talajrétegben és így korhadásukkal is egyenletes humusztakarót biztosítanak a talajnak. Nem célunk itt a füves vetésforgónak magának a technikai kivitelét tárgyalni, csak tájékozásul jegyezzük meg, hogy általában az ugynevezett bokrosodási fűvek: amerikai perje, mezel

komocsin stb. bírnak olyan dus gyökérzettel, amely erre a célra megfelel. Ezenfelül persze gondoskodni kell arról is, hogy a talajban elég Ca legyen. Tudjuk, hogy ha a talaj humuszeolit komplexumában a Ka és a Na sók sói uralkodnak / pl. a szikes talajaink / akkor a talaj kolloidok a csapadékvíz hatására nyulós, folyós masszává változnak át, amely később kemény rögökké szilárdul. Sokkal egészségesebb állapot jön létre akkor, ha ezek helyett a túlzott alkálikus fémek helyett alkalikus földfémek, tehát a Ca, vagy Mg lépnek be a talaj szerkezetébe. Az ilyen talajok morzsás szerkezetűvé válnak és ezek a morzsák nem folynak szét a csapadékvíz hatására. Ezért Viljamsz rendszere bevezette a laza bokorképzési fűvekkel felváltva a pillangósnövények egyidejű és együttes alkalmazását. Ez utóbbi különösen ha évelők pl. lucerna, mely gyökérzetük van. Ugyan nem képesek arra, hogy gyéresebb felsőbb szintű gyökérzetükkel morzsássá tegyék az előbb említett folyamatok kapcsán a talajt, de a mélyebben fekvő talajszintekből Ca-ot vesznek fel és azután gyökereik bomlásakor bejut a talajba.

A fentiekben vázoltam a Viljamsz féle földművelési rendszer talajbiológiai alapjait, amelyeknek gyakorlati alkalmazása terén nálunk is vizsgálatok vannak folyamatban.

A talajbiológiai kutatómunka gyakorlati célkitűzései és
jelentősége 5 éves tervünkben, különös tekintettel
a haladó szovjet talajbiológiai kutatások
legújabb eredményeire.

A talajélettan tudománya egyike a természettudományok
de főleg az agrártudományok legfiatalabb legforrongóbb, de egyut-
tal leghaladóbb természetű kutatási ágának.

Tulajdonképpen csak Pasteur, Koch Robert és Mecsnikoff
munkásságának alapvetése után kezdődött meg az érdeklődés eziránt
a tudományág iránt. Pasteur intézetében dolgozott Viljansz is, aki
innen vitte magával azt az élő biológiai felfogást, melynek a -
lapján munkásságával a haladó szovjet talajtan biológiai irányát
megszabta és annak alapjait lefektette. Hogy a kutatások és a talaj-
élettan tudománynak első élettani szakaszában milyen nehézségeket
kellett leküzdenie, arra nézve elegendő, ha megemlítjük, hogy az ag-
rókémia egyik legkiválóbb kutatója Jusztus Liebig még mereven ta-
gadta azt, hogy a szerves anyagnak a talajba-történő szétbontásá-
nál, élőlények, mikroorganizmusok működnek közre. Azóta, az elmúlt
viszonylag nem is olyan hosszú idő alatt, mérőföldes lépésekkel ha-
ladt előre ez a fiatal tudományág, amely ma a haladó talajtani tu-
dománynak, de ezen túlmenően a haladó agrártudománynak is alapvető
elemét képezi.

Azt, hogy a talajban mikroszervezetek - már itt hang -
súlyozom, nemcsak baktériumok, hanem gombák is-döntő szerepet ját-
szanak a talajra hulló szerves anyag elkorhadásában és ásványi a-
nyaggá való oxidációjában, már a talajbiológia fejlődésének első
idejében is tudták.

De a mezőgazdasági-növénytermelés szempontjából és ál-
talában az agrotechnika szempontjából csak akkor figyeltek fel e-
lőször és döntően a talajélettani kutatók munkásságának az ered-
ményeire, amikor az orosz Winográdkynak az elmúlt század utolsó
évtizedében sikerült a nitrifikáció mikrobiológiai folyamatát tisztá-
znia és nagyjából vele párhuzamosan a dán Beijerinck-nek sikerült
a levegőből történő N-kötés munkájával olyan fontos, súlypontos
szerepet játszó Azotobacter-genus szerepét tisztáznia, és ezzel a
N biológiai körfolyamatának ezt az annyira fontos részét, amely a
nitrifikációval és denitrifikációval a N-ciklus dialektikus értel-
mezésénél és kiértékelésénél döntő szerepet játszik, tisztáznia.
Ugyancsak Beijerinck-nek sikerült azután a hüvelyesek gyökérgumói-
ban élő, közismert N-kötő baktériumnak, a Bacillus radiciorumnak
az izolálása is. Ezt követőleg tisztázta Winogradsky az anaerob N -
kötést, a vasbaktériumok szerepét, majd Beijerinck és az orosz

Omeliánsky a kénbaktériumok mikrobiológiáját derítették fel.

Amilyen mértékben fejlődött a talaj élettanikutatás eredményessége, olyan mértékben figyeltek fel rá a talajtan kutatói. Az a merev kémiai, fizikai álláspont, amelyet még néhány évtizeddel ezelőtt is igen neves talajkutatók képviseltek, kezdett rugalmasabbá válni és mind jobban és jobban kerültek előtérbe a talaj élettani feltárásának nagy, még eddig megoldatlan kérdései. E tekintetben a szovjet talajbiológiai kutatás már évtizedek óta élen jár. Winogradsky és Omeliánsky neve egyuttal a talajélettan alapvetésének a mérőököket is jelzik. A talajélettannak a talajtan tudománya terén való mind szélesebbkörű alkalmazása szempontjából pedig Viljamsz elődei kiváló orosz talajtan kutató Dokucsajev és Koszticsev fejtettek ki uttörő munkásságot.

Akinek tehát az orosz kutatóknak a talajbiológiai terén kifejtett munkásságának kiértékelésével kell foglalkoznia, könyvny feladata van, mert a talajélettan tudományát gyakorlati értelemben vett igazi diadalra, a dialektikus kutatási irány eredményes képviselői, az orosz tudósok vitték és Viljamsz munkásságának köszönhetjük azt, hogy a talaj mikrobiológiája többé már nem elméleti és a laboratóriumokban folyó tudományos kutatómunka célkitűzése, hanem husa és vére és mindezeken felül éltető, motorikus dinamikus ereje a mezőgazdasági termelékenység fokozásának.

Hazánkban ezelőtt két évtizeddel kezdett tért hódítani, az akkor még erősen forrongó és fejlődő tudomány. Nálunk hosszú időn keresztül dominált a talajtan célkitűzése terén a tudománynak egyoldalú és merev kémiai és fizikai értelmezése. A talajkutatóink jórésze fizikai és kémiai rendszernek tekintette a talajt és ha tudott róla nem tulajdonított döntő fontosságú jelentőséget a talajban lefolyó biológiai folyamatoknak. A magyar talajtan tudománya, és ezt nyugodt tárgyilagossággal megállapíthatjuk, nemzetközi viszonylatban is becsületesen teljesítette a kötelességét. Az a körülmény, hogy csak lassan idomult át és csak lassan szerezt meg magának a biológiai beállítottságot egyáltalában nem von le az értékéből. A talajélettani kutatásokat a szovjet haladó tudomány példamutatása nyomán súlypontos jellegűnek kell tekintennünk. Aki a füves vetésforgó alkalmazását nem dogmatikusan, hanem tudatosan, megértően akarja keresztülvinni, annak meg kell tanulnia a talajtan tudományának a biológiai alapon való értelmezését. És meg kell tanulni ebben a tudományágban dinamikus, a biológiai folyton változó előretörő törvényszerűségei szerint rugalmasan gondolkodni és cselekedni.

A talajt nem szabad holt, csak a kémia és fizika törvényei alapján felépített anyaghalmaznak tekintenünk, hanem főleg a termőtalajt, mint élőszervezetet kell felfognunk, amely él, lélegzik, táplálkozik, amelynek anyagcsere körfolyamatai vannak, és amely a bennelevő lények összességével és a rajta élő növények életközösségével egy szerves, egységes egészbe kapcsolódik össze, és amelynek ismerete lehetővé teszi a benne lefolyó jelenségeknek a növények életműködésével való szoros dialektikus értelemben megértett és megmagyarázott összefüggéseit felderíteni. Ugy az erdő

mint a mezőgazdasági talajokat biodinamikai rendszernek kell tekintenünk, amelynek sajátosságai, éppen úgy, mint az élőlények szervezete, óráról-órára, percről-percre változnak és amelynek a belső összefüggéseit nem sztatikai, hanem biodinamikai törvényszerűségek megszerkesztésével kell megismernünk és megértenünk.

Az egy pillanatra sem lehet kétséges előttünk, hogy a talajélettani tudomány célkitűzéseinek szorosan be kell kapcsolódnia a szocialista mező-és erdőgazdaság gyakorlati építő munkájába. Minden tudománynak csak akkor van létjogosultsága a kutatóműhelyekben és a laboratóriumokban elért eredményeknek csak akkor van élő tartalma és értékük ha ezeket az emberi kultúra és a szocializmus építésének a szolgálatába tudjuk állítani.

Ezért természetesen minden gyakorlati szakember most már joggal teheti fel a kérdést, hogy milyen módon szolgálja a talajbiológiai kutatást a gyakorlat, de főleg a talajművelés és ezen keresztül a növény termelés ügyét. Az első nagy szolgálat, amit a talajélettan tudománya a gyakorlati életnek tett, abban állott és abban áll ma is, hogy a talajfejlődés és a termőtalaj kialakításának biológiai vonatkozásait és alaptörvényeit felderítette. E téren Viljamsz munkásságát döntő fordulatnak kell tekintenünk a talajtani tudomány egészének kialakulása terén. Ő fektette le Dokucsajev genetikai és Koszticsev agronómiai talajtanának folytatása és végrehajtásaképpen a dinamikus és evolúciós talajképződés elvét, és ő volt az, aki ennek a fejlődésnek a biológiai alapírányát megmutatta. A talajélettan e téren nem egy oldaluan befolyásolta a talajtan és a növénytermesztés gyakorlatát, hanem ezeknek ugyyszólván minden ágát átszötte a biológiai fejlődés gondolatának dinamikai erejével.

A növény táplálkozásának talajtani vonatkozásaival tehát a talajnak azon képességéről, hogy gazdasági növényeinket nyers tápanyaggal elláthassa, alaposan megváltoztak a fogalmaink. Ma már tudjuk, hogy a tápanyagok a talajban végbemenő feltárása a biológiai folyamat, vagy legalább is jó részben az, ha tekintetbe is vesszük a talajban még működő egyéb kémiai és fizikai tényezők befolyását. A talajélettan tudománya mutatta meg azt, hogy a természetes és mesterséges trágyázás helyes felhasználása és a talajban való további felhasználása és feltárása szintén jórészen a mikroorganizmusok munkájához van kötve.

A talajbiológiai tudomány mutatta meg nekünk, hogy gazdasági növényeink egyik legfontosabb tápanyagának a N-körfolyamata döntően biológiai jellegű, nem is szólva a szén szintén hasonló kozmikus dimenziójú és fontosságú mikrobiológiai körfolyamatáról. De ugyancsak a talajbiológia mutatta meg nekünk a kén, a vas, és az utóbbi időben az ugynevezett hamualkotórészek körfolyamatának is mikrobiológiai jellegét. És végül a talajélettan tudománya tanította meg és fogja megtanítani a gyakorlati mezőgazdát arra, hogy talaját mint élő szervezetet tekintse, annak törvényszerűségeivel tisztában legyen és azokhoz alkalmazkodjon akkor, amikor növénytermelés és talajművelési módszereivel a talaj termőerejét hasznosítani akarja. Ma a haladó szovjet talajbiológia és talajtan

nagyszabású eredményeinek az utmutatása nyomán, a talajbiológiai tudomány eredményessége még nagyobb lépéseket tesz előbbre, amelyek ma szinte beláthatatlan távlatokat nyitnak meg nekünk.

Eddig, főleg a kapitalista, feudalista mezőgazdaságban talajaink jó rögszerkezetét itt ennek előnyös morzsás szerkezetét kizárólag különböző talajművelési rendszerekkel kísérelték meg helyreállítani és fenntartani. Viljamsz klasszikus munkásságának az érdeme az, hogy ezeknek az eljárásoknak helytelen voltára rámutatott. Véleményem szerint a mezőgazdasági gyakorlat de a talajéletten elmélete szempontjából is talán Viljamsznak a legdöntőbb felismerése abban áll, hogy hosszú kutató munkásságának a megfigyelései alapján felderítette, hogy a termőtalaj legfontosabb sajátosságát az úgynevezett morzsás szerkezetet a legjobban és a legmaradandóbban biológiai úton, mégpedig az úgynevezett füves vetésforgók helyes alkalmazásával és ezekkel kapcsolatosan a talajban lefolyó aerob és anaerob bomlási folyamatok helyes egyensúlyi viszonyával tudjuk megőrizni és fenntartani. Ez lehetővé teszi, azt, hogy az elhalt gyökérmaradványok és lehullott földfeletti részek az aerob és anaerob bomlási folyamatok helyes összeállításával úgy korhadjanak el, hogy a korhadás alkalmával minél tartósabb és minél hosszabb ideig állhassanak a folyamat végső termékei a növények rendelkezésére és ugyanakkor éppen ezek a mikrobiológiai bomlási folyamatok a legcélszerűbben biztosítsák a termőtalaj morzsalékos szerkezetének a fennmaradását. Persze a talajművelőeszközök használatát továbbra is elengedhetetlen lesz, de ezeknek a használatát teljesen a fenti célhoz kell koordinálnunk.

Mezőgazdaságunk évtizedeken keresztül el volt zárva attól, hogy a biológiai talajművelésnek ezeket az úttörő és amint említettem szinte beláthatatlan perspektivákat biztosító módszereiket elsajátítsa. Aki a mi termőföldjeinknek gyenge termőképességét ismeri, az tudni fogja, hogy milyen hiányaink vannak ezen a téren. Milyen hiányaink vannak és mit jelent ezek pótlásakor az a körülmény, hogy erről a természet erőinek, de főleg a talajban lefolyó mikrobiológiai körfolyamatoknak helyes irányításával, ha nem is egészben, de jelentős részben gondoskodhatunk. Ez az elgondolás volt az, amely az agrártudományok 5 éves tudományos tervében a Viljamsz-féle talajművelési rendszer mikrobiológiai összefüggései kutatásának most súlypontos helyzetet ad. Ez a célkitűzés lesz hivatalva arra, hogy a talajélettannak olyan helyet biztosítson az agrártudományok terén, amely ezt méltán megilleti és amelyet sajnos hazai viszonylatban néhány kezdeményezéstől eltekintve, megkapni nem tudott.

A Viljamsz féle talajművelési rendszer, és így a füves vetésforgók talajbiológiai vizsgálatánál könnyen felvetődhetik az a kérdés, hogy vajon nincsenek-e ezek a vonatkozások már olyan módon felderítve, hogy a további kutatások most már időszerűlenek lennének.

Erre a kérdésre a következőként felelhetek. Viljamsz természetesen nemcsak általános irányelveket adott, hanem a gyakorlatba is átültette, -ma már tudjuk- kiváló eredménnyel tudását.

De ennek ellenére hibát követnénk el, ha most már Viljamsz tanítását, aki egész életén keresztül a dinamikát és az evolúciót hirdette, dogmatizálnánk és elkezdénénk most azt mi, a Szovjetunió talaj és klímaviszonylataitól kétségek kivül sok tekintetben eltérő tájegységeinkben minden további megfigyelés nélkül alkalmazni. Ez helytelen lenne. A tudomány él és fejlődik és csak addig lesz eredményes és addig fog hasznos szolgálatokat kifejtteni, amíg az evolúció eszméjét maga is megvalósítja. Maga Liszenkó, aki egyébként lényegileg a legteljesebb mértékben elismeri Viljamsz tanításainak a helyességét, legutóbb Viljamsz agrónómiai tanításáról megírt értekezéseinek a végén világosan leszögezte azt az álláspontját, amelyet minden dialektikusan gondolkodó természetkutatónak maradék nélkül magáévá lehet tennie. Liszenkó e megállapítása így szól: "A tudományos dolgozóknak, az agrónomusoknak és a mezőgazdasági szervek dolgozóinak tehát tisztában kell lenniök azokkal, hogy Viljamsz tanításait, amelyek jelentékeny helyet foglalnak el az agrónómiai elméletben, semmiesetre sem szabad merev dogmaként kezelni. Az agrónómiai elméleteket, annak egyes tételeit feltétlenül tovább kell fejlesztenünk, vagy módosítanunk, viszont minden helytelen elavult nézetet el kell vetnünk." Viljamsz szellemében akkor fogunk a leghelyesebben eljárni és az eredményeit akkor fogjuk igazán a legmagasabb tökélyre vinni, ha nem merev dogmaként kezeljük őket, nem receptunának használjuk fel ezeket, hanem alkalmazásukat állandóan figyelemmel kísérjük, kísérletekkel, vizsgálatokkal ellenőrizzük és ezeknek az eredményeképen módosítjuk és helyesbbitjük őket.

A füves vetésforgók és a velük kapcsolatos földművelési módszerek mikrobiológiai vizsgálatánál mindenképp előt kell tenni a cellulóz korhadásának a menetét, ennek a füves vetésforgóval való kapcsolatait, a humuszképződést és a talajlélegzés mérvét vizsgálnunk. E téren rá szeretnénk mutatni egy szovjet kutatónak Gelycernek a munkásságára, aki különösen a füvek termőtalajainak rizoszféra baktériumflóráját kutatta. Rámutatott a rizoszféra baktériumflórájából kitenyésztett baktérium kultúrákkal történő biológiai hatására, amelynek kapcsán egyrészt a füvek növekedése gyorsul meg, másrészt ezzel kapcsolatban a szemcsés szerkezet képződés is gyorsabbá válik. E téren nekünk is meg kell tennünk már most a kezdeményező lépéseket, és el kell végezni mielőbb az idevágó kísérleteket és kutatásokat. Ugyancsak a füvesvetésforgó talajában lefolyó korhadási folyamatokkal kapcsolatban figyelmünket a talajban élő phytopathogén baktériumok életképességére és ezek lehető megsemmisítésére kell fordítanunk. Tanulmányoznunk kell az egymással harcban álló hasznos és a phytogénbaktériumok kölcsönhatását az adott életkörülményekkel kapcsolatban. Így lesz azután lehetséges, hogy a megfelelő hasznos talajflóra kialakításával és ennek erősítésével a phytopathogén mikroorganizmusok ellen való védekezést hatékonyabbá tegyük.

Meg kell vizsgálnunk a mikroorganizmusok bomlástermékeiből keletkező humuszszerű anyagoknak rögzítő hatását. Abban a kutatók ma már majdnem mind megegyeznek, hogy nemcsak elbomlott növényi maradványok, hanem a mikroorganizmusok váladékai azok a rögzítő anyagok, amelyek a jó rögzítő szerkezet kialakítását biztosítják.

Ugyancsak a füves vetésforgóval kapcsolatosan kell megvizsgálnunk a talaj mikroflorájának és faunájának társulási viszonyait. Ezt nem szabad tisztán elméleti kérdésnek tekintenünk. Ezek a vizsgálatok lesznek hivatva esetleg később lehetővé tenni, hogy a megfelelő kultúrák oltásával, vagy a megfelelő talajművelési módszerek alkalmazásával a nekünk legelőnyösebb társulási viszonyokat létesíthessük. Ezekkel a problémákkal kapcsolatosan van egy kérdés amely lényeges összefüggésben van a füves vetésforgó eredményességével. Ez a probléma a talaj nehezen felvehető K és P-sóinak átalakítása, könnyen oldható és a növények által felvehető vegyületekké. A talaj nehezen oldható P és K vegyületei ugyanis azok közé a kémiai tényezők közé tartoznak, amelyek különösen alkalmasak arra, hogy a füves vetésforgó helyes alkalmazásával, illetve a talaj mikroorganizmusának fokozott tevékenysége révén felvehető állapotba kerüljenek és ilyen módon egy hatalmas tartalékot nyithat meg a fejlődő növényzet számára.

E téren a magunk részéről már folytattunk vizsgálatokat és ezeket lényegesen megerősítik Alexandrow-nak a kutatásai, amelyek kimutatták, hogy még a kovasavas K-t is felvehető állapotba tudják hozni a talaj mikroszervezetei. Alexandrow a kutatásai folyamán annyira ment és olyan szép eredményeket ért el, hogy ezeknek a káliszilikátoknak a biológiai mozgositását végző baktériumoknak tiz csoportját sikerült izolálnia. 1940-ben mi még nem jutottunk odaig, hogy ezeket a specifikus mikroorganizmusokat is elkülöníthettük volna. De már akkor hangsúlyoztuk, hogy nem lehetetlen, hogy a talajnak nemcsak N, S és Fe baktériumai, de specifikus K és P baktériumai is vannak. E téren a kutatásokat teljes erővel tovább kell vinni, mert éppen a füves vetésforgó alkalmazásával kapcsolatban, amikor a talajélet intenzitását különösen növelni tudjuk, igen nagy jelentősége lesz éppen a talaj nehezen oldható P és K vegyületeinek biológiai mozgositásában.

Egyébként a kutatásoknak igen lényeges pontját fogja képezni a talajba jutó növényi cellulóztartalmu maradványok és általában a humuszképződésnek mikrobiológiai vizsgálata.

A cellulózbontással kapcsolatosan a cellulózbaktériumok faji összetételére is nagy súlyt kell helyezni. E téren az orosz kutatók szintén fontos munkásságot fejtettek ki. Különösen szeretném itt Issatschenko azután Mishustin és munkatársaiknak a kutatótevékenységét kiemelni. Ujabban Ismenecki gazdagította a jelet részről különösen a cellulózbontó thermophyl baktériumok működésének a felderítésénél értékes eredményekkel az irodalmat. Magyar viszonylatban dr. Bokor foglalkozott ezzel a kérdéssel, akinek sikerült egy fontos cellulózbontó mikroorganizmust a *Mycococcus cytophagus*-t izolálnia.

A cellulózbontással kapcsolatosan a pentozán kérdés, tehát a N-veszteség problémája már az egész magyar mezőgazdaság átfogó jellegű problémáját képezi és e téren különösen súlypontosnak ítélem a beható vizsgálatok elvégzését.

Nemcsak a füves vetésforgóval s az ezzel kapcsolatos agrotechnikai eljárásokkal kapcsolatban, hanem a talajművelési eljárások általános vonatkozásaiban is, hangsúlyozni kell a levegőből történő N-kötés fontosságát. A hüvelyesek gyökérgumóiban élő baktériumok szerepével külön foglalkozunk a baktérium trágyázási problémájával kapcsolatban. Itt elsősorban a mezőgazdasági gyakorlat szempontjából annyira fontos *Azotobacter* kérdés vonatkozásai ról emlékezünk meg néhány szóban. E téren különösen ki kell emelni Fjedorov szovjet kutató most magyar fordításban is megjelenő hatalmas munkáját, amely az egész világirodalomban páratlanul álló monográfia. Eltekintve a szerző gyakorlati és elméleti kutatásaitól/ különösen súlyt és jelentőséget ad munkájának az a körülmény is, hogy könyvében azt a hatalmas; adatai szerint sokezerre menő publikációt is átdolgozta és kiértékelte, amelyek a levegőben történő N-kötésre vonatkoznak.

Természetesen nem szabad ennek a kérdésnek az elbírálásánál elfelejtenünk, hogy a növények N-táplálkozására vonatkozó első alapvető vizsgálatokat szintén egy híres orosz kutatónak Prjanyisnyikov-nak köszönhetjük. Ez a hatalmas összefoglaló munka, megmutatja nekünk azt az utat, amelyet ennek a problémának a megoldása 50 éven keresztül megjárta. P. a kérdés legelső uttörői közé tartozik. Könyvében sokszor idézi azt a nehéz harcot, amit neki e téren az akkor uralkodó téves felfogással kapcsolatban meg kellett vívnia. Az ő működésének az eredményeképpen születtek meg tulajdonképpen Winogradskynak a nitrifikáció mikrobiológiájára vonatkozó felfedezései. Prjanyisnyikov elsősorban az aminosavak és az asparagin képződését derítette fel. Ő a nitritek élettani jelentőségére nem helyez nagy súlyt, inkább csak közbelső termékeknek tekinti őket. Viszont itt meg kell jegyezni, hogy éppen az öntözéssel kapcsolatban a nitritkérdést nem szabad elhanyagolható problémának tekintenünk. Ez a kérdés-komplexum még megoldásra vár és igen hálás feladatot vállal magára az, aki e téren a végső megoldást és a helyes utat megtalálja. Prjanyisnyikov ma is két utat jelez. Az egyik az ásványi trágyák felhasználása, a másik a biológiai N-kötés mechanizmusa. Es itt érkeztünk el újra az *Azotobacter* problémájához, amely kérdés Beijerinck felfedezése óta még mindig kiművelés alatt áll. Fjedorov kutatásaival lényegesen megvilágította azokat a lehetőségeket, amelyek az egyes tápanyag elemek felvétele és a légköri N-nek *Azotobacter*-ek által való megkötése között fennáll.

Az *Azotobacter* kérdésre vonatkozólag az említetteken kívül még Kraszilnyikov kitűnő munkájára is rá kell mutatni. Ő is hangsúlyozza azt a körülményt, hogy különösen a P és a Ca sók milyen jelentősen befolyásolják az *Azotobacter* N-kötését.

Az *Azotobacter*nek a talaj kémhatásával szemben tanúsított viselkedésére vonatkozólag a kutatások igazolták azt, hogy az *Azotobacter* igen nagy alkalmazkodási képességgel bír, mert a természetes kiválasztás és a környezetnek micsurini értelemben vett hatására, az erdőtalaj savanyu kémhatásához is alkalmazkodni tud. Ezt a fontos N-kötő baktériumot, amelyről sokáig azt hitték a mezőgazdasági biológiai tapasztalatok alapján, hogy a talaj savanyu kémhatását nem bírja el, pH-5 reakcióju északeurópai erdei tala-

jokban is ki lehet mutatni. Működését itt inkább a talaj jó levegőztettsége szabályozza és nem annyira a kémhatás. Nyilván az alkalmazkodás egy igen tanulságos esetről van itt is szó, amelynél a környezet hatása döntő sulyal érvényesül. Ebben a vonatkozásban Kramszilnyikov is hangsúlyozza, hogy egyes törzsek csakugyan képesek a talaj savanyu kémhatásához alkalmazkodni.

Egyébként igen érdekesek az ismert szovjet növényfiziológus Kostytschev vizsgálatai is, aki viszont kimutatta azt, hogy az *Azotobacter* adott esetben a nitrátokat is redukálhatja. K. vizsgálatai azt is mutatták, hogy maga a N-kötés, -nem úgy mint eddig hitték tisztán endothermikus reakció, amelynek folyamán az elemi N salétromsavvá oxidálódik, hanem először redukciós folyamat, amely kezdetben ammoniák képzésére vezet.

Kostytschev szovjet kutató 1925-ben foglalkozott igen behatóan az *Azotobacter*ekkel és különösen az *Azotobacter* trágá - zás lehetőségeit vizsgálta. Azon a véleményen volt, hogy az *Azotobacter* hatását csak akkor tudja igazán kifejteni, ha legnagyobb számban a gyökérzónában foglal helyet. Ez a felfogás az időközben végzett kutatások során nem bizonyult helyesnek. Az bizonyos azonban, hogy tulnyomó számban a rhizosphaerában fejlődik ki és mennyisége meglehetősen változó. Különösen szerves anyagok, persze első sorban szénhidrátok hozzáadása, növelheti erősen a számát, ha grammonként ennek a mikroorganizmusnak a számát 100-200 ezernek tesszük fel, 1 gr talajra viszonyítva, úgy 1 ha területen egy tenyésztési időszak alatt 30-40 kg N-t is megköthet. Ezek azonban csak mind megközelítő adatok és éppen ezen a téren van még a kutatásnak további tere, hogy biztos adatokat kaphassunk.

Nem minden növényünk által kultivált terület talajában működik és fejlődik ki egyformán az *Azotobacter*. A búzánál pl. Kramszilnyikov szerint ahol csak a gyökérzónában foglal helyet, 1 ha-on mindössze 27 gr N-t tud megkötni. Viszont lóhere és lucerna földeken, ahol azután a talaj egész, ugynevezett aktív rétegében, tehát a felső 15-20 cm-es rétegben átlag gr-ként közel 100.000 *Azotobacter* élhet, kedvező éghajlati és talajviszonyok mellett 206 nap alatt 60 kg N megkötésére is lehet számítani.

Ezeknek a vizsgálatoknak természetesen a füves vetésforgó különböző növényei által benépesített talajban, quantitativ értelemben is nagy jelentőségük van, e kérdés kutatásának sulypon - tos jelleget szánunk.

A növények N gazdálkodása szempontjából szintén suly - pontos kérdés a mycorrhiza probléma. A gombák közül is vannak o - lyan, a növényekkel együttélésben élő szervezetek, amelyek pozi - tív hatással vannak a növényekre. A mycorrhiza gombáknak a mi égő - vünk alatt, különösen az erdei fáink N gazdálkodásánál van fontos szerepe. E téren újabban 1950 a bonni egyetemen Winter iskolája végzett igen beható vizsgálatokat azokra a mycorrhiza gombákra vonatkozólag, amelyek a mezőgazdasági növényeinkkel vannak együtt - élésben. Itt legtöbbször endotroph mycorrhizával van dolgunk. A

mezőgazdasági növényeknél azonban éppen az a legfeltűnőbb, hogy a gyökerek belsejében fejlődött gombafonalak nagyon kevés összeköttetést mutatnak a talajban élő gombafonalakkal. Ezek a vizsgálatok Howard-nak az elgondolását, amely szerint a mezőgazdasági növényeink mykorrhiza gombái és anyanövények számára éppen úgy, mint a fás növényeknek hasznos élettani feladatokat teljesítenek, nem igazolták. Inkább a károsítás felé hajlik a mérleg.

A mykorrhiza-infekció erőssége mezőgazdasági növényeinknél részben a talajtól, részben a növényzettől függ. Persze a klimatikus körülmények is hatással vannak rá. Ezzel a kérdéssel nem csak a füves vetésforgóval kapcsolatban, de országos viszonylatban is szükséges lenne igen behatóan foglalkozni. A gombakutatás a talajbiológiában nemcsak nálunk, de másutt is meglehetősen el van hanyagolva, vagy legalább is nem kapta meg azt a helyet, amely fontosságánál fogva megilletné.

Az u.n. bacterium aktivátorok főleg a rhizosféra baktériumai közül kerülnek ki. Ezeknek a hatására / spórás és nem spórás baktériumok, élesztőgombák tartoznak ide/ a növények gyökérzetének és földfeletti részeinek a növekedése meggyorsul. Hogy ezek a baktériumok milyen anyagokat választanak ki, még részletesen nem tudjuk. Kétségtől a növekedést meggyorsító hormonális vegyületekről, úgynevezett phitohormonokról van szó, amelyek közé többek között az auxin és a heteroauxin is tartoznak. E tárgykörben két szovjet kutató Holodgyin és Pravgyin végeztek igen szép vizsgálatokat. De nemcsak a baktériumokban, hanem pl. az istállótrágyában és a televényben is vannak vitaminok, aminosavak, és egyéb a növekedést előmozdító hormonális anyagok. Ezeket valószínűleg a szalmás növények korhadásánál közreműködő baktériumok termelik ki. Hangsúlyozom, csak serkentik a növekedést, tehát tisztán hormont hatást fejtenek ki és nem tápanyagok. Egyébként ezek az aktivátorok nemcsak a magasabbrendű növényekre, hanem a velük a talajban együttélő alacsonyabbrendű növények, baktériumok, gombák, moszatok fejlődésére is kedvezően hatnak.

A másik ilyen probléma és ilyen kérdéskomplexum a baktériumok antagonizmusa. Már megemlékeztem a phitopathogén baktériumok kártevésének a tárgyalásáról, hogy ezeket a talajban vagy a protozókák, vagy más baktérium fajták, vagy a vírusok közé tartozó bakteriophágok pusztítják el. A leküzdésüknél fontosak azok a baktérium csoportok, amelyek az ilyen phitogénbaktériumokat megsemmisítik és elnyomják. Először egy szovjet mikrobiológus Hudjakov írt le ilyen baktériumokat. Itt éppen fordítva van a helyzet, mint az antibiotikumoknál, ahova a penicillin és streptomycin is tartoznak. Ezek a baktériumok a gombákat is elpusztítják. Ebben a vonatkozásban igen fontos célkitűzéseinket kell, hogy képezze a rhizosféra baktériumflórájának fajmeghatározással kombinált vizsgálata. Előfordulhat ugyanis az, hogy a káros mikroszervezeteket megsemmisítő antagonisztikus baktériumok mellett ebben a zónában még olyan mikroszervezetek is fejlődnek, amelyek károsak a növényekre. Szovjet kutatóknak sikerült már olyan baktérium telepeket kitenyészteni a rhizoszférából, amelyek a magvak csírázására gátlólag hatnak.

A bakteriophagok kutatása csak most az elektron ultra-mikroszkóp alkalmazásával kapott súlypontos helyzetet. A kutatások azt mutatják, hogy nyilván a talajban is megvannak és adott esetben az ott élő hasznos baktériumokkal számunkra nem épen kedvező kor-felációba léphetnek. Ebben a vonatkozásban egészen új kutatási lehetőségeink vannak, amelyek azonban pillanatnyilag olyan technikai felkészültséget kívánnak, amelyekkel még az amúgy is sok kívánnivalót hagyó talajélettani laboratóriumok az 5 éves terv keretén belül alig ha tudnának megbirkózni. De mégis szükséges a figyelmet erre is ráirányítani, mint távolabbi célkitűzésre.

A következőkben most a talajban élő mikro-és makroszkópikus gombák kutatásával fogunk nagy vonalakban foglalkozni. A talajbiológiai kutatások terén, eltekintve a mykorrhiza kérdés beható feltárásától, ezen a téren sajnos nemcsak nálunk, de másutt is hiányok vannak. Hozzá vagyunk szokva ahhoz, hogy a talajbiológiát a talajbakteriológiával azonosítjuk. Ez pedig nem helyes fel-fogás és nem felel meg a követelményeknek. A talaj biológiája, illetve mikrobiológiája szükségszerűen a talajt benépesítő összes makro és mikroszervezeteket foglalja össze. És ezek között úgy a makroszkópikus, mint a talajban élő mikroszkópikus gombáknak a szervesanyagok korhadásánál igen fontos és lényeges szerepet kell tulajdonítani. Az elfásodott cellulózt csak a magasabbrendű gombák tudják a korrozio és erózió már ismert biológiai folyamatainak kapcsán felbontani. Csak ezeknek az uttörése és a fásító anyagoknak a szétbontása teszi azután lehetővé a visszamaradt cellulóznak a baktériumok részéről való fokozottabb korhasztását. Emellett savanyu talajokban a gombák szerepe még fokozottabbá válik és érdekes, hogy pl. a száraz extrém-arid talajokban is jobban tudnak a gombák megmaradni és alkalmazkodni, mint a kényesebb baktériumok. A talajgombák kutatásának az eddiginél jóval nagyobb szerepet kell biztosítanunk. Nemcsak az erdei, hanem a mezőgazdasági talajok életjelenségeinek a tanulmányozása terén is. Az aratás után visszamaradó, elfásodott növényi maradványok korhasztásánál a gombáknak a mezőgazdasági termőtalajokban is igen fontos szerep jut. Emellett a talajban lefolyó erjedési folyamatoknál, de ugyátszik a fehér-jebontásnál is van jelentőségük. Ennek a kérdésnek további kutatását, mint követendő célt oda kell állítanunk kutatóink elé annak kihangsúlyozásával, hogy ennek a problémának az 5 éves terv keretében való kimunkálása, vagy legalább is a vizsgálatok megindítása nagyon fontos feladat lenne.

A talajgombák kutatása terén magyar viszonylatban Übrigy Gábor végzett nagyjelentőségű és uttörő munkát. Neki köszönhetjük azt, hogy a talaj mikroszkópikus gombaflórája és a természet két kozmikus tényezője: a hőmérséklet és a vízfaktor közötti összefüggést az "R" törvény értelmében tisztázta.

A talajban élő moszatok szerepét sem szabad alábecsülnünk. Különösen a talaj felsőbb rétegeiben, ahol főleg nedves időben elég nagy számban élnek, a talaj oxigénnel való ellátásához jelentős mértékben hozzájárulhatnak. E mikroszervezetek mindkét, tehát gombák és moszatok csoportjánál a szisztématis, tehát faji meghatározás elengedhetetlen. Meg kell kezdenünk a magyar mezőgazdasági és erdőtalajok baktérium, gomba és moszat flórájának szisz-

tématikus feltárását és ezzel kapcsolatban egy használható magyar határozókönyvnek és módszertannak az elkészítését. A Földtani Intézet által kiadott Módszertanban vannak már ugyan a külön e célra készített fejezetben fontos utmutatások, de ezek ennek a kérdésnek rendszeres feldolgozását feleslegessé nem teszik. Ugyan ilyen fontos feladat, egy magyar talajélettani kézikönyv elkészítése, szoros kapcsolatban a haladó szovjet talajbiológiai kutatás eredményeinek a megismerésével.

Az eddigiek folyamán letárgyalt részletkérdések után még 4 problémával fogunk foglalkozni. Az egyik a talajművelési rendszerek mikrobiológiai vizsgálatának a problémája, a 2./ a talaj mikrobiológiai vizsgálatának módszerei, 3./ a baktérium trágyázása, és 4./ a talajbiológiai kutatómunka hazai vonatkozásban való megszervezésének kérdései.

A talajművelés terén rendszeres kísérleti és kutatómunkát eddig csak a sekélytalajműveléssel kapcsolatosan, most már közel másfél évtized óta folyó kutatásoknál végeztünk. Ezeknek az eredményei jórészt napvilágot is láttak. Gyakorlati szempontból a kérdést, legalább maradéknélkül megoldottnak nem tekinthetjük. A Manning G. Adolf által bevezetett sekélytalajművelési rendszer, ha nem is hozott végleges megoldást, de egyrészt új irányokat adott, másrészt lehetővé tette nekünk azt, hogy megismerjük azokat a módszereket, amelyeknek a segítségével a gyakorlati agrotechnikai eljárások talajélettani vonatkozásait vizsgálni tudjuk. Persze tökéletes megoldásról itt sem lehet szó, de már tapasztalatokat szereztünk, munkát indítottunk, és ennek meg van a maga jelentősége. Végeredményében minden talajművelési-rendszer megalapozása, -ugy mint azt Viljamsz utmutatásai is megmutatják, - azzal a célkitűzéssel is jár, hogy a talajnak, mint élő-szervezetnek a működését optimalis, a gazdasági növénytermesztés szempontjából legkielégítőbb helyzetbe hozza. Meg kell teremteni a szükséges fizikai és biológiai egyensúlyt a talajlakó mikroorganizmusok és a földfeletti növények életműködése között olyan módon, hogy szocialista mezőgazdaságunk termelékenységét a legnagyobb mértékben biztosítani tudjuk.

Magyar viszonylatban, amely pedig klimatikus adottságaink következtében igen sok és lényeges vonásban egyezik a Szovjetunió viszonyaival, igen lényeges feladat, hogy talajművelési eljárásaink, a talaj vizgazdálkodását helyesen szabályozni tudják. Ugy Viljamsz, mint pedig magunk, egymástól függetlenül mutattunk rá arra, hogy a talaj tápanyagainak a felhasználásánál, de a talajélet dinamikus lefolyásánál is milyen jelentősége van a talaj vizgazdálkodásának. Lényegileg ezen fordul meg minden, hiszen Viljamsz füves vetésforgóinak is ez egyik alapvető célkitűzése.

De nem szabad elfelejtenünk, hogy a talajhőmérsékletnek a szabályozása sem olyan tényező, amelyet el lehet hanyagolnunk. Viljamsz ugyan ennek a kérdésnek nem tulajdonít nagyobb fontosságot, de részünkről ezt a felfogást nem tudjuk teljesen osztani. A talaj vizgazdálkodása ugyanis a legszorosabban összefügg a talaj hőgazdálkodásával. A kettő egymást kölcsönösen befolyásolja

és egymásnak a függvénye. Ezeket egymástól nem lehet elválasztani. Az bizonyos, hogy a talaj hőmérsékletének a szabályozása nem könnyű feladat, és nem is sikerül olyan széles határok között, és olyan nagy mértékben, mint a talaj vizgazdálkodásának befolyásolása. De éppen Kreybignek a vizsgálatait, aki a különböző talajművelési eljárásoknak a talaj hőmérsékletére való befolyását vizsgálta, mutatják, hogy ennek a tényezőnek a szabályozásával szemben sem vagyunk teljesen tehetetlenek. Fehér és munkatársai évek hosszú során úgy deduktív, mint induktív alapon dolgozták ki az ugynevezett "R" törvényt, továbbá ennek a tényezőkomplexumnak a talaj tápanyagkészletének felhasználásával való összefüggését, amely a hőmérsékletnek és a víznek kölcsönös komplex hatását mutatja ki úgy a talajélet, mint a földfeletti növényzet életműködésénél. Szeretném itt szószerint idézni Fehért, aki 1942-ben megjelent, ennek a törvénynek az alkalmazásáról szóló nagyobb dolgozatában így ír: "Világosan mutatják tehát a kísérletek azt a gyakorlat számára eléggé nem hangsúlyozható tény, hogy nem lehet csak egy vagy esetleg két tápanyagot figyelembevenni és a többit elhanyagolni, hanem mindegyiket megfelelő mennyiségben és arányban kell adagolnunk, illetőleg a talaj eredeti tápanyagmennyiségének figyelembevételével úgy pótolnunk, hogy a növényzet táplálkozásához az egyensúlyi helyzetet megteremtjük. Gazdasági növényeink növekedése és terméshozama egy olyan élettani reakciósorozatnak az eredője, amelyet az összes itt szerepet játszó élettani tényezők külön-külön, de ugyanakkor kölcsönös összhatásaikkal is befolyásolnak. A terméseredmény mindig ennek az összhatásnak lesz a függvénye és ennek az előidézésénél minden egyes tényezővel külön és azután ezek összhatásaival is kell foglalkoznunk. De ugyanakkor ezek az eredmények meggyőzően mutatják milyen nagy jelentősége van a talajaink vizgazdálkodásának gazdasági növényeink életére és ezen keresztül a talajban lévő tápsók kihasználásának gazdaságosságára. Annak idején, talán éppen a bekövetkezett háborús események következtében nem igen vették figyelembe ezeket a megállapításokat. Ma azonban igen fontos, hogy ezek az itthon annak idején hatás nélkül elhangzott megállapítások, most Viljamsz tanításának a tükrében, teljes egészükben beigazolódnak. A víz és a hőmérséklet hatásának a talajélettel való összefüggését vizsgálva a Viljamsz féle füves vetésforgó talajbiológiai kutatásaival kapcsolatban két kozmikus tényező adta nagy keret fogja azután a maga nagyvonalúságával a különböző részletkérdések egységes felfogását és megbirálását lehetővé tenni. Az R törvény kerettörvény, és ennek a beigazolása, minthogy a talajélettani módszereink még amúgy is eléggé kiforratlanok és sok hibahatárt rejtenek magukba, csakis széles körű, több tenyészetten keresztül végzett kutatási eredményeinknek statisztikai kiértékelése alapján vált lehetségessé. A törvényt magát, az évtizedekig önmagukra hagyott és a sajátmaguk egyéni életét élő erdőtalajok, majdnem másfél évtizedes vizsgálata alapján vezettük le és dolgoztuk ki. A mezőgazdasági-talajoknál bonyolultabb ugyan a helyzet, de ennek a törvénynek helyes dinamikus értelmezése járható utat nyit majd abban az irányban, hogy a biológiai jelen esetben a mikrobiológiai vizsgálataink eredményét a matematika világos és szabatos utmutatásai alapján dolgozzuk fel.

A talajbiológiai módszerek összehasonlító tárgyalásánál már előre meg kell jegyezni, hogy sajnos a talajélettani kutatásoknak ez a területe, ennek a tudományágnak a legkönnyebben

sebezhető, és a legtöbb módosításra és kiegészítésre szoruló része. Annak idején az orvosi bakterológia bemutatása alapján és annak a tapasztalatai szerint, az ott használt szilárd és folyékony táptalajokat kezdték a talajbaktériumok kitenyésztésénél és kvantitatív meghatározásánál alkalmazni. Így keletkeztek azok a számok, rendszerint százezer, millió értékek, amelyek a gr-ként meghatározott csiráknak a számát jelölik. Ma is a legnagyobb elterjedésnek örvend, mert hiszen végeredményben különösen az ugynevezett elektív tápanyagok, ma még egyedül alkalmasak arra, hogy a nitrifikáló, denitrifikáló, cellulózbontó baktériumok mennyiségének legalább hozzávetőleges mérését megadják. Később az ugynevezett közvetlen számlálási módszerek kezdtek térhódítani. Ismertebbek a Cohn, Rossi stb. eljárások. Ugyan ide tartozik, közvetlen a háború előtt Kubiéna által ajánlott közvetlen megfigyelési eljárás, amely ugyan számlálást nem tett lehetővé, de jó bepillantást engedett a talaj mikroflórájának minőségi viszonyaira. Igen nagy haladást jelentett a kiváló szovjet talajbiológusnak Chododnyn-nak a közvetlen számlálási módszere. Ennek az eljárásnak egy továbbfejlesztett alakja a szaharai szélsőségesen arid sivatagi talajok mikrotalajának a vizsgálatánál is eredménnyel volt alkalmazható. Ezeknek a közvetlen eljárásoknak meg van azonban az a nagy hátránya, hogy nagyon nehéz segítségükkel számszerűleg, mennyiségileg a különleges funkciókat végző baktériumoknak az eloszlására és teljesítőképeségére következtetni. Annnyit ma már minden esetre tudunk, hogy a különböző módszerekkel nyert adatok nagyon különböznek egymástól. Ahol a lemezöntéses eljárás 8-10, vagy 20 millió csirát mutat ki grammonkint, ott a közvetlen eljárások 100, sőt néha milliós értékeket is jeleznek.

A különböző módszerekkel nyert baktériumszámok összehasonlításánál tehát mindig meg kell adni azt az eljárást, amelynek segítségével ezeket nyertük. Persze ezzel a megállapítással a kérdést lényegileg nem sikerült tisztázni. A talajéletteni vizsgálati eljárásoknak egyik legnagyobb hibája, hogy megbízható, gyors és szabatos kvantitatív módszerekkel még nem rendelkezünk. Pedig, ha a talajbiológiai kutatásoknak és az ezeknek kapcsán nyert eredményeknek a gyakorlati célját és jelentőségét mérlegeljük, akkor nyilván arra az eredményre jutunk, hogy ezeknek csak akkor van értelmük, ha segítségükkel a talaj termőerejére, de főleg annak biológiai úton indukált élettani teljesítőképességére adnak felvilágosításokat. Erre nem mindig kapunk ezeknek az adatoknak alapján megfelelő feleletet. Nem is elég a talajok egyszeri analízisének. Ez csak akkor elegendő, ha több talajt ugyanazon időszakban hasonlítunk össze. A talajélet időszakonkénti változásai, amelyeket a víz és hőmérsékletfaktoroknak a komplex kölcsönhatása okoz, olyan nagyszabásúak, hogy rendszerint csak több hónapos vagy egyéves, a fontosabb kulminációs és depressziós periódusokat magába foglaló teljes analitikai kép adhat a talaj biológiai aktivitására megfelelő képet. Ezért egyelőre nem marad más hátra mind addig, amíg megfelelő eljárásokat találni tudunk, mint a közvetlen számlálási módszereket kombinálni azokkal az eljárásokkal, amelyek nem a baktériumszámokat határozzák meg, hanem ezeknek a teljesítőképességét mérik.

Jó tájékoztató adatokat adnak, - persze nagyszámu tö -

meges mérést feltételezve- a talajlélekzési adatok is. Erre vonatkozólag szintén több vizsgálatot végeztünk.

Ilyen kitűnően bevált módszer Várallyai-nak az érlelési eljárása is, amellyel a talaj nitrifikáló képességére következtet. De bárhogy is vesszük: a teljesítőképeség még nem ad teljes képet a talaj biológiai állapotáról. Ehhez még feltétlenül a szoros vett mikrobiológiai analízisek is szükségesek. A leghebbebb ut, a teljesítőképeség meghatározására alapított módszereket egyelőre valamelyik közvetett, vagy közvetlen mikrobiológiai módszerrel kombinálni. Kb. már egy év óta kísérletek folynak, az ugynevezett sötétmezős eljárásoknak a közvetlen számlálási-módszerként való kidolgozás céljából. A közvetlen eljárások ugyanis nem tudják a festésnél, - hiszen előzőleg az anyagot rögzíteni kell-, elkülöníteni az élő formákat azoktól a mikroorganizmusoktól, amelyek a vizsgálat pillanatában már élettelenek voltak. A sötétmezőben viszont a legtöbb baktériumgömböskén mozog. A nem sok kolloidot tartalmazó talajok vizsgálatánál elég jó eredményeket kapunk, de különösen a szikes talajokban az ugynevezett braun-féle mozgást végző kolloidális részecskéket nagyobb számban tartalmazó talajoknál, már koránt sem ilyen kielégítő a helyzet. Végeredményben itt is még meg nem hódított terület áll előttünk. Szintén nagyszabású munkalehetőségek, - amelyek terén igen elmélyedve és szorgalmasan kell munkálkodnunk-, hogy a gyakorlatimezőgazda számára a talajbiológia és annak eredményei ne üres tartalom nélküli számokat jelentsenek, hanem megadják azokat az útmutatásokat, amelyek segítségével talajának termőerejét és főleg annak biológiai állapotát gyakorlatilag is biztos módon megítélhesse.

Különleges célkitűzését képezi 5 éves tudományos tervünknek a homok, de főleg a növény termelésre már csak korlátozott mértékben használható szike talajokon eszközölt erdősítés talajéleti hatásának a vizsgálata. Végeredményben itt lényegileg arról van szó, hogy sikerül-e az erdősítéssel a természetátalakítás nagy munkáját előmozdítanunk és megindítanunk. A probléma nem tisztán erdőgazdasági feladat. Egyébként is 5 éves tervünk növénytermelési célkitűzései a mező és erdőgazdaság terén - ellentétben a multtal- most közös nagy összefogó terv alapján fognak megvalósulni. Az erdőgazdaság öt éves tervének célkitűzései keretében létesítendő fásítás, továbbá a védőfasorok és erdősávok nagyszabású telepítése, amelyre a példát a Szovjetunió uttörő eredményei adják, egy szervezeti egységben folynak össze. Hízen az Alföldfásítás az erdősávok és fasorok rendszerével együtt végeredményében a klíma megjavítására van hivatva, hogy ezáltal főleg a mikroklimatikus tényezők kedvező befolyásolásával Alföldünk aszályos, arid tájegységein, s az ott nehéz körülmények között levő mezőgazdasági növénytermelés helyzetén segíteni tudjon.

Két, már korábban eredményesen létesített fásítás áll a megfigyelés céljából rendelkezésre. A közel 25 éves püspökladányi első kísérleti telep és az 1938-ban Karcag mellett a Jénőma-jori felerdősített 120 kat. hold terjedelmű, szintén kitűnően sikerültnek mondható erdősítés. Ezenleg ez utóbbi van vizsgálat alatt, mert itt az összehasonlítás könnyebb, minthogy a fásítás kezdetekor a szükséges vizsgálatokat már megejtettük. Az eddigi ku -

tatások azt mutatják, hogy jó úton járunk. Az erdő elvégzi a maga jótékony hatását. És itt is beigazolódik Viljamsz tanítása, mert különösen a gyéresebb állományok alatt dusan képződött élő füvek-ből álló takaró a faállományokkal együtt már most is kimutatható módon megjavította a talajoknak részben fizikai, részben kémiai, a növény tenyésztésére ugyancsak előnytelen sajátságokat.

E vizsgálatoknak a szikfásítás jövője szempontjából igen nagy jelentőségük van.

A szikes talajokon folyó erdősités hatásának mikrobiológiai vizsgálatát igen alapos előzetes kutatások előzték meg. Igen érdekes az a tény, hogy a nitrifikáló baktériumokat általában minden szikestalajban ki tudtuk mutatni. Viszont feltűnő volt az *Azotobacter* kis számu megjelenése, sőt helyenként majdnem teljes hiánya. Ez utóbbi körülmény szorúl legelőbb orvoslásra. Az erdő-sítés hatása, amint az eddigi eredmények mutatják itt is javulást hozott.

Hasonlóképen nagyon érdekes a sugarasgombáknak és a fonalasgombáknak a szerepe a szikes talajainkban. Ezek itt tulsulyra jutnak, mert úgy látszik, jobban tudnak alkalmazkodni a talajok szélsőséges arid viszonyaihoz. A francia-magyar szaharai expedícióban szerzett tapasztalatok ezekkel a megfigyeléseinkkel jól összevágának. A legszárazabb Közép-és Dél-szaharai agyagsivatagi próbákkal megejtett vizsgálatoknál mindenütt ott találtuk a sugarasgombákat, *Actinomyces*-t, de mellettük ott voltak a talajlakó gombák spórái és hyphái is.

A baktérium trágyázás problémájával kell még foglalkozni, minthogy ez ma már nem csak célkitűzés hazai viszonylatban, hanem a gyakorlatban is átvettük és ma már a mezőgazdasági gyakorlat számára is készítenek ott e téren dolgozó kutatóink és laboratóriumaink megfelelő oltási anyagot.

A különböző baktériumfajok földrajzi elterjedésére vonatkozó kutatások azt mutatják, hogy tulajdonképpen minden fontosabb baktériumfajta, sőt a gombák is már eleve megvannak a legtöbb talajban. Végeredményében a kérdés legtöbbször nem is a baktériumok mesterséges bevitelén, vagy oltásán mulik, hanem azon, hogy talajainkat megfelelő művelési eljárásokkal olyan állapotba helyezzük, hogy ezeknek fizikai szerkezete, azután vizsgazdálkodása előmozditsa és kezdő feltételeket létesítsen a mikroszervezetek fejlődése számára. Ha ez megvan, akkor ezek gyors szaporodásnak indulnak, és nemsokára megteremtik maguk között azt a biotikus egyensúlyt, amely az illető talaj kémiai és fizikai adottságainak a legjobban megfelel. Ha viszont nem megfelelő körülmények közé juttatjuk a beoltott baktériumokat, abban az esetben ezek el fognak pusztulni. Tartsuk mindig szem előtt, hogy nagyjában 1 ha termőföld 30 cm-es termőrétegében nem is tulságosan magas mikroorganizmus tartalom mellett már 10-12 g-t is kitehet az ott élő összes mikro-szervezetek, közöttük súlypontosan a baktériumok tömege. Általános szempontból tehát közvetlen oltással itt nem sokat lehet tenni.

Tudjuk az istállótrágya szerepét a talajélet megjavítása terén. Ha a talaj egységes, és jó fizikai állapotban van, félig érett istállótrágyával is dolgozhatunk. Ennek a kérdésnek a további taglalása azonban egyelőre nem tartozik ide. Ha arról van szó, hogy a talajt nem így közvetve javítjuk biológiailag, hanem közvetlenül baktérium tenyészeteket viszünk át a talajba, kelő körülményekkel kell eljárnunk.

A Szovjetunióban az ottani tapasztalatok szerint 3féle ilyen baktérium-trágyát visznek ki a természetbe. Az egyik a nitragin, amely a hüvelyesek *Rhizobium* baktériumait, illetve azok működését javítja, a másik az azotogén, amely közvetlenül azotobaktériumot juttat a magvak megfelelő kezelése, vagy más megfelelő módszerek alkalmazásával a talajba. A harmadik pedig az úgynevezett kombinált-baktériumtrágyák készítése és adagolása, amelyeknél nem csak a nitragint és az azotogént keverik megfelelő arányban, hanem ezenkívül az u.n. baktériumaktivátorokat is hozzájuk adják. Persze minden esetben a magvak megfelelő kezeléséről van szó,

A *Rhizobium* és az *Acetobacter* kérdése ma a talajbiológiai irodalom legjobban frekvenciált problémái közé tartoznak. Tulajdonképpen maradéknélkül, egyik probléma sincs teljesen tisztázva. De ez nem jelenti azt, mintha ezen az úton meg kellene állnunk. A *Rhizobium*-oltások már nálunk is folynak és ezekkel ugyyszólván a földkerekség minden intenzív mezőgazdaságot folytató állama kísérletezett már kisebb-nagyobb mértékben. Az bizonyos, hogy a problémát hazai vonatkozásban ki kell kísérletezni. De az is bizonyos, hogy maga a *Rhizobium*-kutatás elég lassu ütemű, hiszen a törzsek életképességét növényekre való oltással kell kipróbálni, s a növénynek növekedését és termés eredményét ki kell várni. És ez mind hosszadalmas, időtrábló folyamat. Fjedorov is rámutat a *Rhizobium* kutatás eme hiányosságára, amelyet a lehetőség szerint orvosolni kellene. A kutatómunkának, a kísérleteknek, s a módszereknek a gyakorlatba való fokozatos átvitelének, párhuzamosan kell folynia. Meg kell kezdenünk a munkát, de nem csak a kísérleteket kell igen alaposan kiértékelni, hanem számba kell vennünk a gyakorlati életben kiadott törzsek eredményességének a fokát is. Így a kutatás és a gyakorlat együttthaladva, fogják legeredményesebben a módszer legjobb alkalmazásának a lehetőségeit megtalálni. De még akkor is, ha kétség kívül biztos ítéletek fogják igazolni a *Rhizobium* oltások hatékonyságát, nagy problémát fog jelenteni ezeknek a nagy szabású nagyüzemi keresztülvitele. Itt azután kulturák táplálásának a kérdése, döntő szerepet játszik. Fedorov és Kraszilnykov a nehezen beszerezhető agar és gelatina, tehát szilárd táptalajok helyett folyékony táptalajokat ajánlanak, és itt van a nehézség. A *Rhizobium* aerob organizmus. Zárt üvegekben, folyadékban a kevés oxigént nagyon hamar elhasználja. Persze az elhasznált baktériumok törzse bomlásokon megy át, a tenyészetben anaerob folyamatok és ezek kapcsán gázképződés indul meg és mire oltásra kerül a sor hatástalan, vagy erősen legyöngült tenyészetekkel van dolgunk.

A kutatások további menete talán meg fogja adni a módját annak, hogy kisebb méretű és olcsóbb anyagi eszközök mozgósításával, egyszerűbb módon lehessen az oltóanyagot előállítani. A

probléma ma még a folyékony táptalajokkal sincs megoldva, hiszen ha majd 10 és 100 ezer holdra kell átvennünk az oltásokat, akkor olyan hatalmas méretű edényzetet, de amellet a kulturák előállítására szolgáló laboratóriumi berendezéseket is kell mozgósítani, amely előbb-utóbb határt fog szabni a lehetőségeknek. Ezért különösen két körülményre kell tekintettel lennünk. Az egyik, hogy nem szabad a nehézségektől megijednünk és meghátrálnunk, a másik pedig az, hogy becsületes munkával kell a problémákhoz hozzányúlni és a fokozatos gyakorlatba való átültetéssel kapcsolatban a nyitva lévő kérdések megoldására alapos kutató és kísérleti munkát kell megszervezni.

Az azotogén, tehát az Azotobacter-trágyák alkalmazásának a helyes megoldása, különösen a szike talajaink megjavításánál volna nagyon fontos. E téren hazai tapasztalataink még alig vannak és itt a Szovjetunióban szerzett tapasztalatok alapján kell eljárunk. Itt is folyékony táptalajokkal kell dolgozni, amilyen pl. az Esbi által ajánlott folyékony táptalaj.

Ennek a problémának a tárgyalása kapcsán jutunk el azután az utolsó, de a kérdés gyakorlati megvalósítása szempontjából egyik legfontosabb fejezetéhez. Tárgyilagosan meg kell állapítanunk, hogy a Szovjetunióban, amelyet joggal nevezhetünk a talajbiológiai kutatás klasszikus szülőföldjének, ma már nemcsak a talajtan tudománya mint olyan, hanem a szocialista mezőgazdaság növénytermelésének alapvetése is, Viljamsz zseniális útmutatása alapján, talajbiológiai kutatások és ismeretek alapján történik. Nagyszabású kutatómunka folyik e téren a Szovjetunióban. Elen járnak, s nekünk ma már igen sok tapasztalatot és eredményt adnak.

Ezzel szemben idehaza a helyzet még megközelítőleg sem mondható kielégítőnek. Nemcsak laboratóriumaink és intézeteink hiányoznak, de elhanyagoltuk a kéderképzést is. Ezeket a hiányokat szocialista mező-és erdőgazdaságunk fejlesztése érdekében mielőbb pótolni kell.

A tudományos kutatómunka 5 éves tervében, a talajbiológiai munkásság terén az elmondottak alapján tehát a következő célkitűzéseket kell mint súlypontos problémákat kiemelni.

1./ A Viljamsz-féle talajművelési rendszerrel össze-
függő, e rendszer hazai alkalmazásánál számbavehető és a gyakorla-
ti élet szempontjából fontosabb következő kérdések kidolgozását:

- a./ A cellulozbontás és humuszképződés.
- b./ A talaj baktérium-és gombaflórájának szerepe a rögszerkezet kialakulásánál, különös tekintettel a talaj életében fontos szerepet játszó aktivátorokra.
- c./ A rhizosphaera baktérium-és gombaflórájának kutatása, figyelemmel ezek biológiai tevékenységére és kölcsönös együttélésére.
- d./ A N körfolyamata a talajban, a füves vetésforgónál alkalmazott különböző növényfajok hatásával kapcsolatban.
- e./ A P és K feltárásának és mikrobiológiai körfolyamatának a vizsgálata.
- f./ A füves vetésforgók talajának víz és hógazdálkodása, az otté-
lő mikroflóra mennyiségi és minőségi változás a közötti össze-
függések felderítése.
- g./ A füves-vetésforgók talajának pH-változásai, összefüggésben a talajélettel.
- h./ A talaj mikrofaunájának felkutatása.

2./ A cellulozbontás és a humuszképződés vizsgálata országos viszonylatban.

3./ Mikrobiológiai N-kötés és általában a N mikrobiológiai körfolyamatának országos viszonylatban, tájegységek szerint való kutatása.

4./ A szikfásítás természetátalakító hatásának talaj-mikrobiológiai viszonylatban való kivizsgálása.

5./ A talajlélegzés vizsgálata és eldöntése annak a kérdésnek, lehet-e ezt a tényezőt a termőtalajok biológiai aktivitásának meghatározásánál felhasználni.

6./ Új, gyors, a gyakorlat szempontjából jó tájékoztató eredményeket adó mikrobiológiai vizsgálati módszerek kivizsgálása és kiprobálása.

7./ A baktériumtrágyák használatának fokozatos bevezetése, az ezzel kapcsolatos kísérleti és kutatómunka, elsősorban a Rhizobiumoltások, másodsorban az Azotobacterek tekintetbevételével.





