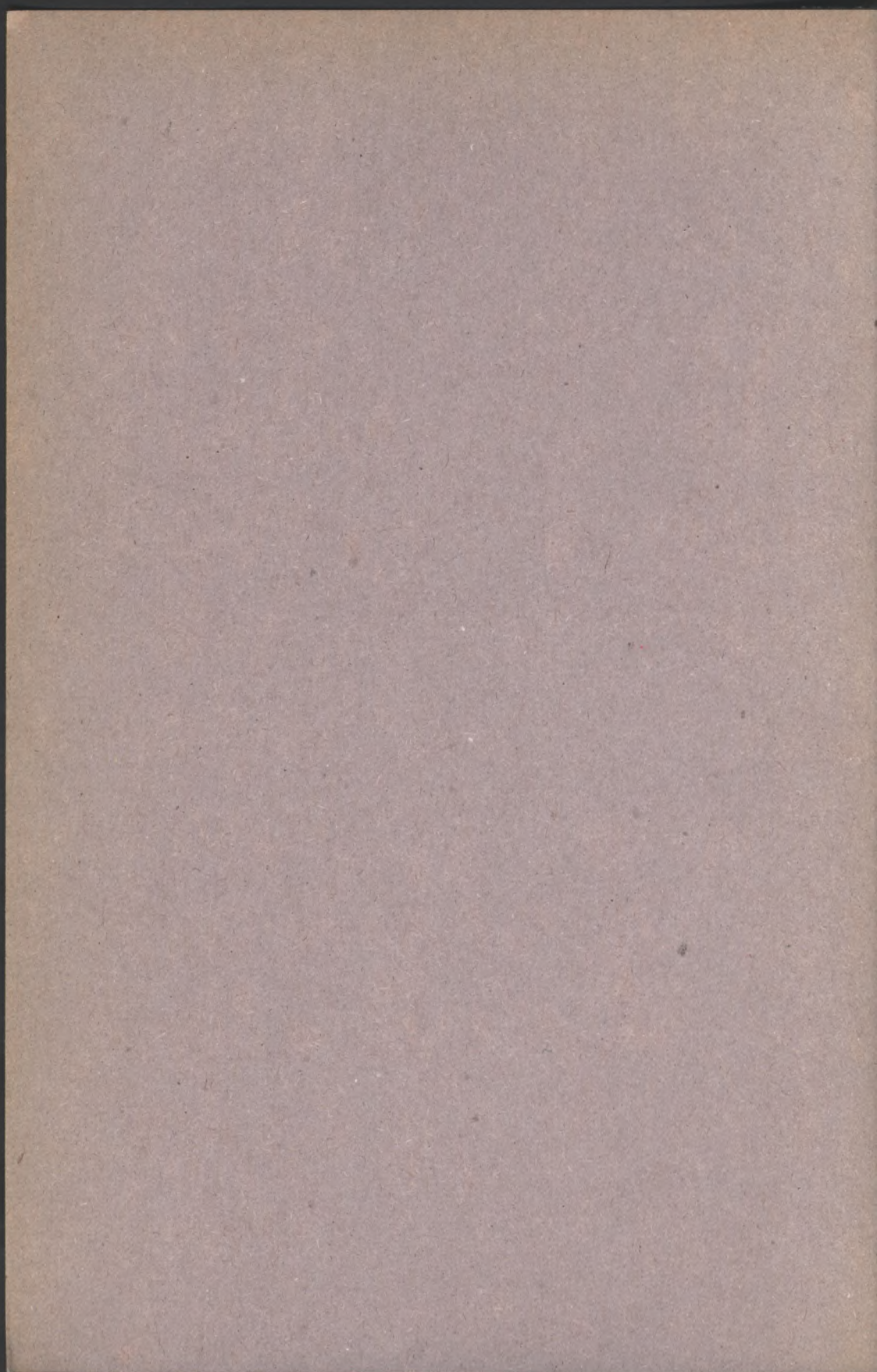


76.945





Különlenyomat »A szántóföld okszerű művelése, kapcsolatban a talaj életével, vízgazdálkodásával és a magyar klímával« című műből.

# A TALAJÉLET JELENTŐSÉGE A KORSZERŰ MEZŐGAZDASÁGBAN

ÍRTA:

FEHÉR DÁNIEL DR.  
EGYETEMI NY. R. TANÁR



"FALU" MAGYAR GAZDA ÉS FÖLDMŰVES SZÖVETSÉG KIADÁSA

---

BUDAPEST, 1938





76945



ORSZ. SZÉCHÉNYI-KÖNYVTÁR

Növedéknapló

193

év

8 9555

sz.



## II. A TALAJÉLET JELENTŐSÉGE A KORSZERŰ MEZŐGAZDASÁGBAN.

ÍRTA:

FEHÉR DÁNIEL DR.

egyetemi ny. r. tanár.

### BEVEZETÉS.

A talajélet tudománya aránylag fiatal és viszonylag rövid multa tekint vissza. Alig néhány évtizede annak, hogy fokozottabb figyelmet fordítottak a talajban lefolyó biológiai jelenségekre és a talajban élő mikroorganizmusok, elsősorban a baktériumok, a mikroszkopikus gombák, azután a talajban élő moszatok, valamint a véglények vagy protozoák 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 mikroszkop fejlődése, megfelelő alapot nem szolgáltatott arra, hogy ennek a segítségével ezek a viszonylag nagyon kicsiny élőlények láthatóvá és megismerhetővé váljanak.

*Kirchner* Atanáziusz jezsuita atya tette meg az első lépéseket a mikroszkop felfedezésére (1601—1680). Utána a holland *Leeuwenhoek* (1632—1723) már összetett nagyítót készített, amelynek a segítségével a vízben és a különböző folyadékokban élő mikroorganizmusokat ki tudta mutatni. Ezeket az alapvető felfedezéseket azután a mikroszkoptechnika tudományos kiépítésénél számos kutató alkalmazta. Elsősorban *Abbé* (1840—1905), híres német fizikus munkásságának köszönhetjük azt, hogy a mikroszkoptechnika 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 mikroszkop optikai lényegére vonatkozó törvényszerűségeket és alapította meg a Zeiss-gyárat, amely mikroszkoptechnikai téren még ma is vezető szerepet játszik.

Amint már említettem, elsősorban az orvostudományok voltak azok, amelyek az emberi betegségek ellen indított küzdelmeik során, főleg *Pasteur*nek (1822—1895) és azután *Robert*



*Kochnak* (1843—1910) korszakalkotó felfedezéseivel kapcsolatban az ugynevezett orvosi bakterológiát kifejlesztették. *Pasteur* halhatatlan érdeme, hogy *Spalanzani* nyomán haladva beigazolta az „ősnemzés“-ről, a „generatia spontanea“-ról évszázadokon keresztül vallott felfogás helytelenségét és beigazolta, hogy élő szervezet csak élő szervezet ivaros vagy ivartalan szaporodása folytán jöhet létre és élettelen szerves vagy szervetlen anyagból élő szervezetet elővarázsolni még a legtökéletesebb emberi tudással sem lehet.

A mező- és erdőgazdaságban 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 *Cagniard 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 anyagszétválás, 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 cukortartalmú 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 kellő 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 azonban ő volt az első, aki azt hirdette, hogy a talajból elvont táplálékanyagokat, természetes trágyázással, vagy ha az nem lenne kielégítő, mesterséges műtrágyák adagolásával pótolni kell.

A mezőgazdasági talajbiológiai kutatás alapját tulajdonképpen a hüvelyesek gyökerein élő baktériummal a *Bacillus radicicola*-val kapcsolatos vizsgálatok vetették meg. Ezen a téren *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 kitegyésztése *Winogradsky* nevéhez fűződik. *Beijerinck*-nek pedig a különösen mezőgazdasági talajokban olyan nagyon elterjedt *Azotobacter chroococcum*-ot sikerült kitegyésztenie.

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 tulajdonképpen felderítése *Winogradsky* és *Omeliánsky* nevéhez fűződik. Ugyancsak *Winogradsky* tegyésztette ki először a nitrifikáló baktériumokat is.

A talaj mikroorganizmusainak kutatása terén sokat köszönhetünk *Löhnis*-nek, majd újabban *Waksman* és *Russel* vizsgálatainak is. A gombakutatás megindítása *Adametz* (1886), azután *Oudemans* és *Koning* (1902) nevéhez fűződik, bár *Pasteur*-nak már 1876-ban sikerült a szőlőtalajból borélesztőt kitegyésztenie, *Hansen* pedig 1882-ben megállapította, hogy a borélesztőknek főtartózkodási helyük a talaj, amelyből az év minden szakában sikerült kitegyésztetni őket.

Raul *Francé*, aki a talajban élő mikroorganizmusokkal szintén behatóan foglalkozott, 1911-ben kiadott munkájában a talaj élőlényeknek összességét „edaphon” névvel jelölte. A talaj mikroszervezetein: a baktériumokon, gombákon, moszatokon és protozoákon kívül a magasabbrendű gombák fonalai, azután a talajt benépesítő alacsonyabbrendű és magasabbrendű állatok, így a különböző férgek, főleg giliszták, a különböző rovarok, a vakond stb. a talaj élete szempontjából szintén fontos működést fejtenek ki. Főképpen a talaj fizikai úton való porhanyításánál és általában a növénytermelés szempontjából annyira előnyös morzsás szerkezet kimunkálásánál, valamint a talaj humuszának kialakításánál működnek közre nagyon tevékenyen.

A kutatóknak egész seregét lehetne még felsorolni, akik a talajban lefolyó életjelenségekkel foglalkoztak és beigazolták, hogy teljesen helytelen volt az a merev kémiai és fizikai felfogás, amely a talajt kémiai vegyületekből álló élettelen keveréknek tekintette, amelyben némi változást csak a külső szervesetlen klimatológiai tényezők, vagy pedig a belső kémiai és fizikai fak-

torok eszközölhetnek, eltekintve természetesen attól, hogy a termesztett növények saját céljaikra a talajban lévő tápsók jórészt 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 úgyszólván óráról-órára változtatja. A gyakorlati mezőgazdának tehát, ha a talajjal foglalkozik, mindenekelőtt ezzel a ténnyel kell tisztába jönnie. Tudnia kell azt, hogy a talajban élő növényi és állati mikro- és makroorganizmusok a talaj kémiai és fizikai szerkezetével kölcsönösen összefüggő egységet alkotnak és minden gyakorlati beavatkozás ezeknek az élő szervezeteknek az egységét a biológiai egyensúlyában bolygatja meg, amely élő szervezet ezekre a beavatkozásokra a maga módja szerint reagál. Öntudatos mezőgazdának úgy kell tehát termelési eljárásait berendeznie, hogy ezt a komplikált szervezetet helyesen és racionálisan a maga szolgálatába állítsa és ennek az ismeretével és segítségével a legjobb terméseredményeket hozza létre.

---



## I. RÉSZ.

# A mezőgazdasági talajok életjelenségei.

## 1. A talajban végbemenő fontosabb biológiai bomlási folyamatok.

Már *Pasteur* rámutatott arra, hogyha nem volnának mikroorganizmusok, akkor megszűnne a szerves élet, mert az elhalt szervesanyagok nem bomlanának feleyszerű vegyületekre, amelyet a növények táplálóanyagként felvehetnek és amelyből új szervesanyag keletkezik. Ez a munka a talajban megy végbe, ahol a mikroorganizmusok a talajba jutott növényi és állati szerves vegyületeket fokozatosan felbontják, vagyis a szervesanyagot megint szervetlenné alakítják át és lehetővé teszik, hogy az ismét bekapcsolódhassék a növények táplálkozási folyamatába. Nem ismerünk egyetlen olyan folyamatot sem, amely a mikroorganizmusoknak ezt a munkásságát helyettesíteni tudná.

Hogy milyen jelentékeny ez a munka, arra vonatkozólag példaképpen csak azt említem meg, hogy *Schroeder* becslése szerint 35 billió kg cellulóz képződik évente a földön, amelynek óriási tömegben kellene felszaporodnia, ha nem történt volna gondoskodás ennek a nagymennyiségű szervesanyagnak a megbontásáról.

A baktériumok ezeket az átalakításokat sajátos szerves eredetű hatóanyagokkal, az ú. n. *enzim*ekkel végzik. Hogy pedig parányiségük mellett ilyen nagytömegű munka elvégzésére képesek, annak magyarázata testük relatív nagy felületében rejlik, minthogy az élő szervezetek felületükön keresztül érintkeznek a külvilággal és minél nagyobb ez a felület, annál nagyobb lehet a munkateljesítmény.

A szervesanyagok bomlása a természetben kétféleképpen mehet végbe. Történhetik ez elegendő mennyiségű oxigén hozzájárulása mellett, amikor *korhadásról* beszélünk. Ennél főleg *aerob*, vagyis olyan mikroorganizmusok működnek közre, amelyek életfolyamataik elvégzéséhez a levegő oxigénjének a jelenlétét meg-



kívánják. Végbemeget azután a bontás olyan módon, hogy nem áll elegendő levegő, illetőleg oxigén a bontást végző mikroorganizmusok rendelkezésére. Ezt a folyamatot *rothadásnak* mondjuk, amelynél *anaerob*, vagyis olyan mikroorganizmusok működnek közre, amelyek az életükhöz szükséges oxigént nem a levegőből, hanem különböző vegyületek felbontásából nyerik. Ezek közül a mikroorganizmusok közül azonban nagyon sok nem feltétlenül, tehát *obligát anaerob*, hanem ú. n.  *fakultatív anaerob*, vagyis levegő nélkül és levegő jelenlétében egyaránt megél.

Életmódjukat illetőleg a baktériumok egy része *autotrof*, vagyis szén szükségletét a levegő széndioxidjából fedezi, míg a széndioxid redukálásához szükséges energiát más vegyületek vagy elemi alkotórészek oxidációjából nyeri; a baktériumok nagyobb része azonban *heterotrof*, vagyis kész szervesanyagon élőködnek, önálló asszimilációra nem képesek. Amíg tehát az autotrof-baktériumok legtöbbször a talaj szervesanyagát tulajdonképpen növelik, addig a heterotrofik azt fogyasztják. Természetesen ez a fogyasztás kevés kivételtől, például a bomlási folyamatoknál képződő és a levegőbe távozó széndioxidtól eltekintve csak átmeneti, amennyiben a baktériumok a testük telépítésére használt anyagokat testük elhalása és elkorhadása után ismét visszaadják a talajnak. A mikroszervezetek különleges csoportját alkotják az ú. n. *sugaras gombák*, vagy Actinomycesek, amelyek sokszor jelentős szerephez jutnak. Fonális szerkezettel bírnak, amely később szételik.

A baktériumok mellett a talajban végbemenő bomlási folyamatoknál a talajt benépesítő mikroszkopikus és makroszkopikus gombák is fontos szerepet játszanak. Ezek főleg a cellulóz és általában a szénhidrátok bontásában játszanak fontos szerepet, de résztvesznek a talajban végbemenő egyéb bomlási folyamatoknál is. Különösen lényegessé válik jelentőségük akkor, ha meggondoljuk, hogy a növények sejtfalának elfásodott részét jóformán kizárólag a talaj gombaflórájának kell felbontania. A gombák általában aerob-szervezetek és a savanyú reakciót előnyben részesítik.

Hogy teljes legyen a kép, még a talajban élő moszatok jelentőségére is rá szeretnék mutatni. Az irodalomban hosszabb ideig egy sereg vizsgálati eredményt közöltek, amelyek ezeknek jelentőségére vonatkozólag túlzott megállapításokat tartalmaztak. Így azt hitték, hogy ezek a levegő nitrogénjét is meg tudják kötni. A legutóbbi években végzett kritikai vizsgálatok azonban azt mutatták, hogy ezt a megállapítást egyelőre nem tarthatjuk fenn, de ezért nem szabad azt hinni, hogy a talajban levő moszatok szerepét és jelentőségét elhanyagolhatjuk. Nem szabad ugyanis elfelejtenünk, hogy ezek aránylag nagy számban és nagy tömegben népesítik be a talajt. A legutóbb végzett vizsgálataink be-



igazolták, hogy ezek a moszatok még 1·0—1·5 m mélységben is tudnak élni, még pedig valószínűleg a nap infravörös sugarait, amelyek másodlagos sugárzás útján a talaj mélyebb rétegeibe is behatolnak, használják fel asszimiláció céljaira. Az asszimiláció pedig olyan élettani folyamat, amely mellett, mint tudjuk, oxigén szabadul fel. Világos tehát, hogy ezek a moszatok oxigéntermelésükkel hozzájárulnak ahhoz, hogy a talajban a szervesvegyületeket bontó baktériumok és gombák működéséhez a szükséges oxigént szolgáltatassák, sőt közvetve még a nitrifikációt, sőt a nitrogénkötés műveletét is elősegítik. De ezenfelül ne felejtjük el azt sem, hogy viszont a talaj szénsavából építik fel a testüket, melyhez nitrogéntartalmú vegyületeket is felhasználnak és elhalásukkor viszonylag elég jelentős mennyiségű szervesanyaggal gyarapítják a talajt.

Amint mondtam, a talajban élő mikroorganizmusok szerepe tehát elsősorban abban áll és ezen a téren semmi más szerves vagy szervetlen tényező által sem helyettesíthető feladatot végeznek, hogy a természet anyagcsere körfolyamatában szerepet játszó szerves és szervetlen vegyületek között az összefüggést és átmenetet megteremtik. A szerves vegyületek átalakítása, illetőleg transzformálása a mikroorganizmusok által akkor kezdődik, amikor a talajban élő növényi vagy állati szervezetek elhalnak. A halál pillanatától kezdve a mikroorganizmusok bontó munkája azonnal megkezdődik. A bontási folyamatok lényege abban áll, hogy a mikroorganizmusok az elhalt élő szervezetek testében levő szerves anyagokat felbontják, rendszerint lassú redukciós és oxidációs folyamatok alatt és fokozatosan szervetlen sókká alakítják át. Ezeket a szervetlen sókat azután a növények ismét felveszik és egybekapcsolva az asszimiláció építő munkájával, megint szerves vegyületekké alakítják át. Az így képzett szerves anyagok jutnak azután vagy közvetlenül a növényevő állatokon keresztül a húsevő állatok és az ember háztartásába, illetőleg közvetlenül vagy közvetve így kapcsolódnak be azután az ember és az állatok a szerves anyagok körfolyamatába.

A talajban végbemenő bontási folyamatok tehát elsősorban a szerves anyagok bontására szorítkoznak. Az elhalt szerves anyag alkotórészei közül a talajélet szempontjából legfontosabbak a következőknek a bontása:

a) A szénhidrátok, főleg az összetett szénhidrátoknak és ezek között elsősorban a cellulóznak bontása.

b) A fehérjék és általában a nitrogén-, a foszfor- és a kén-tartalmú vegyületek bontása.

c) Az élő szervezeteket felépítő bonyolult összetételű szerves vegyület között számos olyan is van, amely az u. n. hamu-alkotórészek közé sorozható legfontosabb elemeket: foszfort, kén, káliumot, vasat, calciumot, magnéziumot is tartalmazza.



Ezek bontását szintén mikroorganizmusok végzik. Mindezek a bontási folyamatok természetesen párhuzamosan, egymásba kapcsolódva mennek végbe.

#### a) A szénhidrátok bontása.

Az autotrof mikroorganizmusokat kivéve, a többi mind a talaj szerves vegyületeiből fedezi szénszükségletét, szolgáljon az akár testének felépítéséhez, akár pedig energiaforrássul. Legnagyobb mennyiségben a *cellulóz* áll ebből a célból a mikroorganizmusok rendelkezésére. A baktériumoknak, sugaras gombáknak, különösen pedig a mikroszkopikus gombáknak nagyon sok faja ismeretes, amelyek a cellulóz bontására képesek. Ez a bontás történhetik aerob vagy anaerob úton, a mikroszervezetek által termelt celluláz nevű enzim hatására. Az aerob úton történő bontás végterméke széndioxid és víz, közbelső termékként azonban cukrok is képződnek, amelyek energiaforrássul szolgálnak, nemcsak a további cellulózbontásnál, hanem a többi mikroorganizmusoknak is. Így a talajban levő szabad N-kötő baktériumoknak egyik legfontosabb energiaforrása a cellulóz, amelyet azonban közvetlenül felbontani nem tudnak, hanem a cellulózbontók által termelt szőlőcukrot használják fel.

Anaerob körülmények között a cellulózbontás az ún. *methános* vagy *hidrogén* erjedés kíséretében mehet végbe, amikor metán, illetőleg hidrogén, azután széndioxid és zsírsavak képződnek. Anaerob cellulózbontás denitrifikációs folyamatok kíséretében is végbemehet, amikor azonban két baktériumcsoport működik közre. Az egyik a nitrátokat redukálja és az így felszabaduló oxigént bocsátja a másik csoport rendelkezésére, amellyel ez a cellulózt bontja és a denitrifikáló baktériumoknak a szükséges szénhidrátokat szolgáltatja.

A *ligninanyagok* bontását főképpen magasabbrendű gombák végzik. A lignin sokkal nehezebben bomlik, mint a cellulóz, ebből azt következtetik, hogy a humuszanyagok lényeges alapanyaga a lignin.

A *keményítő* és a *cukor* bontását a különböző tömlős gombák (Saccharomycetaceae), vaj-, sav- és tejsavbontóbaktériumok végzik, azonkívül egy sereg más baktérium, Aktinomyces és gomba is részt vesz a bontásukban.

Itt említem meg, hogy az elhalt növényi maradványokkal a talajba jutó *zsírok*, *olajok* bontását szintén több baktériumfaj végzi, amelyek az általuk termelt lipáz enzim hatására a zsírokat először glicerinné és szabad zsírsavakra bontják, amely zsírsavakat azután a különböző baktériumok tovább bontják. Ezeket a szerves savakat a baktériumok nagyon jól használják fel energiaforrásként és ezeknek vegyületei a baktériumoknak és gombáknak kedvező tápanyagot szolgáltatnak.



**b) A fehérjék bontása.**

A talajba jutó fehérjék bontása elsősorban a talaj nitrogén-gazdálkodása szempontjából érdekel bennünket, hiszen a szerves nitrogénvegyületek legnagyobbbrészt fehérjék vagy ezek származékai alakjában jutnak a talajba. Ebben az alakban azonban a növények a nitrogént nem tudják felvenni. Tudvalevő dolog, hogy a növények a nitrogént főleg salétrom-nitrogén vagy ammonia alakjában veszik fel, bár felvehetik egyszerűbb szerves vegyületek, így pl. karbamid alakjában is. Hogy tehát a fehérjék nitrogénje a növények által felvehető legyen, a szerves nitrogénnek egyszerű ásványi vegyületté kell átalakulnia. Ezt a munkát a mikroorganizmusok végzik. Ez tulajdonképpen két részből tevődik össze: az egyik a fehérjék bontása, a másik pedig a bontásból képződött egyszerűbb vegyületeknek magasabbrendű szervetlen vegyületekké való alakítása.

A fehérjebontás végbemehet aerob vagy anaerob úton és abban a mikroorganizmusok legtöbbje résztvesz. Kedvező körülmények között a bontás végső terméke szén-, kén-, foszforvegyületek, víz és ammonia. A nitrogén tehát végeredményében csaknem kizárólag ammonia alakjában lesz jelen.

A második lépés most már azután az ammoniának nitrifikáció, illetve nitrátokká való oxydációja. Ez a folyamat a *nitrifikáció*, amely a növénytermesztés szempontjából rendkívül fontos és amelynek létrejöttéhez a talaj kellő légjárhatósága, valamint közel közömbös reakciója szükséges. A nitrifikáló baktériumok a talaj savanyúságával szemben nagyon érzékenyek.

Ennek a folyamatnak az ellentéte a *denitrifikáció*, amely a nitrátoknak és nitriteknek bontásán alapszik, amelynek eredményeképpen a nitrogén gázalakban felszabadul. Ez határozottan anaerob folyamat. Ha tehát a denitrifikáció okozta nitrogénvesztéstől talajainkat meg akarjuk kímélni, illetőleg ezt a veszteséget a minimumra akarjuk csökkenteni, ismét csak talajaink jó szellőzőttiségéről kell gondoskodnunk.

A denitrifikáció fogalmától azonban élesen el kell különítenünk a *nitrátredukció* fogalmát, amely a nitrátoknak nitritekké, esetleg ammoniává való redukciójával jár, de nem okoz nitrogénvesztést. Ez a talajban nagyon elterjedt folyamat, amelyben nagyon sok baktérium, Aktinomyces és gomba vesz részt főleg anaerob körülmények között.

A nitrogén körfolyamata szempontjából nagyon fontos a talajban szabadon élő *nitrogénkötő* baktériumok munkája, amelyek a testük felépítéséhez szükséges nitrogént a levegő nitrogéntartalmából veszik és testük elhalásakor ezt átadják a talajnak. Ez a folyamat nagyon fontos a mezőgazdaságban, miután a hüvelyesek gyökerein élő szimbiotikus baktériumok munkáján kívül ez az egyetlen, amely a talaj nitrogénkészletét gazdagítja, mégpedig,



amint a későbbiek folyamán látni fogjuk, kedvező körülmények között elég tekintélyes mértékben. A mezőgazdasági talajokban a legelterjedtebb az *Azotobacter chroococcum*, azután a többi *Azotobacter* faj. Ezek aerob szervezetek, míg anaerob körülmények között a *Clostridium pastorianum* (*Bac. amylobacter*) végzi a nitrogénkötést. A nitrogénkötéshez szükséges energiát ezeknek a baktériumoknak különböző szénhidrátok (kivéve a cellulózt, amelyet nem tudnak megbontani) és más szerves vegyületek szolgáltatják. Az *Azotobacter* azonkívül, amint említettem, a cellulózbontásnál átmenetileg képződött szőlőcukrot is felhasználja erre a célra. Az *Azotobacter* savanyú mezőgazdasági talajokban nem nagyon él meg, optimuma közömbös reakció körül van.

A fehérjék bomlásakor *ként* tartalmazó vegyületek is jutnak a talajba. Ezeknek a szerves kénvegyületeknek a bontásában nagyon sok baktérium és gomba vesz részt. A bontás folyamán kénhidrogén és más illó kénvegyületek képződnek. Megfelelő aerob körülmények között azonban a kénhidrogént a mikroorganizmusok azonnal kénsavvá oxydálják, amely kénsav a talajban jelenlevő bázisokkal egyesül és a növények számára felvehető szulfátokká alakul át.

Anaerob viszonyok között azonban a szulfátok különböző baktériumok hatására kénhidrogénné redukálódnak. Ez tulajdonképpen azonos folyamat a denitrifikációval. Ismerünk olyan baktériumfajokat, amelyek a kén oxydációja mellett egyúttal a nitrátokat redukálják, valószínűleg a redukciónál felszabaduló oxygént használják fel a kén oxydálására, miközben elemi nitrogén szabadul fel.

A kénbaktériumoknak harmadik csoportja: a tulajdonképpen kénbaktériumok a kén oxydációja mellett autotrof életmódot folytatnak. Ezek legtöbbje a kénhidrogénből redukált ként apró kristályok alakjában testében raktározza el.

A fehérjék a nitrogén- és kénvegyületek mellett *foszforvegyületeket* is tartalmaznak. Ezeknek a szerves foszforvegyületeknek a bontása, vagyis szerves foszforsókká való alakítása természetesen szintén a mikroorganizmusok működésének eredménye, bár specifikus foszforbontó mikroorganizmusokat eddig nem ismerünk. Ezeknél a folyamatoknál a baktériumok mellett az Aktinomyceseknek, de különösen a gombáknak nagy szerep jut.

### c) A hamualkotórészek átalakítása.

Az elhalt növényi és állati vegyületek ásványi alkotórészeket is tartalmaznak, amelyek közül a legfontosabbak a vas, a foszfor, a kén, a kálium, a kalcium és a magnézium. Ezeknek az átalakításában a mikroorganizmusoknak szintén szerepük van. A talaj szervesen sóinak feldolgozásánál általában fontos az a



körülmény, hogy a különböző mikroorganizmusok életműködésük közben, illetőleg a szerves carbontartalmú vegyületek bontásánál, szénsavat termelnek. Ez az ú. n. talajlélekzés. Ennek a szénsavnak egy részét a talajban levő víz elnyeli és mint szénsavas víz azután a nehezebben oldható szervesetlen sókra is sokszor jelentékeny oldóhatást gyakorol.

A vasat átalakító folyamatok közül elsősorban meg kell említenünk a mikroorganizmusoknak azt a tevékenységét, amelynek eredménye a vasnak hidroxidok alakjában való termelése. Ez a természetben nagyon elterjedt folyamat, amely a talajban sokszor nagymennyiségű vas felhalmozódásához vezet. Itt autotrof szervezetek működnek közre, amelyek a ferrosavasvegyületeknek ferrivegyületekké való oxydációjánál felszabaduló hőt használják fel energiaforrássul egyéb életfolyamataik elvégzésénél. Vannak specifikus vasbaktériumok, amelyek a testüket körülvevő kocsonyás hártában nagymennyiségű vasat halmoznak fel.

A fehérjékben levő kén- és foszforvegyületek bontásáról már szövelünk, most csupán a *szervetlen foszforvegyületekről*, illetőleg azok mikrobiológiai átalakításáról fogunk beszélni. A nehezen oldható foszforvegyületeknek oldható alakúvá való alakításában, 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 széndioxyd és egyéb szerves és szervesetlen savak oldó hatása útján. A foszfor körfolyamatában tulajdonképpen valamennyi mikroorganizmus résztvesz, 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 nem 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 résztvesz. 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 szer-



vetlen vegyületek alakjában; míg pl. márgázás esetében oldhatatlan szervetlen vegyületek alakjában jut a káli a talajba.

A *calcium* mikrobiológiai körfolyamatában szintén valamennyi mikroorganizmus résztvesz, miután testük felépítéséhez *calcium*ra feltétlenül szükségük van.

## 2. A hőmérséklet és a víz befolyása.

A talaj mikroflórájának mind számbeli, mind pedig minőségi kialakulására a hőmérséklet, a nedvességtartalom, a reakcióviszonyok, a talajok szellőzöttsége, a tápanyagok mennyisége és minősége is nagy befolyást gyakorolnak. De befolyást gyakorol ezeken kívül még a talajművelés és a talaj magasabbrendű növényvilága is.

Legfontosabb ezek közül a hőmérsékletnek és a víznek a befolyása, úgyhogy végeredményben azt mondhatjuk, hogy a mikroorganizmusok működése is az élet e két nagy regulatív tényezőjétől függ. Ennek a két tényezőnek a változása az, amit a gyakorlati mezőgazda az időjárás behatásának nevez és amely szélsőséges sajátosságainál fogva a mi magyar mezőgazdaságunkat a mindenkorli klimatikus változásoktól felette függő viszonyba hozza és minden vonatkozásban döntő befolyást gyakorol rá. A mi időjárásunk rendkívül szeszélyes, jellemzően arid sajátosságokkal rendelkezik, amivel az a körülmény is együtt jár, hogy a csapadék eloszlása egyenetlen és főleg nyáron legtöbbször olyan kedvezőtlenül alakul, hogy sajnos, sokszor gátlólag hat a mezőgazdasági növénytermesztés és a gazdálkodás egész menetére. Különböző hőmérsékleti viszonyaink sem mindig kedvezőek, mert hiszen nagyon gyakran, főleg az Alföldön, szélsőséges határok között mozognak. De a szükséges hőmennyiség hiánya nálunk a főbb tenyészetek időszakok alatt legtöbbször alig fog akadályt jelenteni. Akadályt mindig a csapadékviszonyaink kedvezőtlen volta jelent, amely néha végzetes következményekkel jár.

Tévedés volna azt hinni, hogy csak a föld feletti életet befolyásolják a csapadékviszonyok ilyen kedvezőtlenül. Talajaink élete, főleg a mi magyar időjárási viszonyaink mellett, szintén összefüggésben van a csapadékviszonyok alakulásával. A talajban élő mikroorganizmusok helyes és kielégítő működéséhez ugyanis szintén megfelelő nedvességre van szükségünk. Enélkül nincsen nitrifikáció, kedvezőtlen lesz a nitrogénkötés, megakad a cellulóz-bontás, kedvezőtlené válik a talajlélekzés, elégtelen lesz a szervesanyagok természetes bomlási folyamata, mert mindezekhez ezeknek a szóbanforgó mikroorganizmusoknak bizonyos optimális

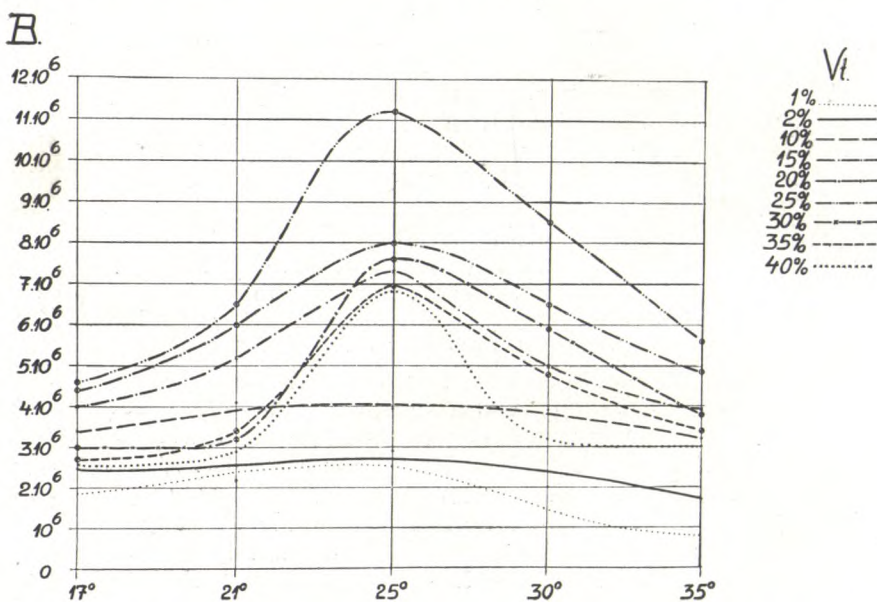


nedvességre van szükségük. Ebből a szempontból is *fontos tehát, hogy a mezőgazda elsősorban talajának vízzel való gazdálkodását tudja szabályozni; mert ha ezt céltudatosan irányítja, abban az esetben évről-évre a természettel folytatott nehéz küzdelmét már félig megnyerte és a magyar föld termőképességét megővni és fokozni tudja.*

Ahhoz, hogy a víztartalomnak és a hőmérsékletnek a talaj életére való befolyását tüzetesebben tanulmányozhassuk, a szabadföldön nyert megfigyelési adatok nem minden tekintetben alkalmasak. Itt ugyanis annyi ökológiai tényezőnek a hatása nyilvánul meg, hogy ezt a két fontos tényezőt, illetőleg ezeknek a hatását egymástól elkülöníteni alig lehet. E célból laboratóriumi kísérleteket végeztünk, melyeknek az eredményei azt mutatták, hogy a talajélet optimális kifejlődését 25 C fok körüli talajhőmérsékletnél és a kísérletnél használt talajnál 25% víztartalom mellett találjuk. Ezek a határok különösen a víztartalmat illetőleg természetesen nem minden talajféleségre érvényesek egyformán. A talajnak a mindenkori vízkapacitása itt jelentős szerepet játszik. Ezek az eredmények most már beigazolták azt, hogy amint a szabadföldi megfigyelések mutatják, a mi klimatikus viszonyaink mellett a talaj életének ezeket az optimális határait a legritkább esetben érjük el. Bár a talajhőmérséklet különösen a talaj felső szintjeiben a nyári hónapok alatt többnyire eléri a maga optimális fokát, a víztartalom ugyanakkor a mi időjárásunk mellett rendszerint jóval az optimum alatt szokott maradni. Természetesen ugyanazon súlyszázalék-víztartalom nagyobb vízkapacitású talajnál a talajélet szempontjából viszonylag kevesebbet fog jelenteni, mint egy alacsonyabb vízkapacitású talajnál. Ezt tehát a talajaink vízgazdálkodásának a talajéletre gyakorolt befolyásánál mindig tekintetbe kell vennünk. Az 1. ábra világosan mutatja a talaj víztartalmának a döntő befolyását a talaj életére. Kötött agyagos talajon körülbelül 10%-os víztartalom az a határ, amelyen túl a víztartalom növelése a baktérium- és általában a talajélet mennyiségbeli kifejlődésére érezhetően hatni kezd. Miután pedig a kísérletre használt talajnál 8–10%-os víztartalom körül van a hervadási pont, ezek az eredmények azt mutatják, hogy a talaj mindenkori víztartalmának a hatása a talaj mikroorganizmusainak életében gyakorlatilag olyan határok között változik, mint a talaj víztartalmának a hatása a talajt borító magasabbrendű növények életjelenségeire. 25%-on felüli víztartalom már, amint a kísérleti adatok mutatják, hátrányosan befolyásolta a vizsgált talaj életét. Természetesen ez a felső határ, amint említettem, a talaj vízkapacitása szerint változni fog. Homoktalajoknál kétségkívül már sokkal alacsonyabb vízkapacitás, illetőleg annak megfelelően már alacsonyabb súlyszázalékban kifejezett víztartalom mellett fogjuk a felső határt elérni. *Általában a talajok mindenkori vízkapacitásának 60–70 %-os értékénél van a víztartalom optimuma.*



Ezek a kísérleti adatok is világosan beigazolják azt, hogy a mi klimatikus viszonyaink mellett a talajok vízgazdálkodása és víztartalma az a tényező, amely lényegesen befolyásolja a talajélet mennyiségbeli kifejlődését. Minthogy pedig a talajaink vízkapacitását, illetőleg víztartó képességét a megfelelő művelési eljárásainkkal némileg szabályozni tudjuk és kedvezőbb helyzetet tudunk teremteni, úgy a most mondottakból is kiviláglik a különböző talajművelési módoknak a talajélet kifejlődésére gyakorolt



1. ábra. A talaj baktériumszámának változása különböző hőmérséklet és különböző víztartalom mellett.

B = baktériumszám 1 g talajban. Vt = víztartalom %-ban.

fontossága. A jól megművelt morzsás szerkezetű talaj nemcsak a helyes vízgazdálkodással, hanem a helyes levegőgazdálkodással is a legmegfelelőbben fogja talajaink életét és az ezzel kapcsolatos biológiai jelenségeket befolyásolni.

A víztartalom és a hőmérsékleten, mint főszabályozó tényezőkön kívül, egyéb tényezők is befolyással vannak a talajélet kialakulására. Így a talaj reakciójával szemben a különböző mikroorganizmus-csoportok más és más igényeket támasztanak. Amíg pl. a baktériumok és a sugaras gombák általában a közömbös talajokat kedvelik és számuk savanyú talajokban csökken, addig a gombák inkább a savanyú talajokban szaporodnak el.



A talajok *légjárhatósága*, illetőleg levegőkapacitása szintén lényeges tényező a talajban lefolyó mikrobiológiai folyamatok kialakulásában. A talajban végbemenő legfontosabb biológiai folyamatok oxidációs folyamatok, amelyek levegő jelenlétéhez vannak kötve. Elégtelen szellőzés viszont a reduktív folyamatoknak kedvező.

A *tápanyag mennyisége és minősége*, elsősorban a szerves anyagok, de a szervesetlenek is, hatással vannak a talaj mikroflórájának kialakulására. Könnyen bomló szerves anyagok jelenlétében (pl. istállótrágyázásnál) a baktériumok és Aktinomycesek száma erősen megnövekedik. A szervesetlen anyagok közül pl. a foszfátadagolás nagyon növeli a talaj mikroorganizmusainak számát.

Egyes kutatók kimutatták azt is, hogy a talajlevegő radioaktív sugarai is hatással vannak a mikroorganizmusokra, így pl. az *Azotobacter*-fajok nitrogénkötő képességére ösztönzőleg hatnak.

### 3. A talaj mikroorganizmusainak számbeli vagy minőségbeli meghatározása.

A talaj mikroorganizmusainak számbeli vagy minőségbeli meghatározása történhetik az ú. n. közvetlen mikroszkopikus módszerek segítségével és történhetik az ú. n. tenyésztéses eljárással.

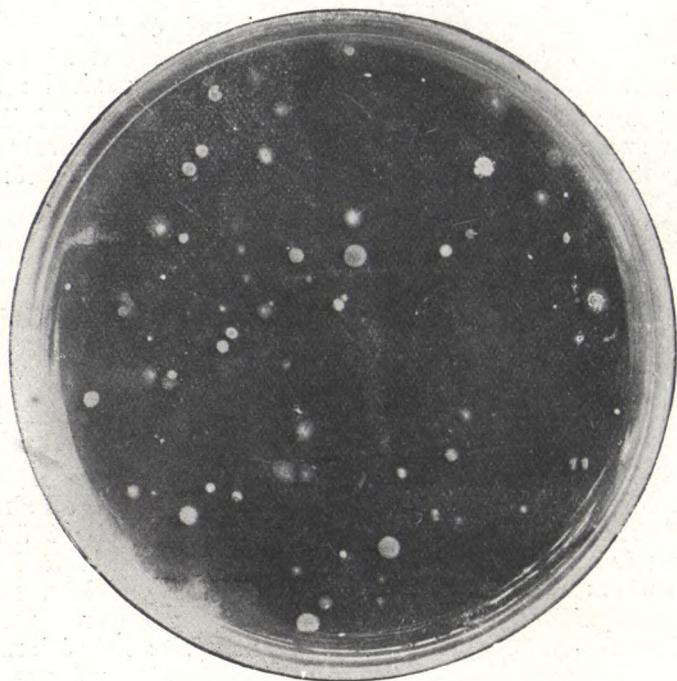
A közvetlen mikroszkopiai számlálást *Conn* alkalmazta először. Ennek lényege abban áll, hogy ismert töménységű talajemulsiónak ismert mennyiségét megfelelő festékkel való kezelés után négyzetekre osztott tárgylemezre hozunk, egyenletesen széttergetjük, rögzítjük és mikroszkop alatt az egyenlő területű látómezőkbe osztott tárgylemezen megszámláljuk a baktériumokat. Ennek az eljárásnak, eltekintve attól, hogy körülményes, hátránya, 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, mikroszkop 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 mikroszkop alatt vizsgálja. Ennek az eljárásnak előnye, hogy így a tárgylemezhez természetes helyzetben odatapadt mikroorganizmusok telepeit figyelhetjük meg.

Mi vizsgálatainknál a tenyésztéses eljárást alkalmaztuk és pedig a lemezöntéses és a hígítási eljárást kombinálva. A talajból steril vízzel különböző hígításokat készítettünk, amely hígítások egy  $\text{cm}^3$ -e 1/10 g—1/10,000.000 g-nyi mennyiségű talajnak felelt



meg. Ezekkel a különböző hígítású talajokkal oltottuk azután a különböző táptalajokat és határoztuk meg egy g talajra vonatkoztatva a mikroorganizmusok számát.

A talaj összbaktériumszámának meghatározásánál az aerob baktériumok számául az ágar és a gelatinalemezen kifejlődött telepek számának összegét vettük. A talaj 1/10.000, 1/100.000 és 1/1.000.000 g-nyi mennyiségével oltottunk két-két ágar és két-két

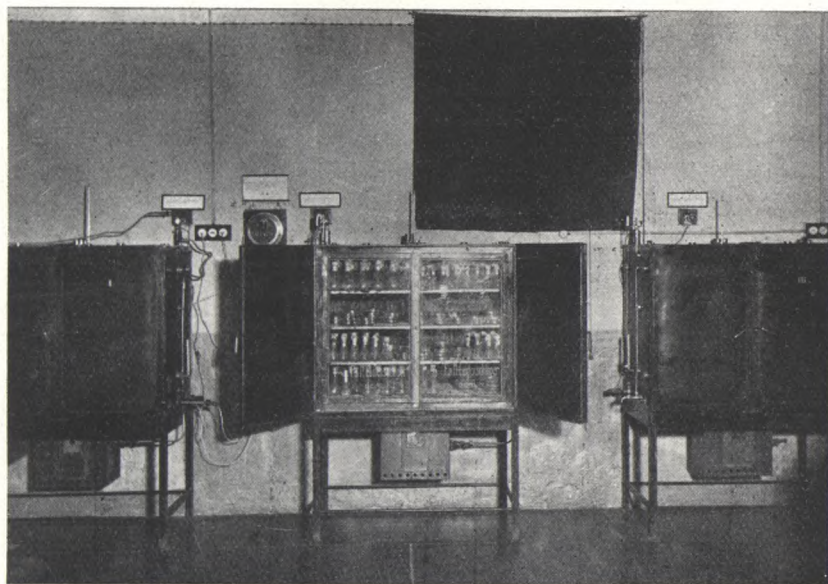


2. ábra. Ágarlemezen kifejlődött baktériumtelepek.

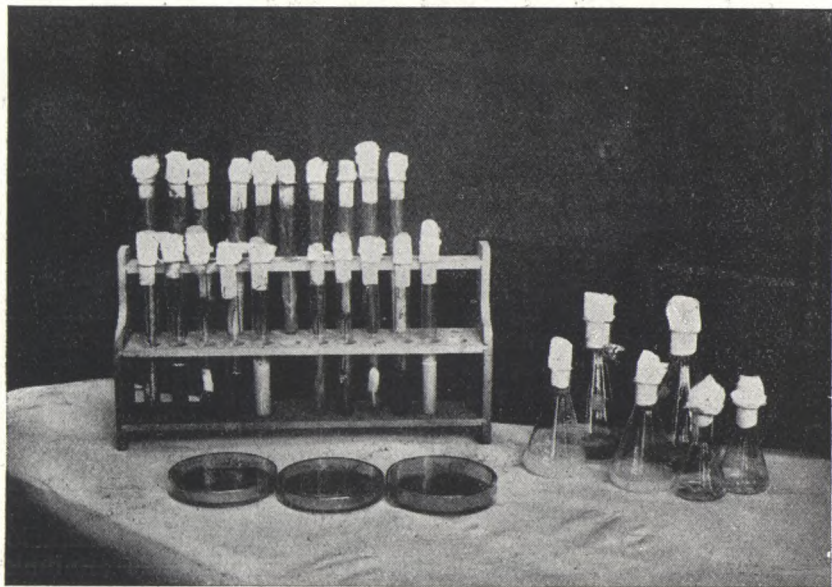
gelatinalemezt, tehát összesen hat ágar és hat gelatinalemezt. (Lásd 2., 3. és 4. ábrákat.) Az ágar és a gelatinalemezekre kifejlődött telepek számának egy gramm talajra vonatkoztatott átlagmennyiségét összeadva kaptuk az aerob baktériumok számát. Az anaerob baktériumokat Burri-csőben cukorágáron tenyésztettük, amelyben az oxigént pyrogallussavval és nátron-, vagy káliummal elnyeltük (Lásd 5. ábrát) és így biztosítottuk az anaerob tenyésztés lehetőségét. A talaj összbaktériumszámát az aerob és anaerob baktériumok számának összege adja.

A gombák számát ugyancsak lemezöntéssel, a gombák kifejlődésére alkalmas savanyú dextroseágar felhasználásával határoztuk meg.





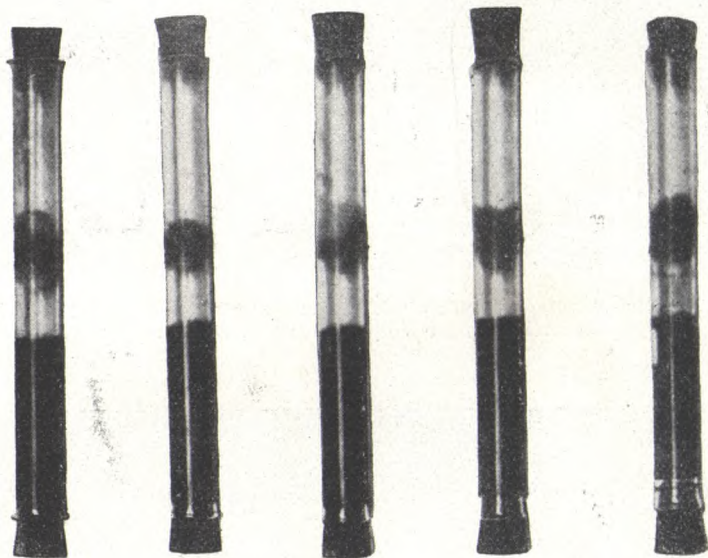
3. ábra. Tenyésztőhelyiség termosztátokkal a műegyetem növénytani intézetének mikrobiológiai laboratóriumában (Sopron).



4. ábra. Petri-csészék, kémcsövek, Erlenmayer lombikok baktériumtenyészetekkel.



A különböző fiziológiai funkciókat végző baktériumcsoportok meghatározására az egyes csoportoknak megfelelő táptalajokra oltottunk a talaj különböző hígításaiból. A tenyésztési idő elteltével a baktériumszám megállapítása azután a hígítások szerint történt. A keresett baktériumszámot azzal a legmagasabb hígítással vettük egyenlőnek, amelyben a keresett baktériumot vagy megtaláltuk vagy reakció útján jelenlétét észlelhettük. Így pl. a nitrogénkötő baktériumoknál mikroszkopikus úton állapítottuk meg az *Azotobacter*-fajok, illetőleg a *Clostridium pastorianum* jelenlétét. A nitrifikáló baktériumok esetében, amely baktériu-



5. ábra. Anaerob tenyészetek Burri-csővekben.

mok nitrátmentes ammoniát tartalmazó táptalajba lettek oltva, a nitrátok, illetőleg nitritek jelenlétét határoztuk meg. A denitrifikáló és nitrátredukáló baktériumoknál a táptalajban levő nitrátoknak nitritekké, illetőleg ammoniává történt bontásával állapítottuk meg a határt. A cellulózbontó mikroorganizmusok számának megállapításánál pedig a cellulóz megbontását, illetőleg eltűnését vizsgáltuk. Ha pl. a nitrifikáló baktériumok esetében a nitrátképződés felső határát 1/50.000 g-nyi hígítással oltott táptalajnál észleltük, azaz az ennél magasabb hígítás már nem adta a nitrát, illetőleg nitrit reakciót, akkor abban a talajban a nitrifikáló baktériumok számát 50.000-el vettük egyenlőnek. Az általunk választott eljárás, minthogy mesterséges táptalajokkal dolgozik,



nem adja a talaj biológiai állapotának teljes képét. Összehasonlító mennyiségbeli vizsgálatra azonban ma még jobbal nem rendelkezünk.

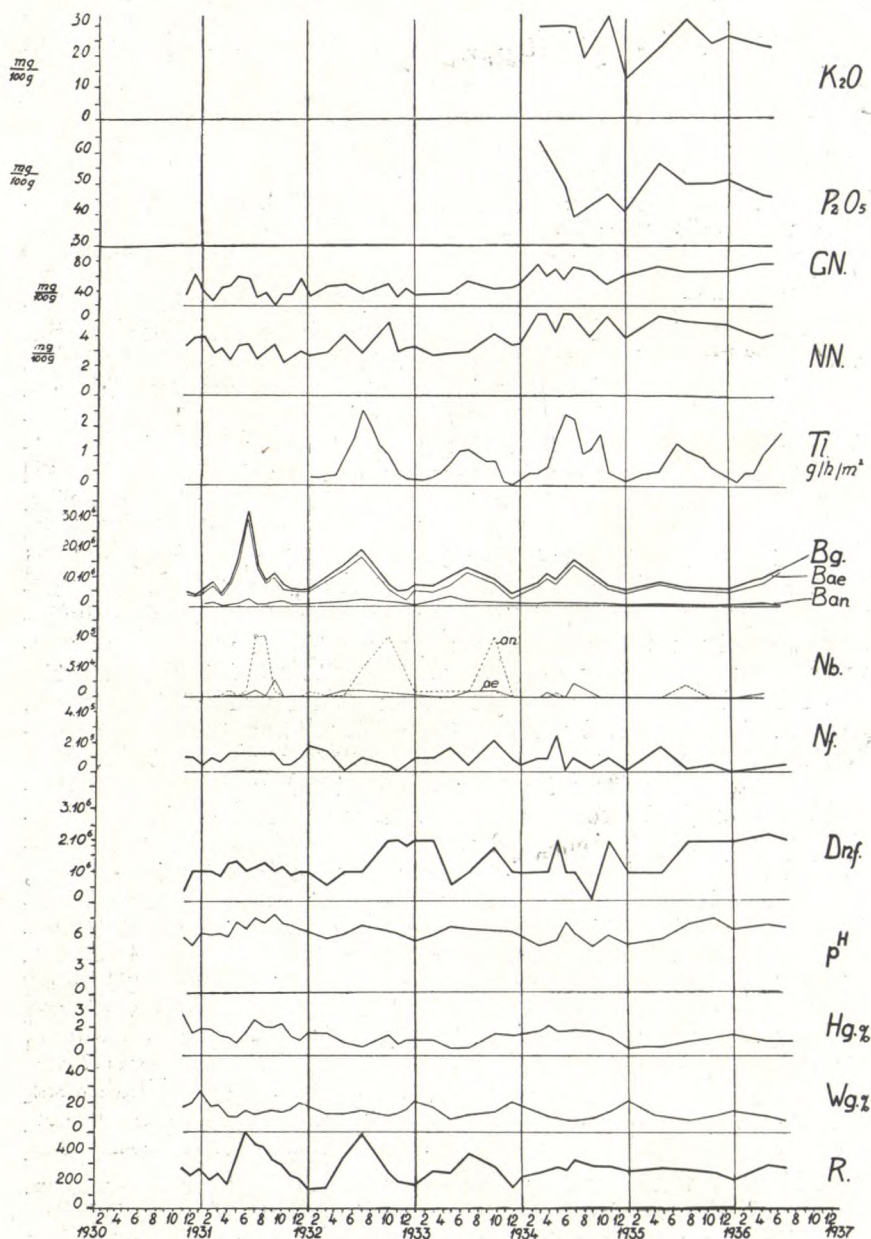
#### 4. A biológiai körfolyamatok lefolyása emberi beavatkozástól mentes élettérben : parlagon hagyott területen.

A mezőgazdasági talajok életjelenségeivel nem könnyű egyhamar tisztába jönni. Nem könnyű pedig azért, mert ezek a talajok az állandó emberi beavatkozás következtében eredeti biológiai egyensúlyukban időről-időre mindig meg lesznek zavarva és ezért nagyon nehéz vizsgálatainkkal a bennük lefolyó alapvető törvényszerűségeket felkutatni. Éppen ezért kezdetben olyan élettérrel kellett foglalkoznunk, amely élettér hosszabb időn keresztül mentesítve volt az emberi kéz állandó és zavaró beavatkozásaitól. Ilyen beavatkozástól mentes talajon figyeltük meg azokat az alapvető összefüggéseket és törvényszerűségeket, amelyek a talaj életét szabályozzák. A mindennapi életben, különösen a mezőgazdasági gyakorlatban, lépten-nyomon van dolgunk olyan talajokkal, amelyeket a gazdálkodás szempontjából időről-időre parlagon hagynak. Az ilyen parlagon hagyott területekben azután zavartalanul folynak le a talaj életének a biológiai körfolyamatai.

A 6. ábra hat éven keresztül parlagon hagyott terület adatait tartalmazza és világosan mutatja, hogy a baktériumszám milyen határozott függvénye az időjárási viszonyoknak. A talajbaktériumok életét elsősorban két tényezőnek, a talaj hőmérsékletének és víztartalmának kölcsönös viszonya szabályozza. A hőmérséklet hiánya télen gátol, amikor elég talajnedvességünk van, viszont a mi időjárási viszonyaink mellett a fő tenyészteti szakunkban a talaj baktériumflórájának mindenkori kifejlődését szabályozza. A hőmérsékleti fokok és a százalékban kifejezett talajnedvesség szorzatát R-tényezőnek neveztük el és amint a 6. ábrából láthatjuk, ez az R-tényező döntően befolyásolja a baktériumélet kifejlődését. Félreértések elkerülése végett már most szeretném hangsúlyozni, hogy a nyert adatok egyelőre nem alkalmasak még arra, hogy azokból abszolút értelemben vett tágabb következtetéseket vonjunk le. Ezek csak a biológiai és biokémiai folyamatok általános képét vannak hivatva, legalább egyelőre megadni. Ezeket tehát csak viszonylagosan szabad értelmeznünk.

A 6. ábra egyébként világosan mutatja azt is, hogy miképpen használja el a parlag, mint szabadon kifejlődő, meg nem zavart élettér a tápláló anyagait, hogyan kerülnek a nitrogéntartalmú szerves anyagok vissza a talajra és az időjárási tényezők változása, továbbá a víz és a hőmérséklet hogyan teremti meg azt a

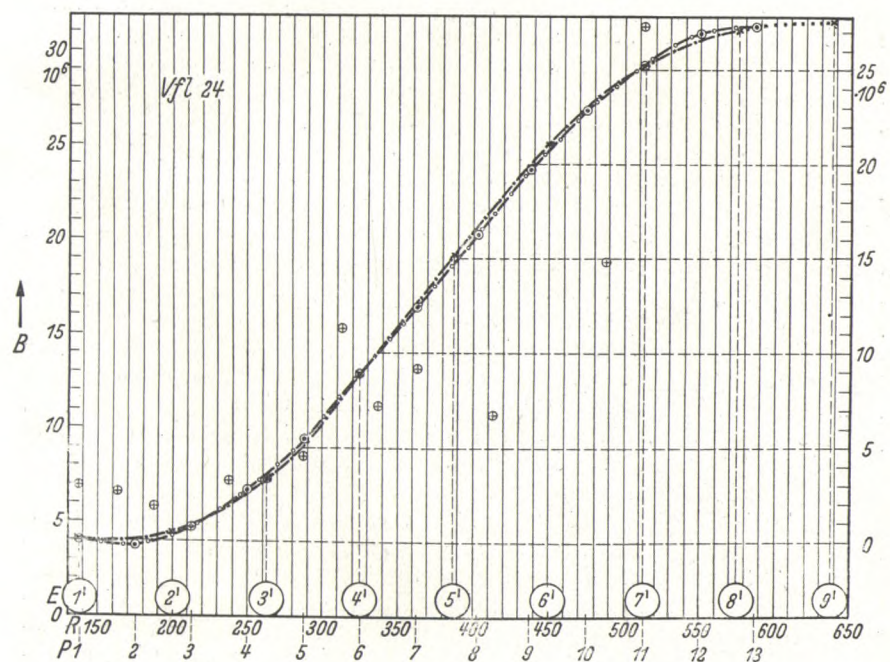
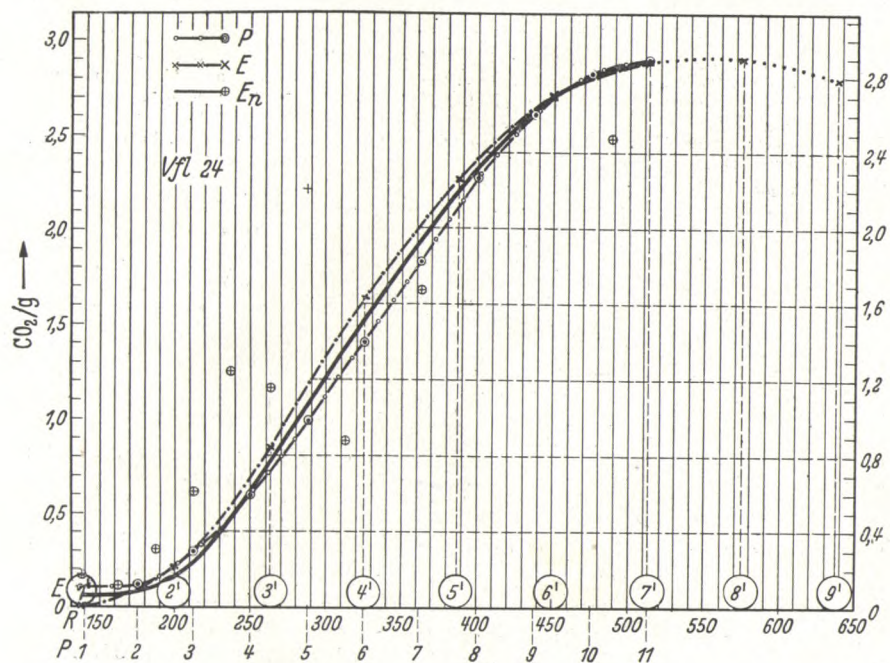




6. ábra. Parlagon hagyott terület kísérleti adatai.

$P_2O_5$  = felvehető foszfor.  $K_2O$  = felvehető káliók Sigmond módszere szerint. GN = összes nitrogéntartalom. NN = nitrát nitrogéntartalom. TI = talajlélekzés grammokban óránként és négyzetméterenként. Bg = összes baktériumszám. Bae = aerob baktériumok száma. Ban = anaerob baktériumok száma. Nb = Nitrogénkötő baktériumok. Nf = nitrifikáló baktériumok. Dnf = denitrifikáló baktériumok. Hg = humusztartalom. Wg = víztartalom. R = talajnedvesség × (talajhőmérséklet + 10). A talajhőmérsékletet azért emeltük 10-el, hogy a téli 0° alatti értékeket kiküszöböljük.





7. ábra.

(Magyarázatot lásd a 46. oldalon.)



## Magyarázat a 7. ábrához.

Az R-tényező (víztartalom (talajhőmérséklet + 10)), a talajlélekzés és a talaj baktériumszámának változásai közötti összefüggés a paragon hagyott területen; P = parabola, E = exponenciális egyenlettel számított görbék, En = befektetett kiegyenlítő görbe a mért pontok alapján.

Fent: Talajlélekzés, 1932—36. években mért átlagadatok alapján. — Lent: Baktériumszám, 1931—1936. évi átlagadatok szerint. Itt a három görbe egybevágó helyzete következtében csak a két számított görbét rajzoltuk be.

A görbék képletei a következők.

A talajlélekzés parabola egyenlete:

$$y = -0'006\ 458\ x^3 + 0'11937\ x^2 - 0'293526\ x + 0'280614.$$

A baktériumszám parabola egyenlete:

$$y = -3'96875\ x^3 + 86'467\ x^2 - 256'767\ x + 574'2527.$$

y 10000-el szorzandó.

Exponenciális egyenlet:

$$\frac{100}{y} = \frac{1}{2} \left[ m \cdot a_1^{\frac{1}{x}} + \frac{m}{2} \left( \frac{x}{a_2} + a_2^{-x} \right) \right]$$

amely egyenlet állandói a talajlélekzés görbéjénél  $a_1 = 2'4$   $a_2 = 88'0$  m = 1'2 y 10-el osztandó; a baktérium görbéjénél:  $a_1 = 3'4$   $a_2 = 8'0$  m = 1'0 y 1.000.000-val szorzandó.

csodálatos életközösséget, amelyet mi talajéletnek nevezünk. A rétek, legelők és az erdők talajára, ahol erősebb mérvű emberi beavatkozás nem igen történik, ugyanazok a törvényszerűségek irányadók. Természetesen a kaszálás és legeltetés már zavarólag hat. Ott, ahol a természet erőinek harmonikus összjátékát az emberi kéz meg nem zavarja, ott tulajdonképpen a talajt borító növényzet életjelenségei és a talajban lefolyó biológiai folyamatok között szerves összefüggés alakul ki, amely szerves összefüggés lehetővé teszi, mindazon fontos biogén tényezők természetes körfolyamatát, amely tényezők a gyakorlati növénytermesztésnél alapvetően fontos szerepet játszanak.

A paragon hagyott területet már az első évben a természet bölcs berendezése következtében rendszerint dús növényzet borítja. Ez a növényzet megvédi a talajt az időjárási tényezők szélsőséges beavatkozásától. Ősszel azután, mikor a talajt borító növényeink elhalnak, ezek a paragon hagyott földjeink talajára jutnak és itt a korhadás munkáját végző baktériumok és gombák megtámadják őket. Korhadási, rothadási, erjedési, bomlási folyamatok lépnek fel, amely folyamatoknak az eredményeképpen a baktériumok és a gombák munkája következtében a szerves anyag jelentékeny része, különösen a szénhidrátok, különböző bomlási termékeken keresztül végeredményben szénsavra és vízre bomlanak, a végén pedig az organikus anyag a mikroorganizmusok munkássága következtében teljes összességében felbomlik és a szervesetlen sók, különösen az annyira fontos foszfor, kálium, magnézium, kén, calcium és vas, bekerülnek megint a talajba, ahol a növények gyökerei által felvehetővé válnak. Közben a nitrogéntartalmú vegyületek bomlásuk után a már ismertetett nitrifikáción mennek keresztül, kialakulnak a növény táplálkozása szempontjából annyira fontos nitrátok, majd a nitrogénkötő baktériumok munkássága pedig a levegő nitrogénjéből köt meg megleg-



hetősen jelentékeny részt (átlag körülbelül 30—40 kg-ot hektáronként) a talaj számára. Ugyanakkor pedig a korhadás folyamata alatt a mikroorganizmusok munkássága következtében jelentékeny mennyiségű szén-sav szabadul fel, amely a talaj pórusain keresztül a környező levegőrétegbe távozik. Így kialakul a talajlélekzés folyamata, amely néha olyan mennyiségű szén-savat visz a környező levegőrétegbe, hogy ez a növények asszimilációs tevékenységénél nagyon fontos tényezővé válik.

Természetesen most önként felmerült az a kérdés, hogy vajjon, ha a hőmérséklet és a talaj használható víztartalma, amelynek nagysága a csapadék mennyiségétől és a talaj vízgazdálkodási tulajdonságaitól függ, olyan határozott összefüggések szerint befolyásolja a talajban élő mikroorganizmusok működését, lehet-e valami határozott törvényszerűséget találni e két jelenségcsoport között. Az idevonatkozó kutatásaink azzal az eredménnyel zárultak, hogy ha a talaj víztartalmát és hőmérsékletét, amint azt már említettem, egymással megszorozzuk és így egy tényezőkomplexumot képezünk, ebben az esetben eme tényezőkomplexum változása és vele összefüggésben a talajt benépesítő mikroorganizmusok mennyiségi változása között szabatos, matematikailag parabola függvényével, illetőleg exponenciális egyenlettel kifejezhető összefüggést nyerünk. A talajélet mennyiségbeli változásai tehát ezen tényező függvényei. Azonban előnyösen csak akkor hatnak, ha a két összetevő tényezője az optimális határon ( $25^{\circ}\text{C}$ , 60—70% V<sub>k</sub>) alul marad. (Lásd 7. ábra.)

Amint ezek a most vázolt vizsgálatok beigazolták, a talajainkban lefolyó életjelenségeket, ha a talajok egyéb kémiai és fizikai sajátságait állandóknak és megadottaknak vesszük, elsősorban a nap hőenergiája és a mindenkori hasznosítható víztartalom befolyásolja. A nap hőenergiáját, sugárzását a talajjal közli és ezt a másodlagos hősugárzássá átalakult energiát azután mérőműszereinkkel, mint talajhőmérsékletet mérjük. De a talajhőmérséklet mellett a talajéletre, mint a szerves élőlények életműködésének összességére, még a talaj mindenkori víztartalma is döntő befolyást gyakorol, sőt majdnem azt mondhatnánk, hogy különösen a mi klimatikus viszonyaink mellett, ahol a fő tenyészeti időszakban, a hőmérséklet kielégítő volta nem kétséges, elsősorban a talaj hasznosítható víztartalma az a tényező, amely főleg nyáron, mint legtöbbször minimumban lévő faktor, a talaj életét és a mezőgazdasági növényeink fejlődését döntően befolyásolja.

A parlagon hagyott terület képe most már világosan igazolja, hogy az ilyen érintetlenül hagyott élettérnek nemcsak a mikroorganizmus-száma van a talaj hőmérsékletének és víztartalmának befolyása következtében állandó változásoknak alávetve, hanem ezzel együtt a talaj összes többi fizikai és kémiai sajátságai is állandó ingadozásokat mutatnak. Ezek között az ingadozások



között elsősorban a talaj összes nitrogéntartalmának és nitrát-nitrogéntartalmának a változásaival szeretnék most röviden foglalkozni.

Az összes nitrogéntartalom, amint ez a dolog természete következtében könnyen megérthető, rendszerint a fő tenyészeti időszak vége felé éri el a minimumát. Ezzel szemben maximumát legtöbbször a tenyészeti időszak elején, tehát tavasszal és a nyár első felében fogjuk megtalálni. Vele rendszerint párhuzamosan változik a talaj nitrát-nitrogéntartalmának a mennyisége is, ami természetesen majdnem minden egyes alkalommal a tenyészeti időszak végén minimumba kerül. Az összes nitrogéntartalom változását könnyen megérthetjük, ha meggondoljuk azt, hogy ez a tényező elsősorban a talajra jutó szerves anyagok korhadásával van összefüggésben. Ezért tapasztaljuk azt, hogy ősszel, a minimum fellépte után, amikor a parlag területét borító növény elhalt részei korhadni kezdenek, a talaj összes nitrogéntartalma mindig emelkedést mutat. Hasonlóképpen jelentékenyen befolyásolják az összes nitrogéntartalom változásait a nitrogénkötő baktériumok is. Tudjuk, hogy ezek rendszerint a nyár végén érik el a maximális kifejlődésüket. A 6. számú ábrán jól megfigyelhetjük, hogy a nitrogénkötő baktériumok egy-egy maximumával mindig az összes nitrogéntartalomnak egy-egy maximuma esik össze. A talajélet változásai azonban természetesen nincsenek *mindig* határozott évszakokhoz kötve. Ezeket a talaj hőmérsékletének és víztartalmának az R szabály szerint lejátszódó kölcsönös komplex hatásai hozzák létre. Időbeli helyzetük tehát végső fokon a klíma-tényezők mindenkori összjátéka szerint fog kialakulni. Ez áll természetesen a nitrogén körfolyamatán kívül a többi biogén tényező változásaira is.

A nitrát-nitrogén kialakulását a növényzet felvételén és a bemosáson kívül a nitrifikáló és denitrifikáló baktériumok kölcsönös viszonya szabályozza. Ez a két baktériumcsoport általában ellentétes viselkedést mutat, mert amint a parlag vizsgálatánál meggyőződhattunk róla, a nitrifikáló baktériumok maximuma mindig a denitrifikáló baktériumok minimumának, vagy viszont felel meg. E kölcsönös változásnak megfelelően ingadozik azután a felhasználás és a bemosás okozta változásokkal együtt a talajok nitrát-nitrogéntartalma is. A 6. ábrán is jól megfigyelhetjük, hogy a denitrifikáló baktériumok depressziójával és ezzel kapcsolatosan a nitrifikáló baktériumok maximális kifejlődésével mindig a nitrát-nitrogéntartalomnak emelkedése jár együtt.

A talaj humusztartalma természetesen szintén időszaki változásokat mutat, amely azonban a baktériumszám változásaival ellentétes, amennyiben nyáron van minimumban, amikor a baktériumszám maximális kifejlődését éri el. Ősszel, amikor a parlag elhalt növényi részei a talajba kerülnek, emelkedik, úgyszintén



a tél folyamán is egészen tavaszig, amikor a megindult baktériumélet a humuszanyagokat fokozatosan feldolgozza.

A talaj ph-értékei szintén változásokat mutatnak. Ezek a változások nagy vonásokban egyezők a talaj baktérium-számával és ellentétesek a humusztartalommal. Legmagasabbak nyáron, amikor a humuszanyagok többé-kevésbé feldolgozódnak és azután télen érik el legalacsonyabb kifejlődésüket.

A parlag lélekezési adatai teljesen a baktérium, illetőleg a mikroorganizmusok számának változásait követik, ami természetes is, hiszen a talajlélekezés a baktériumok bontó és pedig elsősorban a cellulózt bontó munkájának az eredménye. Maximumát a nyári hónapokban éri el, míg minimálissá télen válik, de akkor sem szűnik meg teljesen.

## 5. A talajok foszfor- és kálikörfolyamata.

Az eddigiekben főleg a talajéletet befolyásoló klimatikus tényezőkkel, a nitrogéngazdálkodás lefolyásával és az azt szabályozó tényezőkkel foglalkoztam. A következőkben a talajok foszfor- és kálígazdálkodására óhajtok röviden kitérni. A foszfor és a káli a nitrogén mellett a mezőgazdasági növényeink egyik legfontosabb tápláló anyagát képezik. Ez a három elem az, amelynek a sóit a talajból a legtömegesebben visszük el a növénytermeléssel és amelyeknek a szükségyszerinti pótlásáról a természetes és a műtrágyák adagolásával gondoskodni kell.

Miután a mi mezőgazdasági talajaink közetek elmállása folytán keletkeztek, úgy világos, hogy bennük mind a foszfornak, mind a kálinak megfelelő sók alakjában meg kell lenniök. A talajtani tudomány azonban azt mutatja, hogy egy adott talajnak foszforban vagy káliban való gazdagsága nem attól függ, hogy ezek az elemek, illetőleg ezeknek sói milyen mennyiségben vannak meg abszolút értelemben a talajban, hanem főleg attól, hogy ezeknek az elemeknek sói közül mennyit találunk olyat, amelyet a növények könnyen oldható formában találnak meg a talajban és mint tápláló anyagot fel tudják venni. Ezért a talajtani tudomány teljes határozottsággal elkülöníti egymástól a talajok káli- és foszfortartalmának megadásakor a nehezebben oldódó foszfor- és kálivegyületeket a növények gyökerei által felvehető állapotban lévő foszfor- és kálisóktól.

Általában a talaj foszfortartalma, ha a talajokban lévő nehezen oldható foszforvegyületeket is, tehát az összes foszfor-



mennyiségeket kimutatjuk, rendszerint alig több 0.05—0.2%-nál. A kálivegyületek mennyisége a 2—3%-ot is elérheti, azonban ennek a mennyiségnek csak nagyon kis része az, amelyet növényeink felhasználnak, illetőleg, amelyek idővel feltárhatókká válnak. Éppen ezért növénytermesztési szempontból a nehezebben oldható kálivegyületeket nem az úgynevezett teljes feltárásokkal, hanem sósavas kivonatolással határozzák meg. Az így kimutatott nehezebben oldható kálivegyületek mennyisége nem haladja meg az 1%-ot. Természetesen mindezek az adatok a gyakorlati növénytermesztés szempontjából, tehát élettani szempontból pillanatnyilag nem irányadók. Nagyon könnyen előfordulhat, hogy egy-egy talaj nehezen oldható foszfor- vagy kálisókból sokat tartalmaz, de ugyanakkor a gyakorlati növénytermesztés szempontjából rossz terméseredményeket ad, míg egy másik, lényegesen kevesebb nehezen oldódó káli- és foszforsót tartalmazó talaj elsőrangú terméseket ad, ha azt megfelelő ápolással karbantartjuk és ennek a két elemnek könnyen oldódó sók alakjában való kielégítő mennyiségbeli előfordulásáról gondoskodunk.

Ennek a kérdésnek az eldöntése ugyanaz, mint a nitrogénkérdésnek a vizsgálata. Lehet valamilyen talaj gazdag nitrogénben, mégis kevésbé használható növénytermesztési szempontból. Hiszen az előzőkből tudjuk, hogy a mezőgazdasági növényeink a nitrogénvegyületeknek csak egy kis részét tudják felvenni, mégpedig főleg azokat, amelyek nitrifikált, tehát nitrátokká oxydált és így könnyen oldható alakban vannak jelen a talajban. A nitrogéngazdálkodásnál is döntő szerepet játszik tehát a talajnak jó biológiai állapota és közvetve a talajnak jó és helyes vízgazdálkodása.

Amint a vizsgálatok mutatják, ugyanaz a helyzet a talajok foszfor és káli anyagcsere-körfolyamatainál is. Hogy ezt megérthessük, tudnunk kell a következőt. Ha egy érintetlen élettérnek a képét vizsgáljuk, amelyre a parlag kitűnő felvilágosítást ad, akkor azt fogjuk látni, hogy a talajainknak könnyen oldható foszfor- és kálivegyületei nincsenek meg minden időszakban egyenlő mennyiségben a talajban.

Ezeknek a könnyebben oldható foszfor- és kálivegyületeknek a kimutatására vonatkozólag itt közbevetőleg néhány felvilágosító szót szeretnék mondani. Az utolsó néhány évtizedben sok kutató és laboratórium foglalkozott annak a kérdésnek az eldöntésével, hogy milyen módszerek segítségével lehet úgy kimutatni a talajban lévő, könnyebben felvehető káli- és foszforsók mennyiségét, hogy ez a mennyiség a növények gyökerei által tényleg felvehető káli- és foszforsók mennyiségét megközelítse.

Egyike a legelterjedtebb eljárásoknak az úgynevezett citromsavas eljárás, amely abból a feltevésből indul ki, hogy a növények gyökerei által kiválasztott gyenge savak, amelyek ezen vegyüle-





teket felvehető alakra tudják hozni, kb. 1%-os citromsav oldóhatásával egyeznek. Ezek az eljárások tehát a citromsav adagolásával kivonatolják a talaj foszfor- és kálisóit. Hátrányuk ezeknek az eljárásoknak, hogy különösen erősebb mésztartalmú talajoknál, amilyenekkel a magyar mezőgazdaságban nagyon sokszor találkozunk, nem jól használhatók, mert a műszervegyületek a foszfor- és kálisóknak a citromsavban való oldhatóságát befolyásolják és így az analízisnél megbízhatatlan eredményeket kapunk.

Egy másik eljárás, amely nemcsak nálunk, hanem külföldön is mind nagyobb mértékben terjed el, a kiváló magyar talajkutatónak, *Sigmond*-nak az eljárása, aki gyenge szerves savval, salétromsavval kivonatolja a talajokat. E mellett a *Sigmond*-féle eljárás mellett, amelyet különösen erős karbonáttartalmú talajok vizsgálatánál újabban mi is használunk, azok az eljárások is el vannak terjedve, amelyek gazdasági növények csíráztatásával vagy tenyésztésével a növények által felvett káli- és foszforsók meghatározásával igyekeznek a problémát megoldani. Ilyenek a *Neubauer* és a *Mitscherlich*-féle eljárások. Ezeknek az eljárásoknak különösen magyar szempontból nagy hátrányuk van. Ezek ugyanis mind úgy dolgoznak, hogy a talajt közel optimális víztartalomra hozzák. Talán nem szükséges külön hangsúlyoznom, hogy a mi magyar száraz klímánk mellett ez az eset a fő tenyésztési időszakban sohasem áll be. Azért rendszerint előfordul, hogy ugyanaz a talaj, amely a laboratóriumban optimális víztartalom mellett nagymennyiségű oldható foszfor- és kálisót mutat, a valóságban lényegesen rosszabbul viselkedik, mert hiszen nem áll a kellő víztartalom a rendelkezésére és így a növények nem fejthetik ki teljes aktivitásukat.

Ugyanez a hátránya az úgynevezett mikrobiológiai eljárásoknak is, amelyek közül főleg az újabban nagyon elterjedt *Aspergillus* és *Azotobacter*-módszert szeretném megemlíteni. Ezek az eljárások viszont bizonyos mikroorganizmusok által felvehető foszfor- és kálisók mennyiségét mutatják ki.

Ezeknek az előrebocsátása után most már foglalkozzunk behatóbban azzal a fontos kérdéssel, hogy olyan élettérnek a talajában, amilyen a parlagnál áll előttünk, hogy is megy végbe ennek a két elemnek a körfolyamata. A parlag területét növényzet borítja, amely ősszel évről-évre elkorhad és a talajba jut. Ennek a korhadt növényzetnek a szerves vegyületeit a talaj mikroorganizmusai felbontják, úgyhogy végeredményben a foszfor- és kálisók szerves összefüggéseikből kiszabadítva, mint szervesetlen, rendszerint mint könnyen oldható sók kerülnek be a talajba. Ezek után világos, hogy a növények rendelkezésére álló foszfor- és kálisók mennyisége nem lehet a talajban mindig egyenlő, hanem változnia kell. Ezeket a változásokat kitűnően igazolják



a mi vizsgálataink. Világosan mutatják, hogy mind a foszfor-, mind a kálisók mennyisége állandó változásoknak van alávetve. Természetesen a kutatási módszerek elégtelensége folytán még nem látjuk tisztán, hogy abszolút értelemben milyen nagyok ezek a változások és közvetlenül mi okozza őket. Az kétségtelenül bizonyos, hogy mind a foszfor-, mind a kálisóknak az időszakonkénti változása az eddigi vizsgálatok alapján abszolút értelemben véve sokkal nagyobb, semmint azt a növényzet által való felvétellel és korhadó növények elbontásakor a talajba visszakerülő foszfor- és kálisók mennyiségével meg tudnánk magyarázni.

Hogy a foszfor- és kálisók bontásánál, illetőleg ezeknek oldható állapotba való átvitelénél különböző mikroorganizmusok működnek közre, már hosszabb idő óta ismert tény. Különösen a foszforsók különböző mikroorganizmusok által való asszimilálását és átalakítását már régebb idő óta tudjuk. A kálisókra vonatkozóan az ismereteink meglehetősen hiányosak. Kutatásaink azt mutatják, hogy ezeknek a sóknak a mennyiségbeli változása felülhaladja azt, amit tisztán a felvétel és visszaadás tényével megmagyarázhatunk. Kétségtelen tehát, hogy a talajban lévő foszfor- és kálisók oldhatatlan részének oldható állapotba való átvitelében a mikroorganizmusoknak fontos szerep jut, úgyszintén kétségkívül biológiai tényezők azok, amelyek az oldható sókat legalább részben megint oldhatatlannak alakítják át. Csakis így érthetjük meg aztán azt, hogy a jó biológiai állapotban lévő talajaink bizonyos határok között, a bennük levő oldhatatlan sók mennyiségéből olyan mennyiségű oldható foszfor- és kálivegyületekkel látják el talajainkat, amelyek a növénytermelésünk gyakorlati lefolyását biztosítani tudják. Már itt hangsúlyozom, hogy nem célja a most mondottaknak az, hogy talán a műtrágyák kiküszöbölésével foglalkozzék. Ez természetesen lehetetlen. A racionálisan dolgozó mezőgazdaságnak, ha a talaj termőerejét fenn akarja tartani, az elvitt foszfor- és kálisókat a szükséghez képest pótolni kell. Ne felejtjük ugyanis el, hogy foszfor- és kálisók viselkedése és a talajban végbemenő nitrogén-anyagserekörfolyamatok között alapvető különbség van. A mikroorganizmusok egy része ugyanis, mint már tudjuk, a levegő szabad nitrogénmennyiségét is meg tudja kötni s így talajaink számára hasznosítani tudja. De olyan mikroorganizmusokat még nem ismerünk, amelyek a talajon kívülálló valamilyen közegből mesterséges beavatkozás nélkül tudnának foszfor- és kálivegyületeket szolgáltatni. Így tehát ezeknek a tényezőknek egy olyan biológiai pótlási lehetőségét, amilyent pl. olyan talajműveléssel érhetünk el, amely a nitrogénkötő mikroorganizmusok működését előmozdítja, vagy amely a hüvelyes vetemények közbeiktatásával a levegőből nyert nitrogénnel gazdagítja a talajt, nem találunk.

Most még röviden néhány szót szeretnék szólni arról is, hogy a foszfor- és kálímennyiségek megbírálása szempontjából



milyen határértékek azok, amelyek az eddigi idevonatkozó kutatások szerint e tápláló sók mennyiségének alsó határát jelzik. Természetesen mindig a növényi gyökerek számára felvehető formákról beszélünk. Miután még különösen néhány évvel ezelőtt, a citromsavas kivonatolási eljárások nagyon el voltak terjedve, főleg *Lemmermann* és *König* vizsgálatai után a *Nemzetközi Talajtani Társulat* az 1930-ban lefolytatott tanácskozásain nagy vonásokban arra az eredményre jutott, hogy amennyiben 1 kg talajban 150 mg nitrogén, 250 mg foszfor és 160 mg kálium van (1%-os citromsavban oldható mennyiségeket feltételezve), az illető talajt e tápanyaggal jól ellátottnak tekinthetjük. Az analitikai eredmények értékelése meglehetősen egyszerű, ha meggondoljuk, hogy általában, ha 30 cm mélységű talajréteget tételezünk fel, úgy valamely tápsó 1 mg/100 g-jának hektáronként kb. 30 kg felel meg, vagyis a fenti határértékeket alapulvéve, ezek szerint a megállapítások szerint a mezőgazda talaja tápláló anyagokkal jól ellátottnak tekinthető, ha az analitikai vizsgálatok szerint nitrogénből hektáronként 450 kg, foszforból 750 kg és káliból 480 kg áll rendelkezésre.

*Mitscherlich* legújabb kutatásai alapján könnyen oldódó káliumból és foszforból kb. 300 kg-ra becsüli hektáronként azt a mennyiséget, amely szükséges ahhoz, hogy az illető talaj a belőle kihozható legjobb terméseredményt produkálja. Ő azon a véleményen van, hogy ha káliból és foszforból a hektáronként vett oldható sók mennyisége ez alá az érték alá száll, abban az esetben okvetlenül műtrágyákat kell alkalmaznunk, miután az ő kutatásai szerint istállótrágyák alkalmazásával, különösen ezt a két fontos tápsót elegendő mennyiségben pótolni nem tudjuk. A nitrogénre vonatkozólag *Mitscherlich* adatai szerint a legjobb terméseredmény elérése céljából hektáronként 600 kg felvehető mennyiséggel kell rendelkeznie a talajnak. *Mitscherlich* adatai szerint egyébként hektáronként 16 q rozs, vagy 16 q zab termés-eredmény kb. 200 q istállótrágya felhasználásának felel meg. Ugyanis 200 q istállótrágyában az oldható tápsók eloszlása a következő:

100 q friss marhatrágyában van .....	45 kg nitrogén
	55 „ káli és
	25 „ foszfor
100 q lótrágyában van .....	58 „ nitrogén
	53 „ káli és
	28 „ foszforsav

Hogy az egyes mezőgazdasági növényeink a talajból mennyi táplálóanyagot vonnak el, arra vonatkozólag az adatok meglehetősen ellentmondóak. Ellentmondóak mégpedig azért, mert



természetesen az évi terméseredmények az elvont táplálóanyaggal szoros összefüggésben állanak.

Általában, ha a terméseredményt vesszük alapul, az egyes gazdasági növényeinknek *Mitscherlich* számításai szerint q-ként nagyjában a következő mennyiségű, könnyen oldható tápsókra van szükségük:

	Nitrogén	Káli	Foszforsav
Búza .....	2·50 kg	2·30 kg	1·25 kg
Rozs .....	2·55 „	3·10 „	1·50 „
Árpa .....	2·40 „	2·35 „	1·20 „
Zab .....	3·10 „	3·70 „	1·53 „
Burgonya .....	0·73 „	1·46 „	0·33 „
Cukorrépa .....	0·56 „	0·80 „	0·22 „
Széna .....	1·70 „	1·80 „	0·70 „

Ha tehát átlagban hektáronként\* 20 q-ás gabonatermással számolunk, abban az esetben az említett három főtáplálóanyagból a különböző gazdasági növények a következő mennyiségeket vonják el a talajból:

	Nitrogén	Káli	Foszforsav
Búza .....	50 kg	46 kg	25 kg
Rozs .....	51 „	62 „	30 „
Árpa .....	48 „	47 „	24 „
Zab .....	62 „	74 „	31 „
Burgonya 200 q-ha termés-nél .....	146 „	279 „	66 „
Cukorrépa 300 q-ha termés-nél .....	174 „	240 „	66 „
Széna 60 q-ha termésnél...	102 „	108 „	42 „

Általában az újabb kutatások az előzőekben megadott határértékeket meglehetősen leszállították, úgyhogy — úgy lát-

\* Ha a hektárra vonatkoztatott adatokat 0·5754-gyel szorozzuk, megkapjuk a kat. holdra vonatkozó számokat.



szik — a mesterséges trágyázás nem minden olyan esetben lesz szükséges, amelyben a korábbi időkben azt feltétlenül elő kellett írni.

*Sigmond* eljárása szerint vett talajanalízisek értékelésénél természetesen a talajnak mindenkori mésztartalmát is tekintetbe kell venni, miután a talaj mésztartalma a foszfor- és kálisók oldhatóságát befolyásolja. *Sigmond* a talajok karbonáttartalmának a meghatározásánál az úgynevezett lugossági fokokat vezette be, amelyeknek a figyelembevételével a következő határértékek szerint kell kiértékelnünk az analitikai eredményeket.

Szerinte *foszfor*nál a határértékek a következők:

Csoport	Lugossági fok	Határértékek: oldható $P_2O_5$ mg/100 g közepes*	Határértékek: oldható $P_2O_5$ mg/100 g maximum
1.	15—22	5.5	6.0
2.	22—45	13.0	30.0
3.	45—70	27.6	45.0
4.	70—300	36.4	60.0
5.	300	49	72.0

Ha valamely talaj *Sigmond* módszerével határozva 75—80 mg/100 g  $P_2O_5$ -t tartalmaz, műtrágyázás a lugossági fokokra való tekintet nélkül szükségtelen. Kálinál a határértékek kb. 18 mg/100 g  $K_2O$ -nál vannak. Ez azonban növények szerint még változik.

Mindezek az elgondolások világosan mutatják, hogy még ugyancsak messze vagyunk attól, hogy ezen a téren egységes felfogás uralkodhassék. Mert nem szabad elfelejtenünk azt sem, hogy a már futólagosan említett egyéb eljárások analíziseinek kiértékelésénél más és más határértékek szerepelnek, úgyhogy rendkívül nehéz az egyes eljárásokat egymással is összehasonlítani. Az bizonyos, hogy gyakorlati szempontból nem nehéz a döntés, mert a mezőgazdaság gyakorlatában csak azok az eljárások állhatják meg a helyüket, amelyeknek eredményeit a gyakorlati növénytermesztés tényleges eredményei, a mezőgazdának a betakarított terméseredményei igazolják. Sajnos, ma már nyíltan rá kell mutatni arra, bármilyen lelkiismeretesen végezzük is a talaj analitikai műveleteit, ezeknek az eredményei sok esetben ellentétben állnak azzal, amit a gyakorlati mezőgazda a földjein produkál. Ezeknek az eredményeknek ellentmondásánál azt hitték, hogy a módszerben, vagy a módszer keresztülvitelében, vagy

\* Ezen értékek alatt trágyázás szükséges; a közepes és maximális értékek között a trágyázás hatása bizonytalan. A maximális értéken felüli  $P_2O_5$  tartalomnál a trágyázás hatástalan.



alaposságában van a hiba. A hibák és ellentmondások okát — véleményem szerint — nem itt kell keresnünk. Az ok és a lényeg az, hogy a talaj egy olyan élő szervezet, olyan organizmus, amely a maga lüktető életjelenségei közben összetételét állandóan változtatja és ezért viselkedését egy tetszés szerinti időben végzett, még oly lelkiismeretesen keresztülvitt egyoldalú, tisztán merev kémiai, fizikai értelemben végrehajtott talajanalizissel megítélni és megismerni nem lehet. A talajanalízisek eredményei csak akkor lehetnek a gyakorlati növénytermesztés szempontjából fiziológiai értelemben is használhatók, ha ezeknek a kiértékelésénél a talajélet jelenségeit is figyelembe vesszük. Néhány jellemző példával mindjárt megvilágítom a helyzetet.

A legelső a *nitrogénkérdés*. A később tárgyalandó vizsgálati eredmények, de az eddig bemutatott példák is igazolják, hogy a talaj salétromnitrogéntartalma milyen nagy változásoknak van alávetve. A mezőgazdasági talajok egész nitrogén-anyagszere kör-folyamata egy bonyolultnak látszó folyamat, amelyet azonban végeredményben a levegőből való nitrogénkötés, a talajban a korhadó szerves anyagok feldolgozásakor nyert nitrogén mennyisége, majd az erre következő nitrifikáció, a nitrifikáció ellentétes folyamata, a nitrogén-vegyületeket gázalaku N-né átváltoztató denitrifikáció és végül a talajba való bemosás szabályoznak. Tökéletesen lehetetlen tehát az, hogy egy tetszés szerinti időpontban végzett analízis, még akkor is, ha a leglelkiismeretesebben hajtjuk azt végre, számadást adjon nekünk arról, hogy rászorul-e talajunk nitrogén-trágyák kiegészítő adagolására, vagy nem. A nitrogéntényező ugyanis minden vonatkozásában kifejezetten biogén természettel bír, tehát ennek a mennyiségbeli megítélésénél először tisztába kell jönnünk a talajaink nitrifikáló képességével, az abban lefolyó denitrifikációval és tisztába kell jönnünk azzal is, hogy milyen mértékben vagyunk képesek egyrészt a hüvelyesek átmeneti termesztésével, másrészt a talajban található nitrogénkötő mikro-organizmusok munkájának a kihasználásával ezt gyarapítani. Erre a kérdésre a választ nem is adhatja meg más, mint a talajoknak lelkiismeretesen keresztülvitt, kémiai analízisekkel kombinált, biológiai feltárása. Bár a kutatások még véglegesen lezárva nincsenek és a részletekben még kétségkívül változások is lehetségesek lesznek, mégis ma már joggal rámutathatunk arra is, hogy valószínűleg a foszfor- és a kálisók mobilizálásánál is jelentékeny szerepet játszik a talaj biológiai cselekvőképessége. Előfordulhat tehát az az eset, hogy a biológiailag kevésbé aktív talaj, dacára annak, hogy kémiai analízise foszforral való jól ellátottságot mutat, mégis növénytermesztési szempontból nem ad megfelelő eredményt. Nem ad pedig azért, mert hiányzó cselekvőképessége következtében nem tud elegendő oldható foszforsót a növények gyökerei számára mozgósítani. Bizonyos mértékben úgy látszik, ez a helyzet a káliumvegyületeknél is.



Az újabb irodalomban különben azt a felfogást is hangsúlyozzák, hogy a túlságos műtrágyázás a talaj életét, főleg a baktériumoknak a működését nem egészen előnyösen befolyásolja. Idevonatkozólag az utóbbi időben többirányú kísérlet és vizsgálat történt, amelyeknek az eredménye még nem tekinthető át teljes mértékben. Ha azonban meggondoljuk azt, hogy a talajélet megfelelő szabályozásával a talaj oldhatatlan káli-, foszfor- és nitrogénsóit mobilizálni tudja, úgy nem látszik kizártnak az, hogy a most folyamatba tett kísérleteink eredményeképpen rá fogunk jönni arra, hogy ilyen módon a műtrágyára kiadott költségeinket bizonyos mérvben megkisebbsíthetjük. A gyakorlati eredmények nem állnak mindig összhangzásban azokkal az eredményekkel, amelyeket tisztán elméleti alapokon a műtrágyázás sikeréhez fűztek. Azt sem szabad elfelejtenünk, hogy a jó biológiai állapotban lévő talajok a mesterséges káli- és foszforműtrágyák oldhatósági viszonyaira szintén kedvezően hatnak és így ezeknek hatását jelentékenyen fokozhatják. Nagyon valószínű, hogy sok esetben, amikor a talajok műtrágyázása és az ennek folyománya-képpen megfigyelt terméseredmények között nem jelentkezik a várt mennyiségbeli összefüggés, annak okát a helytelen biológiai állapotban és az ezzel járó ki nem elégítő biológiai aktivitásban kell keresnünk. Ilyen esetekben nem indokolt tehát a kémiai analízisek által megadott tápanyagpótlás csődjéről beszélnünk. Csak arról van szó, hogy viszont ezeket alaposan kiértékelni csakis a talajok biológiai jelenségeinek figyelembevételével lehet. Nem szabad tehát a merev és egyoldalú kémiai és fizikai módszerektől olyan eredményeket várni, amelyek a talajnak, mint élő szervezetnek minden sajátosságát kielégítően megmagyarázzák. Ezek csak alapot szolgáltatnak arra, hogy talajaink életjelenségeit és anyagcsere-körfolyamatait megmagyarázhassuk.

## 6. A mezőgazdasági talajok anyagcsere-körfolyamatai.

Az előzőkben vázolt előtanulmányok után kapcsolódtunk bele *Manninger G. Adolf* fürgei kísérleteibe, amelyeknek céljai a talaj nyári okszerű és olcsó megművelésével a talaj nedvességtartalmának megőrzése és az alkalmazott előveteményeknek a talaj tápanyagtartalmának helyes konzerválásával való összefüggésbe hozása. Hangsúlyozni szeretném itt azt, hogy a mi növénytermesztési módszereink hosszú időn keresztül sok tekintetben hibásak voltak, mert ezeket a nyugati államok tapasztalataira építettük, közben azonban figyelmen kívül hagytuk azt, hogy nyugaton sokkal esősebb, hűvösebb, humidabb éghajlattal



van dolgunk, ahol a csapadékeloszlás jóval kedvezőbb, mint nálunk. Éppen ezért nem lehet ezeket a növénytermesztési és talajművelési módszereket minden további nélkül a mi különleges viszonyainkra átvinni. A leghelyesebb az, ha a jövőben a magunk útjain fogunk járni és megfelelő széleskörű kísérletek alapján azokat a módszereket fogjuk kiválasztani és elsajátítani, amelyek a mi különleges éghajlati viszonyainknak a legjobban megfelelnek.

Nagyon természetesen már eleve óvakodni kell attól, hogy a magyar mezőgazdaság szempontjából az egész ország területére érvényes, vagy minden viszonyok mellett alkalmazható egységes eljárás vagy módszer mellett kössük le magunkat. Éppen a külföldi hasonló kutatások sorsa mutatja azt egészen világosan, hogy az ilyen eljárások nem célravezetők, mert minden olyan törekvés, amely a talajélet szabályozására szolgáló módszereket határozott, merev keretek közé óhajtja szorítani, már eleve csődöt kell, hogy mondjon, ha meggondoljuk azokat a rendkívül változatos esélyeket, amelyeknek a talajélet különböző fejlődésében az időjárási viszonyokkal kapcsolatban alá van vetve.

Ismernünk kell a talajaink energetikai adottságát és mint a mérnöknek, aki egy-egy gépezet működését szabályozza és irányítja, ismernünk kell azt, hogy ezt az energetikai adottságot a különböző időjárási viszonyok mellett hogyan használhatjuk, hasznosíthatjuk és hogyan hozzuk olyan optimális állapotba, amely növénytermesztési szempontból a legjobb eredményt adja. Egészen bizonyos, hogy nálunk, ahol pl. a Dunántúl dombos vidéke és az Alföld időjárási viszonyai között annyira feltűnő ellentétek vannak, ezekre talajművelési eljárásainknál mindig tekintettel kell lennünk. A lényeg azonban mindig egy marad. Minden beavatkozásunkat, minden talajművelési vagy növénytermesztési eljárásunkat úgy kell megválasztanunk, hogy a természet bőkezűsége által adott adottságot: a talajainknak energetikai készletét a legjobb eredménnyel használhassuk ki. Vigyáznunk kell tehát arra, hogy a talajt, mint élő organizmust a maga életműködései közepette helytelenül alkalmazott talajművelési eljárásokkal biológiai egyensúlyában érezhetően meg ne bolygassuk és törekedjünk arra, hogy gazdasági eljárásainkkal a talajban lefolyó anyagsere-körfolyamatoknak a kifejlődését ne hátráltassuk, vagy károsítsuk, hanem ellenkezőleg, minden erőnkel előmozdítsuk. Hogy azonban ezt megtehesük, nagyon természetesen ismernünk kell a növénytermesztésben érvényesülő összes talajadottságainkat és a talajainkban lefolyó életjelenségek egész teljességét. Láttuk már a parlagon hagyott terület tárgyalásánál, hogy milyen lüktető, eleven élet játszódik le a talajban. Első pillanatban szinte érthetetlenül bonyolultnak látszik a kép. De a tényezők összjátékának helyes és logikus vizsgálata mégis azt mutatta, hogy a valóságban a tényezőknek az összjátéka között teljes összhang és harmónia van, amely megint az időjárási viszo-



nyainkkal, főleg a talaj hőmérsékletével és víztartalmával van összefüggésben.

Az 1. ábra, kísérleti adatok alapján, kiválóan mutatja, hogy ha a talajnak nincsen meg a kellő víztartalma, abban az esetben a talaj anyagcsere-körfolyamatai optimálisan kifejlődni nem tudnak. Éppen ezért a talaj helyes vízgazdálkodásának a szabályozása a mi magyar különleges viszonyaink mellett majdnem minden egyéb feladatot háttérbe szorító jelentőséggel bír.

*Manninger G. Adolf* kezdeményezésére *herceg Montenuovo Nándor fürge di uradalmában* folytatjuk még ma is az idevonatkozó kutatásainkat, amelyeknek folyamán vizsgálatainkat az ott nyert eredmények más viszonyok mellett való alkalmazása, illetve ennek beigazolása végett több hazai és külföldi kísérleti területre kiterjesztettük. Nagyon természetes, minthogy a klímabehatások befolyására különös súlyt és gondot kell fordítanunk, itt több évi megfigyelésekre van szükségünk. Idáig közel három év eredményei állnak előttünk. Hangsúlyozni szeretném azonban, hogy ezek a problémák végleges megítéléséhez még nem teljesen elegendők. Több évi rendszeres megfigyelésekre van szükségünk ahhoz, hogy végleges képet alkothassunk. Ne felejtjük el, hogy pl. Angliában Rothamsteadban, a *Russel* vezetése mellett működő kísérletügyi intézményben már majdnem 85 éves vizsgálati adatok is állnak rendelkezésre. Ezen a téren tehát ezzel mindenesetre számolnunk kell és alapos, körültekintő munkát kell végeznünk. Semmi sem ártott annyira a biológiai tudományok elméleti és gyakorlati alkalmazásánál, mint az a körülmény, hogy nagyon gyakran elhamarkodott, rövid vizsgálati idő tekintetbevétele alapján vezettek le eredményeket és általánosították azokat, mielőtt a vizsgálatok minden vonatkozásával tisztában lettek volna. Ezt el akarjuk kerülni.

A fürge di kísérletek végrehajtásánál természetesen *Manninger G. Adolf* eredeti elgondolásai alapján a talajművelési eljárások helyes, a körülményekhez szabott megállapítása rendkívül fontos szerepet játszik. *Manninger* már 1927-ben arra az elgondolásra jutott, hogy a talajnak különösen nyáron, vagy kora ősszel, az akkor rendszerint uralkodó száraz időjárás mellett való erősebb megbolygatása minden valószínűség szerint a talaj életére és annak anyagcsere-körfolyamataira is káros hatással fog járni. Éppen ezért a fürge di uradalomban most már tíz év óta a területek jelentékeny részénél az őszi alá mellőzik a szántást és az uradalom nyáron traktortárcsát és kultivátort használ a földek megművelésére. Ezek az eszközök természetesen nem hatolnak a talaj mélyébe, de arra mindenesetre elegendők, hogy a talaj legfelső rétegében a víz elpárologtatását olyan nagy mértékben elősegítő kapilláris járatokat tönkretegyék, a talajt porhanyó állapotban tartsák és a gyomnövényeket kiírtsák.

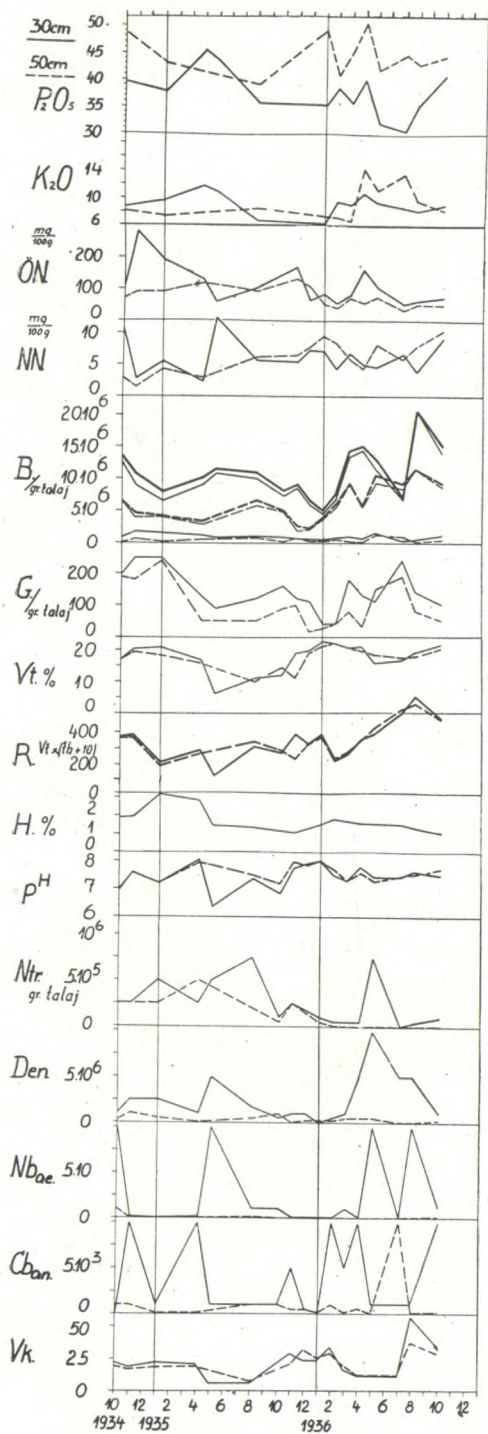


Ezekkel az eszközökkel a kísérleti területeket évenként háromszor, vagy legfeljebb ötször járják, mégpedig aszerint, hogy az időjárási viszonyoknak megfelelően milyen mértékben vagy mennyiségben alakultak ki, vagy lepik el a kísérleti területeket gyomnövények. Ezek a kísérletek arra a rendkívül érdekes eredményre vezettek, hogy dacára annak, hogy a szántás egyáltalában nem talált alkalmazást, 6 év átlagában a termés őszi kalászosokban kát. holdankint kereken 15-6 q, illetőleg hektáronként 27-1 q-t tett ki. Ezek az eredmények tehát világosan igazolják, hogy legalább is az olyan talajféleségeken — az ott általában uralkodó időjárási viszonyok mellett — amelyek a mi magyar mezőgazdaságunk számára sok tekintetben irányadók, a talaj mély megmunkálása nélkül, a traktortárcsával vagy kultivátorral való sekélyes műveléssel is, elsőrangú és optimális eredményeket lehetett elérni.

A magunk részéről 1934 október havában néhány erre a célra kijelölt kísérleti parcellán kezdtük meg a kutatásainkat. Ezek a vizsgálatok, amint a később tárgyalandó eredmények mutatják, dacára a munkálatok terjedelmessége következtében ugyancsak nehezzé vált vizsgálati eljárásoknak, úgyszólván minden olyan tényező megfigyelésére kiterjeszkedtek, amelyeknek növénytermesztési szempontból jelentősége lehetett. A kutatások folyama alatt nemcsak a talaj életét és annak tényezőit vizsgáltuk, hanem szorgos kutatás tárgyává tettük a nitrogénnek, a foszfornek és a káliumnak a körfolyamatát is. A vizsgálatok keresztülvitelének ismertetésénél nem szeretném azonban azt a hitet és benyomást kelteni, mintha a talajéletnek gyakorlati értelemben vett kutatásánál a jövőben mindezeket a komplikált vizsgálatokat részletesen hosszabb időn keresztül végre kellene hajtánunk. Meg vagyok győződve ugyanis arról, hogy a kutatások tervszerű végrehajtása során bizonyos idő múlva sikerülni fog azokat a tényezőket kiemelni, amelyek bizonyos időben való lelkiismeretes megvizsgálása a talajok biológiai megítélése szempontjából elegendők lesznek. Hogy ezek melyek lesznek és milyen időpontban lesznek megvizsgálandók, arra ma még felvilágosítást nem tudunk adni. A most tárgyalandó eredményeknél a fősúlyt még arra kell helyezni, hogy először a talajélet működésének egész szerkezetével tisztába jöjjünk és ehhez mérjük majd azután a továbbiakat.

Mindenekelőtt két kísérleti terület nagy vonásokban való ismertetésével szeretnék foglalkozni. Ezek közül az egyik, amelyet *1. számmal* jelöltünk, borsóelővetemény után 1934 őszi búzával lett bevetve, azután a búza aratása után a szokásos traktortárcsás művelés elvégzésével a következő évben megint borsóelőveteményt kapott. A terület tehát 1936 tavaszától kezdve borsóval volt bevetve. (Lásd 8. ábra és I. táblázat.) A második terület, amelyet *2. számmal* jelöltünk, előveteményül tengerit kapott ugyanolyan





8. ábra.

Borsó — búza — borsó forgó.  
(1934 — 1935 — 1936).

Füged, B/12. tábla.

ÖN = összes nitrogéntartalom.

NN = nitrát-nitrogéntartalom.

B = baktériumszám, összes aerob és anaerob.

G = gombaszám.

Vt = víztartalom %.

R = víztartalom  $\times$  (talajhőmérséklet + 10).

H = humusztartalom %.

Ntr = nitrifikáló baktériumok,

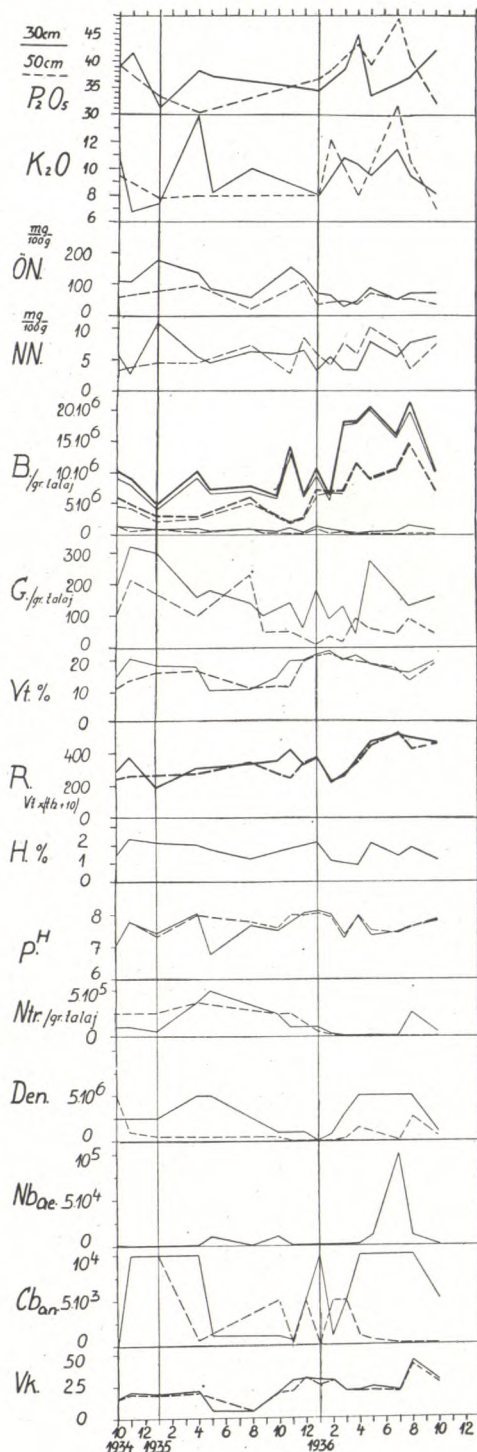
Den = denitrifikáló baktériumok.

Nb ae = aerob nitrogénkötő baktériumok.

Cban = anaerob cellulóz-bontó mikroorganizmusok.

Vk = elektromos vezető képesség,  $\times 10^{-5}$





9. ábra.

Tengeri — búza — tengeri  
forgó (1934 — 1935 — 1936)  
analízis adatai 30 és 50 cm-es  
szintben.

Füreged, B/12-es tábla.

ÖN = összes nitrogéntar-  
talom.

NN = nitrát-nitrogén-  
tartalom.

B = baktériumszám,  
aerob, anaerob és  
összes

G = gombaszám

Vt = víztartalom %.

R = víztartalom  $\times$  (talaj-  
hőmérséklet + 10).

H = humusztartalom %.

Ntr = nitrifikáló bakté-  
riumok.

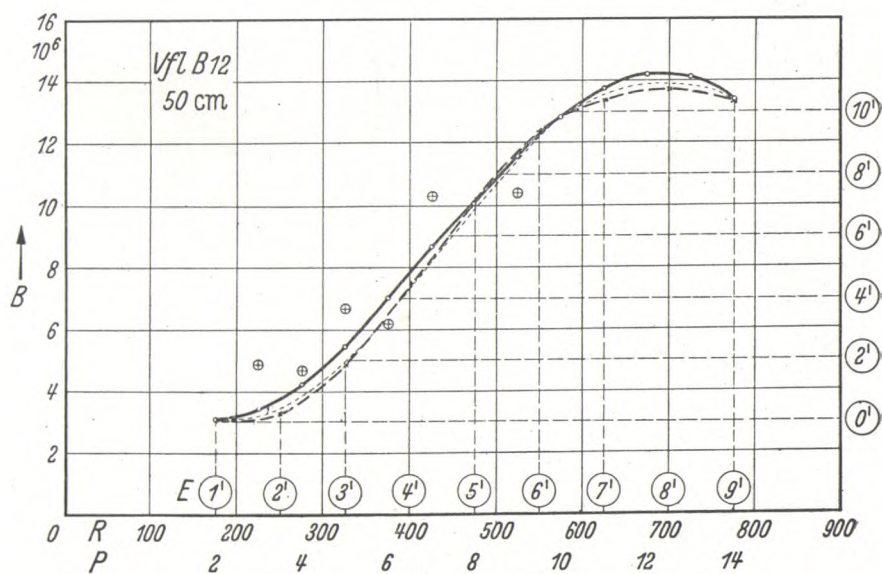
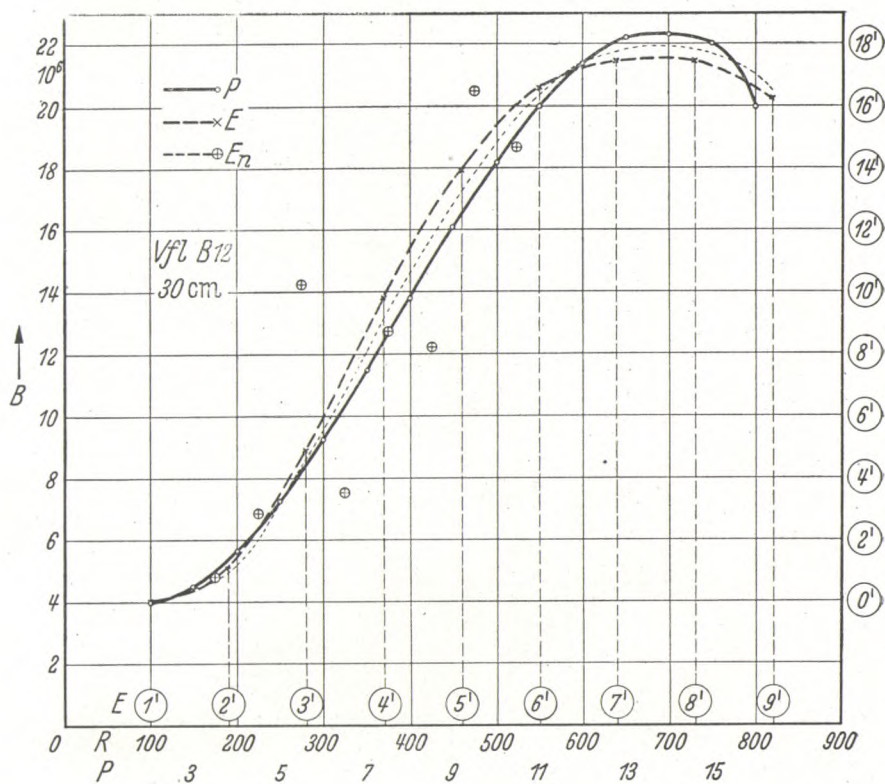
Den = denitrifikáló bakté-  
riumok.

Nb ae = aerob nitrogénkötő  
baktériumok.

Cban = cellulózbontó mikro-  
organizmusok.

Vk = elektromos vezetőképesség,  $\times 10^{-5}$





10. ábra.

Magyarázat a 64—65-ik oldalon.



Magyarázat a 10 ik ábrához :

A baktériumszám (B) és az R értékek [talajnedvesség  $\times$  (talajhőmérséklet + 10)] közötti összefüggés a fürgei B/12-es tábla 2. sz. parcelláján 30 cm-es és 50 cm-es szintben.

P = parabola ; E = exponenciális egyenlettel számított görbék ; En = befektetett kiegyenlítő görbe a mért pontok alapján.

A számított görbék képletei a következők :

Parabolaegyenlet 30 cm-es szintben :

$$y = -2'189 x^3 + 50'74 x^2 - 159'497 x + 530'936$$

y 10.000-el szorzandó.

## I. TÁB-

### B1. sz. kísérleti terület (borsó-búza-

Időpont	Mélység cm	Baktériumszám			Gomba	Nitri- fikáló	Denit- rifikáló
		aerob	anaerob	összes			
							baktériumok
1934 X.	30	12,700.000	900.000	13,600.000	198.000	250.000	1,000.000
	50	6,400.000	100.000	6,500.000	190.000	250.000	250.000
1934 XI.	30	9,000.000	1,800.000	10,800.000	250.000	250.000	2 500.000
	50	3,900.000	650.000	4,550.000	180.000	250.000	1,000.000
1935 I.	30	6,600.000	1,400.000	8,000.000	250.000	500.000	2,500.000
	50	4,000.000	160.000	4,160.000	240.000	250.000	500.000
1935 IV.	30	9,000.000	1,200.000	10,200.000	126.000	250.000	1,000.000
	50	2,800.000	500.000	3,300.000	50.000	500.000	100.000
1935 V.	30	10,800.000	800.000	11,600.000	90.000	500.000	5,000.000
1935 VIII.	30	10,000.000	1,000.000	11,000.000	120.000	750.000	1,750.000
	50	5,800.000	700.000	6,500.000	51.000	—	500.000
1935 X. 22.	30	7,300.000	900.000	8,200.000	160.000	250.000	5,000.000
	50	4,800.000	100.000	4,900.000	90.000	50.000	1,000.000
1935 XI. 28.	30	8,500.000	600.000	9,100.000	120.000	250.000	1,000.000
	50	1,800.000	700.000	2,500.000	100.000	—	50.000
1935 XII. 24.	30	5,900.000	600.000	6,500.000	100.000	—	1,000.000
	50	2,000.000	200.000	2,200.000	17.000	—	250.000
1936 I. 24.	30	4,500.000	500.000	5,000.000	40.000	100.000	100.000
	50	3,700.000	200.000	3,900.000	27.000	50.000	250.000
1936 II. 28.	30	6,800.000	800.000	7,600.000	40.000	50.000	500.000
	50	5,400.000	500.000	5,900.000	40.000	10.000	250.000
1936 III. 26.	30	13,600.000	900.000	14,500.000	180.000	—	1,000.000
	50	9,200.000	100.000	9,300.000	80.000	—	500.000
1936 IV. 4.	30	14,600.000	600.000	15,200.000	130.000	5,000	5,000.000
	50	5,400.000	50.000	5,450.000	30.000	50	500.000
1936 V. 26.	30	11,500.000	1,600.000	13,100.000	110.000	75.000	10,000.000
	50	9,500.000	1,100.000	10,600.000	150.000	50	500.000
1936 VII. 10.	30	6,900.000	300.000	7,200.000	220.000	—	5,000.000
	50	8,400.000	800.000	9,200.000	190.000	500	1,000.000
1936 VIII. 26.	30	20,800.000	400.000	21,200.000	140.000	5,000	5,000.000
	50	11,600.000	50.000	11,650.000	80.000	50	10.000
1936 X. 22.	30	14,000.000	1,200.000	15,200.000	100.000	1,000	1,000.000
	50	8,700.000	600.000	9,300.000	50.000	100	250.000

\*) A  $P_2O_5$  és  $K_2O$  meghatározását úgy itt, mint a parlag vizsgálatánál Várallyai György vegyészmérnök végezte.



50 cm-es szintben:  
 $y = -1'89642 x^3 + 40'36 x^2 - 126'78 x + 408'31$   
 $y$  10.000-el szorzandó.  
 Exponenciális egyenlet:

$$\frac{100}{y} = \frac{1}{2} \left[ m \cdot a_1 x + \frac{m}{2} (a_2 x + a_3 - x) \right]$$

$y$  1.000.000-val szorzandó;  
 ahol a 30 cm-es szintben

$$a_1 = 2'5 \quad a_2 = 10 \quad m = 1'8$$

az 50 cm-es szintben

$$a_1 = 3 \quad a_2 = 10 \quad m = 2'6$$

## LÁZAT.

borsó-forgó) vizsgálati adatai. \*)

N-kötő baktériumok		Cellulózombontó baktériumok és gombák	Víztar- talom %	pH	Elektro- mos vezető- képesség x10 <sup>-5</sup>	Humusz- tartalom %	R	Összes	Nitrát	Lugossági fok	Végaciditás	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
aerob	anaerob							nitrogén					
								mg/100 g					
100.000	100	100	17.0	6.93	23.08	1.91	364	112.00	10.08	312	13.6	39.6	8.84
10.000	—	1.000	16.8	7.04	17.66	0.33	366	72.80	2.94	580	12.4	48.70	8.24
1.000	100	10.000	20.2	7.60	18.88	1.94	377	280.00	2.73	—	—	—	—
—	—	1.000	19.2	7.57	16.44	0.54	370	89.60	1.47	—	—	—	—
100	—	1.000	20.6	7.22	23.76	3.22	210	189.40	4.20	230	13.0	37.88	9.52
10	—	100	18.0	7.22	18.03	0.81	194	89.60	5.08	572	11.0	43.16	7.48
1.000	100	10.000	16.6	8.66	20.13	2.78	285	130.80	2.31	574	14.4	46.33	11.56
1.000	100	100	15.6	7.96	17.65	0.42	267	117.60	2.73	—	—	—	—
100.000	—	1.000	6.0	6.34	5.20	1.44	131	58.80	12.39	214	15.0	43.29	10.88
10.000	—	1.000	10.0	7.37	5.23	1.36	316	103.60	5.67	236	8.2	35.90	6.8
1.000	—	1.000	11.0	7.50	5.47	0.42	341	92.40	6.09	546	10.0	39.33	8.48
10.000	—	1.000	11.9	6.84	—	—	277	—	—	—	—	—	—
100	—	1.000	12.2	7.22	—	—	288	—	—	—	—	—	—
100	—	5.000	18.8	7.76	29.07	1.10	393	168.00	5.04	—	—	—	—
10	1.000	500	11.1	8.02	21.35	0.72	236	134.00	6.51	—	—	—	—
100	10.000	500	19.6	7.94	23.77	—	325	67.2	7.35	—	—	—	—
100	100	500	18.8	7.91	33.50	—	325	109.2	7.77	—	—	—	—
100	100	100	22.6	8.06	23.36	1.56	382	86.8	7.14	310	9.8	35.24	6.36
10	1.000	100	21.1	8.09	25.11	2.72	370	56.0	9.66	502	14.6	48.97	7.48
1.000	100	10.000	21.9	7.52	30.76	1.83	223	56.0	4.41	348	10.2	38.28	9.52
100	100	1.000	21.9	7.73	29.07	0.93	234	42.0	8.40	516	12.2	40.65	7.36
10.000	10.000	5.000	20.5	7.29	23.16	3.2	269	81.2	6.93	348	13.0	35.64	9.36
100	10.000	100	20.4	7.29	23.90	0.68	275	72.8	5.88	504	9.0	45.01	6.80
1.000	1.000	10.000	21.2	7.79	22.35	—	359	162.4	6.09	268	12.8	39.86	10.88
100	10.000	500	19.7	7.59	22.49	—	347	56.0	4.41	540	11.2	50.29	14.96
100.000	5.000	1.000	15.6	7.45	—	2.72	389	106.00	4.83	260	15.0	32.08	9.52
1.000	—	—	18.3	7.28	—	—	431	75.6	8.19	536	15.0	41.71	11.28
10.000	1.000	1.000	16.5	7.45	22.25	1.49	521	53.2	6.72	308	5.6	30.88	8.72
1.000	10.000	10.000	17.4	7.48	22.35	—	540	33.6	5.88	492	12.4	44.61	12.80
100.000	1.000	1.000	19.0	7.53	31.43	1.38	612	61.6	3.99	302	12.6	33.50	8.16
1.000	1.000	100	18.0	7.59	37.33	1.51	565	50.4	7.98	562	10.8	42.77	9.52
10.100	100.000	100.000	20.8	7.50	34.44	—	—	72.80	9.24	272	15.0	40.92	8.94
1.000	1.000	100	20.2	7.73	28.20	—	—	50.4	10.50	562	11.0	44.35	8.16



forgó mellett, mint azt most a borsónál láttuk. (Lásd 9. ábra.) Az 1. számú terület tehát borsó-búza-borsó, a 2. számú tengeri-búza-tengeri forgó. Az elővetemények, mind talajbiológiai, mind növénytermesztési szempontból bizonyos fokig szélsőséges eseteket képviselnek. Közismert dolog ugyanis, hogy a tengeri a talaj tápanyagszükségletével és vízkészletével szemben nagyobb igényeket támaszt, mint a borsó, amely tudvalevőleg, mint hüvelyes növény nitrogénszükségletét jórészt a levegőből fedezi és e képessége következtében a talajt nitrogénben jelentősen gazdagítja. Ezzel ellentétben a tengeri, természetesen nagyobb szárképzése következtében, sokkal több tápanyagot von el a talajtól, de amellett erősebb vízpárolgató képessége és hosszú tenyészideje következtében a talaj vízgazdálkodását is kedvezőtlenül befolyásolja. Miután pedig a talaj vízgazdálkodása mint látjuk, közvetve a talaj életjelenségeit is döntően befolyásolja, úgy a tengeri, mint elővetemény talajbiológiai szempontból is a talajjal szemben fokozottabb igényeket támasztó növénynek tekintendő. Ha akár az 1., akár a 2. számú terület már közel három évre terjedő vizsgálati eredményeit vesszük összehasonlító megvizsgálás alá, rögtön látni fogjuk, hogy a baktériumok mennyisége, azután a talaj vízgazdálkodása és hőmérséklete, illetőleg két korrelatív tényezőnek kölcsönös viszonyát kifejező „R” (víztartalom  $\times$  talajhőmérséklet) tényező változása között határozott összefüggés mutatható ki. A 8. és 9. ábra most már egészen világosan mutatja, hogy ez az összefüggés a már említett törvényszerűségnek tökéletesen megfelel. A 10. ábrában közölt grafikon igazolja be azt, hogy általános elméleti szempontból a talaj vízgazdálkodását és hőenergia gazdálkodását kifejező „R” tényező és a baktériumszám kifejlődése között olyan összefüggés mutatható ki, amely matematikailag is kifejezhető és amely világosan beigazolja, hogy a talaj víztartalmának és hőmérsékletének a szorzata és az ezekkel összefüggésben lévő baktérium — illetőleg mikroorganizmus — számok között határozott összefüggés van. Nagyon természetes volt az a törekvésünk, hogy ezt a számbeli összefüggést határozott matematikai formában foglaljuk össze. Hangsúlyozni szeretném azonban azt, hogy a magam részéről egyelőre nem óhajtok a kelleténél nagyobb fontosságot tulajdonítani annak a ténynek, hogy az induktív kísérletek útján nyert eredményeket mennyiségbeli képletbe foglaltuk össze. Az eredmények matematikai összefoglalását főleg azoknak rendszerbe való foglalása szempontjából tartom szükségesnek. A matematikai szabatos kifejezés módok ugyanis lehetővé teszik, hogy az induktív úton nyert eddigi kísérletek eredményei határozottabb összefüggés keretei közé kerüljenek. Attól természetesen még messze vagyunk, hogy olyan pontos és szabatos matematikai kifejezésre tegyünk szert, amelynek birtokában talajaink életének összes megnyilvánulásait szabatosan és mennyi-



ségbelileg kifejezhezzük. Az eddigi eredmények azonban mindenestre feljogosítanak már bennünket arra, hogy ezen a téren is határozottabb összefüggéseket állapíthassunk meg. A helyes természettudományi kutatásoknak — különösen a biológia terén — elsősorban az induktív módszerek szabatos keresztülvitelére kell szorítkozniuk. Ha azután az így nyert eredmények mindig ismétlődő határozott összefüggéseket mutatnak, térhetünk rá a matematika által kijelölt módszerek alkalmazására. A mellékelt ábrákból világosan kivehető, hogy az „R” értékek változásai és a velük összefüggő mikroorganizmus-mennyiségek változásai között minden esetben hasonló görbével kifejezhető összefüggések vannak. Ez a görbe egy harmadfokú parabolával, illetőleg exponenciális egyenlettel fejezhető ki. Ezeknek az egyenleteknek az állandói azok az értékek, amelyek azután a görbének és így az egész jelenség biológiai menetének a kvantitatív lefolyását szabályozzák.

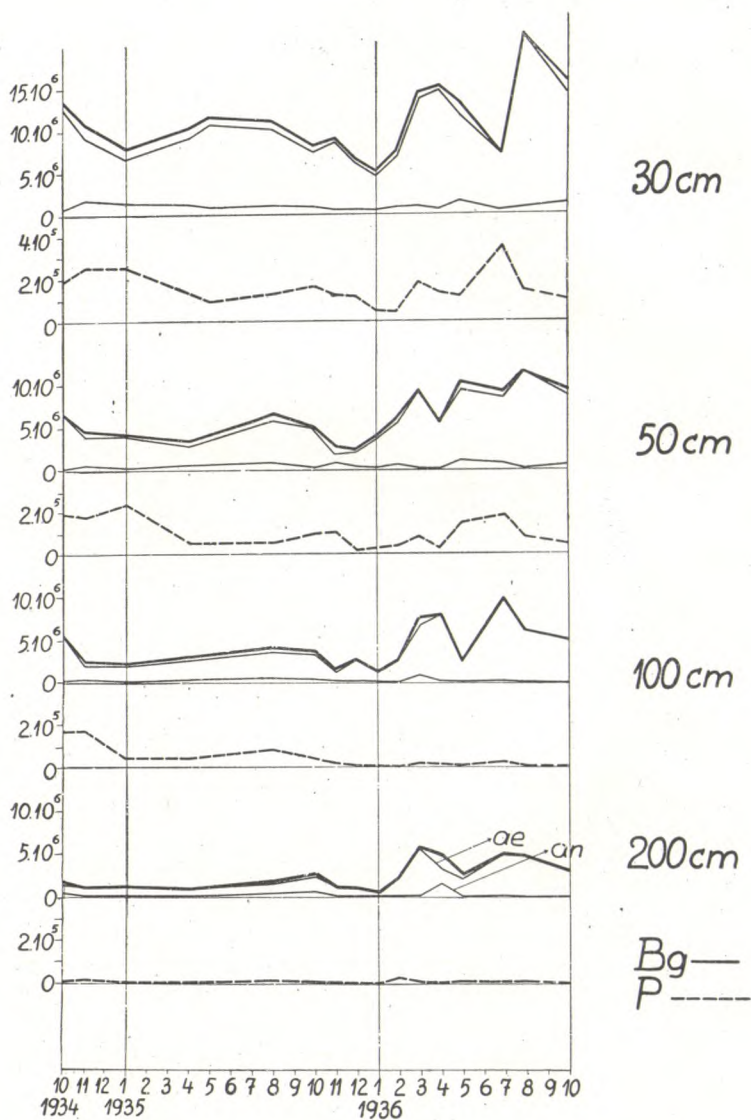
Mindezek a most tárgyalt összefüggések és a velük kapcsolatos megfontolások ma még főleg csak azt mutatják, hogy a talajélet mennyiségi kifejlődése és az ezt befolyásoló időjárási tényezők között bizonyos számszerű összefüggés van. Ez a számszerű összefüggés a további munkásságunk számára a követendő utat kijelöli. Meg vagyok győződve róla, hogy a vizsgálat folytatása ezen a téren az eddiginél is határozottabb törvényszerűségek felmutatására fog vezetni. Ezeknek az előrebocsátása után természetesen egyáltalában nem meglepő, ha ezzel kapcsolatban is újlag és ismételten a vízgazdálkodásnak a talajélet minden megnyilvánulását döntően befolyásoló szerepét hangsúlyozom.

A 11. ábra a fürge di 1. számú kísérleti terület baktérium- és gombaszámának mélység szerinti eloszlását mutatja időszakok szerint. Az eredmények igazolják, hogy a legélénkebb baktérium-tevékenység a legfelső szintben megy végbe. Az alsó szintekben hirtelen esés áll be, azonban még két méter mélységben is kimutatható volt baktériumélet. Természetesen az időszakonkénti változások ezekben az alsó szintekben meglehetősen kiegyenlítődnek.

A következőkben a mezőgazdasági talajok nitrogéngazdálkodásáról szeretnék a kérdés növénytermelési vonatkozásainak a figyelembevételével szólni.

A gazdát természetesen elsősorban a talajában kimutatható salétromnitrogénnek a mennyiségbeli változása érdekli. Hiszen a nitrogént főleg salétromnitrogén alakjában veszik fel a mezőgazdasági növények és ennek mennyisége a mezőgazdasági növénytermelés menetét erősen befolyásolja, viszont azt mindjárt





11. ábra. A baktérium (Bg) és a gombaszám (P) változása a borsó-búza-borsó forgó területen, 30, 50, 100 és 200 cm mélységben.



meg kell jegyeznem, hogy mint már az előzőkben is láttuk, alig van mezőgazdasági talajaink közt olyan szervesetlen tényező, amely kifejlődésében és változásaiban annyi tényezőtől függne és mennyiségbeli változásaiban annyira érzékeny lenne, mint éppen a salétromnitrogén. Ezért már most rá kell mutatnom arra, hogy a salétromnitrogén szerepét, jelentőségét és változásait a szántóföldi talajainkban csak akkor fogjuk tudni teljesen megérteni, ha tekintetbe vesszük a talaj egész nitrogéngazdálkodásának a képét és a talaj összes nitrogéntartalmának a mennyiségbeli kialakulását is. A talaj összes nitrogéntartalma ugyanis tulajdonképpen a mezőgazdasági talajaink N-tőkéjét képviseli, amelyből azután a nitrifikáló baktériumok szükséghez képest évről-évre a megfelelő salétromnitrogén-mennyiségeket alakítják ki. Ezért a salétromnitrogén mennyiségbeli változásainak tárgyalása előtt különös súllyal szeretnék a mezőgazdasági talajok általános nitrogéngazdálkodásával is foglalkozni.

A talaj nitrogéntartalma mindig a talajban lefolyó korhadási és bomlási folyamatok eredménye és függvénye. Amint már a parlag tárgyalásánál láttuk, a talajra jutó növénymaradványok és a talajban lévő korhadásnak induló növénygyökerek szerves anyaga az, amely a bomlási folyamatok lassú menete alatt mindig inkább egyszerűbb és egyszerűbb felépítésű nitrogéntartalmú vegyületekké alakul át és a talaj úgynevezett összes nitrogénmennyiségét adja. Azt azután, amint az előzőkből már tudjuk, a baktériumok végeredményben ammóniává, majd a nitrifikáló baktériumok nitrátokká vagy az úgynevezett salétromnitrogénné alakítják. A talaj összes nitrogéntartalmát tehát joggal tekinthetjük annak az alapnak, amelyre a talaj egész nitrogéngazdálkodása, mind növénytermesztési, mind talajbiológiai értelemben fel van építve. Tudjuk azonban másrészt azt is, hogy a nitrogénkötő baktériumok munkássága talajainkat a levegőből felvett nitrogénnel is gazdagítja. Ennek a folyamatnak a lényege abban áll, hogy a levegő szabad nitrogénjét megkötő baktériumok a talajban fokozatosan elhalnak és a korhadásnak áldozatul esett baktériumtestek bomlási folyamata végeredményben azután megint csak a talaj összes nitrogéntartalmát gyarapítja. Ugyanez áll a hüvelyések gyökerein élő *Bacillus radicicola* nitrogénkötő működésére is. Ahhoz, hogy az ilyen mikroorganizmusok által megkötött nitrogénmennyiségek a magasabbrendű növények gyökerei által felvehetők legyenek, szintén szükséges az, hogy a gazonnövények gyökerei elkorhadjanak és ezeknek a nitrogéntartalmú szerves vegyületei a nitrifikáció útján nitrátokká alakuljanak át.

A vizsgálatok már a parlagon hagyott területeknél is azt mutatják, hogy a talajok összes nitrogéntartalma szabályszerű változásoknak van alávetve. Ez a változás, illetőleg ezek a változások természetesen elsősorban annak a jelenségnek az ered-



ményei, hogy a növényzet minden évben a talaj nitrogéntartalmának egy részét felveszi. A bemutatott példák világosan igazolták és világosan bebizonyították, hogy az összes nitrogénmennyiségnek a minimumát rendszerint a nyári hónapokban, tehát a növényeink által való felhasználás legintenzívebb periódusában mutattuk ki. Most egyelőre nem szólok arról, hogy vajjon a kísérleteinknél és a vizsgálatainknál kimutatott változások mennyiségbeli nagysága miért és hogyan haladja meg ezt a nitrogénmennyiséget, melyet a növényeink a tenyészeti idejük alatt a talajból legjobb esetben is elvonnak. Hogy ennek mi az oka és általában milyen eme jelenségeknek tüzetes közelebbi lefolyása és magyarázata, arra vonatkozólag még nagyon sok vizsgálatra és kutatásra lesz szükség, mielőtt a részletekben tisztán látnánk. A vizsgálati eredmények azonban kitűnően mutatják az egész jelenségkomplexum időszaki lefolyását. Látjuk azután azt is, hogy ősszel, amikor a talajban lévő szerves anyag mennyisége főleg a növénymaradványok korhadása folytán emelkedni kezd, az összes nitrogéntartalom emelkedik. Kétségtávol, ezen a téren a nitrogénkötő baktériumok munkásságának is jelentékeny szerep jut, miután a vizsgálati adatok azt mutatják, hogy rendszerint vagy a nitrogénkötő baktériumok maximális kifejlődésével egy időben, vagy közvetlenül azt követőleg a talaj összes nitrogéntartalma is emelkedik.

Különösen érdekes, ha most az összes nitrogéntartalom változásainak a szántóföld különböző szintjeiben való lefolyását vesszük szemügyre. Vizsgálatainknál azt fogjuk tapasztalni, hogy az összes nitrogéntartalom az alacsonyabb szintekben rendszerint csökken, ami természetes is, mert hiszen a nitrogénkötés munkája ezekben a szintekben már egészen jelentéktelenné válik, azonfelül a szerves anyagok korhadásakor keletkező félig lebontott és nehezen oldódó nitrogénvegyületek sem juthatnak le a mélyebben fekvő szintekbe.

A salétromnitrogén változásainak a menete azt mutatja, hogy ez bizonyos kivételektől eltekintve, általában az összes nitrogéntartalom változásaival párhuzamosan halad. Igen érdekes, hogy a salétromnitrogén a későbbi őszi hónapokban is nagyon gyakran viszonylag magas értékeket mutat, ami azzal a körülménnyel van összefüggésben, hogy a mi éghajlatunk mellett a kedvező talajnedvesség és hőmérsékleti viszonyok következtében a nitrifikáló baktériumok munkája ezekben az időszakokban sem szünetel teljesen. Egyébként, ha most már a salétromnitrogén változásaival foglalkozunk, az előzők alapján először is azzal kell tisztába jönnünk, hogy ennek a változását egy sereg különböző tényező idézi elő. Ezeket a tényezőket a talaj energiagazdálkodása szempontjából két csoportba oszthatjuk. Az első csoportba



tartoznak azok, amelyek a talaj salétromnitrogén tartalmát emelik. Ez a nitrifikáció. A második csoportba soroljuk azokat, amelyek viszont a talaj salétromnitrogéntartalmát csökkentik. Ezek elsősorban a termesztett növények által való felhasználás, a talaj mélyebb szintjeibe való bemosás és végül a denitrifikáció és nitrátredukció. A denitrifikáció, amint az előzőkből tudjuk, főleg akkor fog beállni, ha a talajainkban a légjárhatóság elégtelensége következtében nincs elegendő oxigén, vagyis ha talajaink biológiai állapota nincs megfelelő optimális helyzetben. Különben a továbbiakból azt is tudjuk, hogy a nitrátképződést biológiai szempontból bizonyos fokig a nitrifikáló és denitrifikáló baktériumok kölcsönös viszonya szabályozza. Ezeknek a kifejlődése viszont ellentétes folyamat, amennyiben legtöbbször a denitrifikáló baktériumok maximumával a nitrifikáló baktériumok minimuma, vagy fordítva esik össze.

Ezeknek a figyelembevételével megérthetjük most már, hogy a főtenyészteti időszak alatt, tehát tavasszal és nyáron a salétromnitrogén mennyisége az elhasználás következtében megkisebbedik, viszont a tenyészteti időszak előtt és után, tehát kora tavasszal és késő ősszel, emelkedik. Az emelkedés bizonyos fokig korlátozva van azért, hogy éppen ebben a két tenyészteti időszakban, amikor a csapadékvizonyok a legkedvezőbbek, elég jelentékeny bemosást fogunk találni, amely viszont a salétromnitrogén mennyiségbeli kifejlődésének az optimumát károsan fogja befolyásolni.

Rendkívül érdekes és tanulságos most már, ha a salétromnitrogénnek a különböző talajszintekben való vándorlásával foglalkozunk. A bemosás az alsó szintekben csapadékban dúsabb időszakban fog bekövetkezni, és pedig olyan mélységig, ameddig a talaj beázik. A 8. és 9. ábrák kitűnően mutatják a talaj salétromnitrogénjének úgyszólván folyton mozgásban lévő mennyiségbeli változásait.

Ha a most mondottakat mind egybevetjük, akkor a talaj nitrogéngazdálkodására vonatkozólag kétségkívül arra az eredményre fogunk jutni, hogy a salétromnitrogén egyike azoknak a tényezőknek, amelyet a talajélet különböző megnyilvánulásai a legintenzívebben és a legérezhetőbben befolyásolnak. Ennek a tényezőnek az elbírálásánál elsősorban tehát a talaj összes nitrogéntartalmával kell, mint azzal a tartalékalappal tisztába jönnünk, amellyel a talajaink rendelkeznek. Mert ha az alap megvan, akkor már a talajaink célszerű megművelésével a nitrifikáció menetét helyesen és jól szabályozhatjuk. Elsősorban a talajaink légjárhatóságáról kell gondoskodnunk. Ennek a szabályozásánál viszont arra kell ügyelnünk, hogy különösen nyáron, a mi száraz



## II. TÁB-

A kísérleti terület	Baktériumszám		
leírása	aerob	anaerob	összes
Füged B12. búza, előveteménye borsó, tárcsázva .....	12,700.000	900.000	13,600.000
Füged B12. búza, előveteménye borsó, szántva .....	8,000.000	1,000.000	9,000.000
Füged B8. (15 cm mélység) tárcsázva .....	16,200.000	800.000	17,000.000
Füged B8. (15 cm mélység) szántva .....	14,300.000	1,500.000	15,800.000
Füged B8. (15 cm mélység) tárcsázva .....	17,600.000	1,800.000	19,400.000
Füged B8. (15 cm mélység) szántva .....	10,500.000	2,500.000	13,000.000
Füged K9. (0—25 cm mélység) tárcsázva ..	34,300.000	1,600.000	35,900.000
Füged K9. (0—25 cm mélység) szántva ....	22,300.000	1,200.000	23,500.000
Léva, Sándorhalma tárcsázva (0-25 cm) .....	17,300.000	160.000	17,460.000
Léva, Sándorhalma szántva (0-25 cm) ...	12,800.000	200.000	13,000.000
Szered tárcsázva (0-25 cm)	52,300.000	4,000.000	56,300.000
Szered szántva (0-25 cm)	36,800.000	1,400.000	38,200.000



## LÁZAT.

G o m b a	Nitrifikáló	Denitrifikáló	N-kötő bak- tériumok		Cellulóz-bontó- baktériumok és gombák		A próbavétel időpontja
	baktériumok		aerob	an- aerob	aerob	an- aerob	
198.000	250.000	1,000.000	100.000	100	10.000	100	1934 Október.
250.000	100.000	1,000.000	10.000	100	100.000	100	
200.000	—	2,500.000	1.000	1.000	50.000	1.000	1935 December 12.
75.000	—	1,000.000	100	100	50.000	1.000	
200.000	5.000	2,500.000	1.000	100	1,000.000	10.000	1936 Május 26.
300.000	1.000	2,500.000	100	100	1,000.000	10.000	
270.000	25.000	10,000.000	—	—	—	1,000.000	1936 Szeptember 14.
240.000	5.000	10,000.000	—	—	—	500.000	
510.000	50.000	1,000.000	1.000	100	100.000	100.000	1936 Július.
140.000	10.000	10,000.000	1.000	100	100.000	1,000.000	
70.000	100.000	7,500.000	1.000	1.000	1,000.000	5.000	1936 December.
150.000	50.000	10,000.000	100	500	1,000.000	1,000.000	



klímánk mellett ne bolygassuk meg érzékenyen a talaj vízgazdálkodásának az egyensúlyát. Ezenfelül természetesen a nitrogénkötő baktériumok munkájára is figyelemmel kell lennünk. Életműködésükhöz ezeknek is a kellő hőmérsékleten kívül optimális víztartalomra van szükségük. Helytelen időben végzett mélyműveléssel ezeknek a fontos mikroorganizmusoknak a munkáját is megbolygatjuk és ezzel magunkat és gazdaságunkat olyan erőforrástól fosztjuk meg, amely költségbefektetés nélkül a maga természetes adottsága mellett áll rendelkezésünkre.

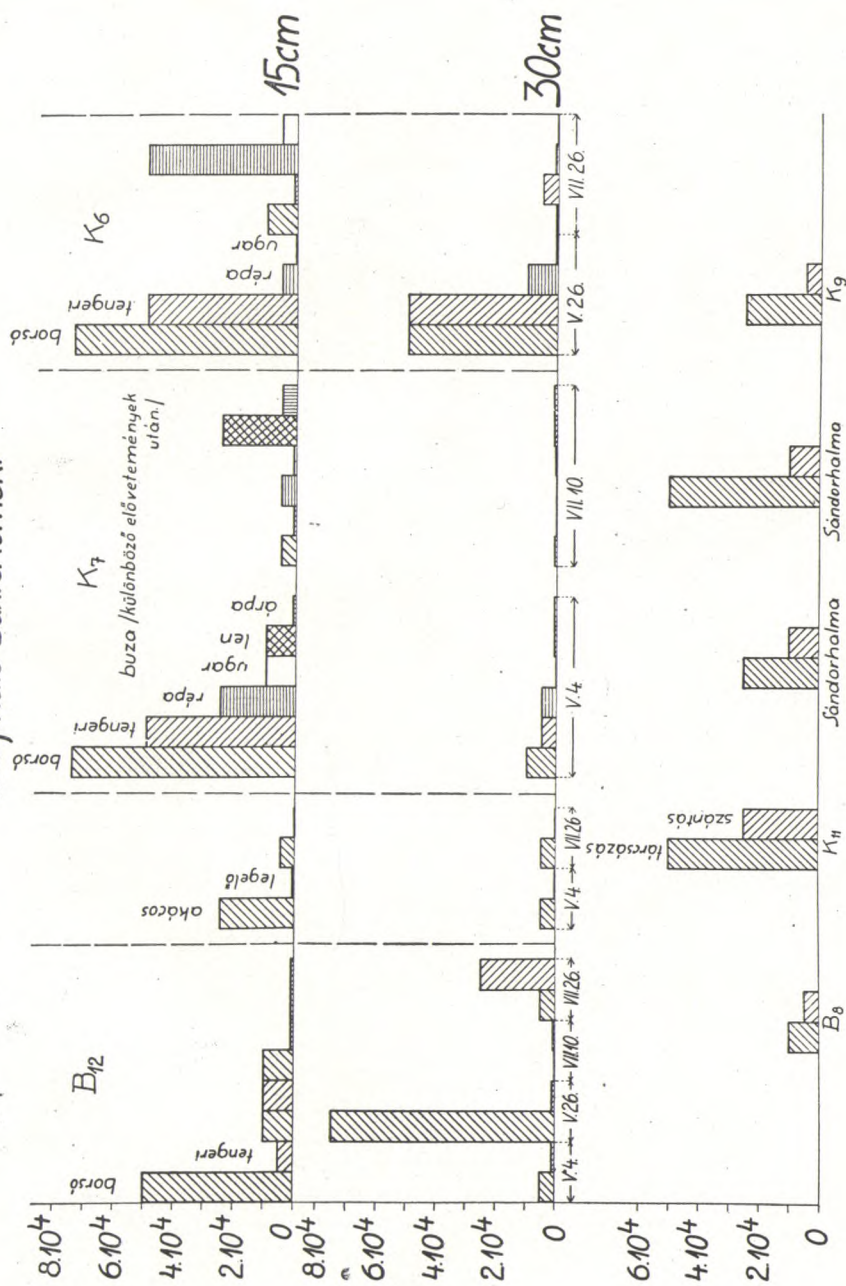
Hogy a különböző talajművelési eljárások a talajok baktériuméletére milyen befolyást gyakorolnak, arra vonatkozólag a *II. táblázatban* különleges vizsgálati sorozatok fontosabb eredményeit mutatjuk be, amelyeket részben a fürgedi, részben a lévai és szeredi gazdaságokban nyertünk. Két párhuzamosan szántással és tárcsázással kezelt parcellának a talaját vizsgáltuk meg bizonyos időszakokban. A legfeltűnőbb az, hogy különösen a felső szintekben a tárcsázással kezelt parcella talajának baktériumtartalma mindig felülhaladta a szántással kezelt terület baktériumtartalmát. A nitrifikáló baktériumok tekintetében a különbség rendkívül szembeötlő és ugyanolyan szembeötlő a különbség a cellulózbontó baktériumok tekintetében is. Nitrátnitrogén és összesnitrogén szempontjából is különösen a növénytermesztés szempontjából annyira fontos felső szintekben jelentékenyen jobb a helyzet a tárcsázott parcelláink talajában.

A *12. ábrán* szintén összehasonlító vizsgálatok eredményeit mutatjuk be, amelyeket részben a fürgedi gazdaságban, részben pedig a lévai Schoeller-uradalom (Sándorhalma) szintén kötött talajú területén végeztünk. Itt különben a nitrifikáló baktériumok viselkedésével foglalkozunk és a különböző előveteményeknek a hatását is kutatjuk két talajszinten. A talajművelés hatása különösen a sándorhalmi vizsgálatoknál látszik, ahol a vizsgálati eredmények kitűnően mutatják, hogy a tárcsázott területeken a nitrifikáló baktériumok mennyisége többszörösen meghaladta a szántott talajú tábla nitrifikáló baktériumainak a mennyiségét.

A fentiekben igyekeztem az eddigi kutatásaink alapján a szántóföldi talajok nitrogéngazdálkodására vonatkozó fontosabb eredményeinket vázolni. Hangsúlyozni szeretném itt is, hogy a vizsgálatok egyelőre még csak tájékoztató jelleggel bírnak és mind az analitikai eredmények abszolút nagyságára, mind egyéb részletkérdésekre vonatkozólag tiszta képet csakis a kutatások további folytatása után fogunk kapni. Annyi azonban már most is bizonyosnak látszik, hogy a talaj egész nitrogéngazdálkodása a nitrogénpótlással, az elővetemények helyes megválasztásával, azután a nitrogénkötő baktériumok életfeltételei-



Nitrifikáló baktériumok.



12. ábra. (Megjegyzések a 78-ik oldalon.)



*Megjegyzések a 12. ábrához :*

A nitrifikáló baktériumok számbeli változása 15 és 30 cm mélységben különböző időpontban B 12-es táblán borsó, tengeri alatt; ákácokban és legelőn; K 7-es táblán két időpontban búza alatt különböző elővetemények után; K 6-os táblán ugyancsak két időpontban a különböző elővetemények alatt vizsgálva. Alsó sorban szántott és tárcsázott parcellákon és pedig a fürge B 8, K 11 és K 9-es táblán, valamint Léva mellett, Sándorhalmán. (Nitrifikáló baktériumok száma tízezrekben.)

nek a jó biztosításával és végül a nitrifikáció és a vízgazdálkodás menete, ésszerűen alkalmazott talajművelési eljárásainkkal, szabályozható. *A helyesen megválasztott talajművelésnek tehát, még egyszer ismétellen hangsúlyozom, a mezőgazdasági talajok nitrogén-gazdálkodásának a szabályozásánál alapvető jelentősége van.*

A nitrogéngazdálkodással kapcsolatban most még a mezőgazdasági talajainkban szintén fontos szerepet játszó cellulózbontó baktériumok viselkedéséről is óhajtának néhány szót szólni. Ezek a cellulózbontó baktériumok a mezőgazdasági talajainkban igen fontos feladatot végeznek. T. i. ezek azok, amelyek a talajba jutó szerves anyagokat, elsősorban a tarlómaradványokat és a gyökereket megtámadják és fokozatosan feldolgozzák. Egy részük csak a levegő hozzájárulása mellett tud dolgozni. Ezek az úgynevezett aerob cellulózbontó baktériumok. Másik részük viszont akkor is megél, ha nem áll elegendő levegő a rendelkezésükre. A dolog természetében rejlik, hogy talajainkban különösen a mélyebb szintekben legtöbbször és viszonylag legnagyobb mennyiségben az úgynevezett anaerob cellulózbontó baktériumokat fogjuk megtalálni. Ezek a cellulózt csak lassan bontják és közben többé-kevésbé savanyú természetű melléktermékeket képeznek. A jó levegőgazdálkodással bíró talajainkban ezeket a tökéletlenül elbontott, tehát még meglehetősen nagy széntartalmú vegyületeket, amelyek végeredményében a talajaink humusztartalmát adják, az aerob cellulózbontó baktériumok és gombák végső fokon vízre és szénsavra bontják. Ez azután viszont a talajlélekzés menetét befolyásolja kedvezően. Ezek a cellulózbontó baktériumok tehát már azért is említést érdemelnek, mert hiszen a talajlélekzés folytán szénsavat termelnek és így a mezőgazdasági növényeink kedvező szén-gazdálkodását, illetőleg asszimilációját mozditják elő. Nem szabad azt hinnünk, hogy ezek életüket a talajban minden más befolyástól függetlenül folytatják le. Rendkívül érdekesek azok a legutóbbi kutatások, amelyek beigazolják azt, hogy különösen az anaerob cellulózbontó baktériumok és a denitrifikáló baktériumok munkássága között szoros összefüggés van. Amint már említettem, itt két baktériumcsoport áll együttműködésben. Az egyik a nitrátokat redukálja, tehát anaerob úton szabadít fel az oxigéntartalmú nitrátokból oxigént. A másik csoport pedig ugyanakkor ezt az



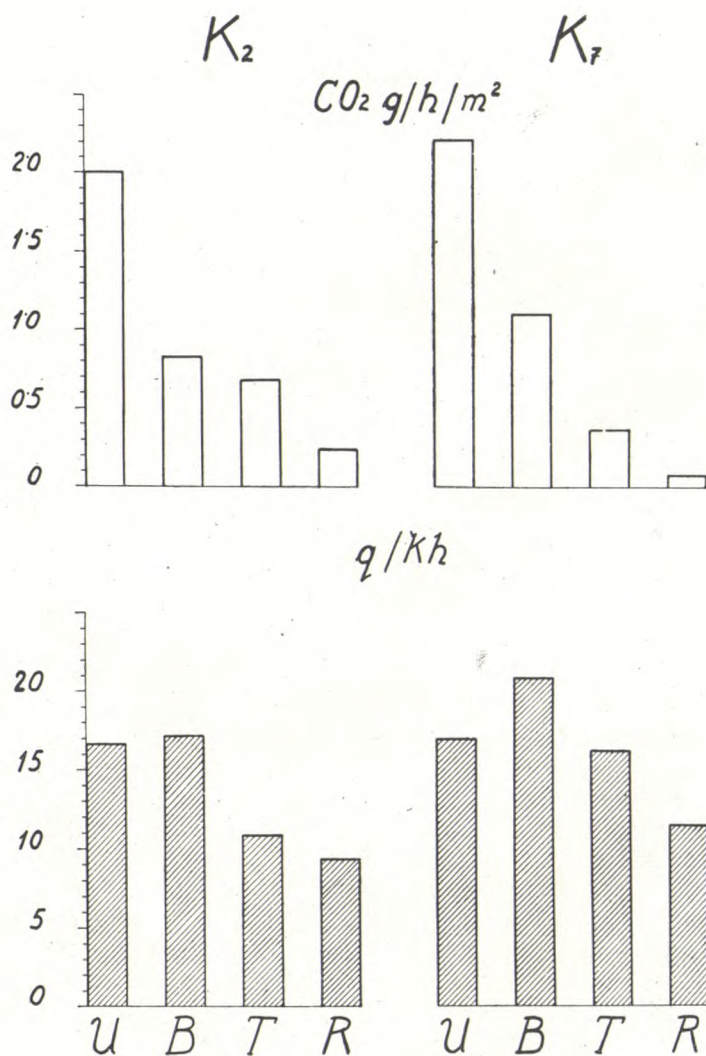
oxigént felhasználja arra, hogy vele a cellulózt felbontsa, illetőleg biológiai úton elégesse. Ugyanekkor azonban, amikor a denitrifikáló baktériumok által rendelkezésre bocsátott oxigén segítségével ezek a cellulózt bontják, egyúttal egyszerűbb összetételű szénhidrátokat termelnek, amelyeket viszont megint a denitrifikáló baktériumok hasznosítanak mint szerves tápanyagot. Ez az elgondolás most már azt is mutatja, hogy a talajaink megfelelő eljárásokkal való művelése és karbantartása, főleg pedig azok jó és helyes levegőgazdálkodásának a biztosítása a nitrifikáció és a salétromnitrogénképzése szempontjából mennyire fontos. De mutatja azt a tényt is és ez a mezőgazdaság gyakorlata szempontjából rendkívül fontos, hogy a nyers, tehát a kellőleg el nem erjedt istállótrágyák alkalmazása esetén bizonyos fokig a denitrifikáló baktériumok munkásságát is megkönnyítjük és előmozdítjuk. Természetesen, ha talajainknak jó a légjárhatósága és így a denitrifikáló baktériumok munkássága erős korlátozásokat szenved, a cellulózbontás főleg aerob úton történik és így a szalmás trágyázás alkalmazása sem rejt magában olyan veszelmeket, mint abban az esetben, ha megfelelő talajművelési eljárásokkal talajaink jó átszellőztetéséről nem gondoskodunk. Különben ezek a cellulózbontó baktériumok, amint a vizsgálataink is (Lásd 6., 8. és 9. ábra) mutatják, legtöbbször a denitrifikáló baktériumokkal párhuzamos mennyiségbeli kifejlődést mutatnak. Ennek az okát az előbb részletesen kifejtettem. Különben a cellulózbontásnál a már ismertetett mikroszkopikus gombák jelentőségét is újra hangsúlyoznom kell, amelyek itt szintén jelentékeny szerepet játszanak.

A cellulózbontással kapcsolatban kell most még néhány szót a mezőgazdasági talajok lélekzéséről is szólnom. (Lásd 13. ábra.) Idevonatkozólag már az előzőkben részletesen szoltam a kérdés általános élettani, talajbiológiai és növénytermesztési vonatkozásairól. Most az eddig végzett kutatások gyakorlati jelentőségét fogom röviden ismertetni.

A talajlélekzést általában két szempontból kell megfontolás tárgyává tennünk. Az első szempont természetesen a gyakorlati gazda szempontjából csak az lehet, hogy vajjon a fokozottabb talajlélekzés milyen mértékben befolyásolja a termesztett növényeink növekedését. Ebből a szempontból már előzőleg részletesen vázoltam a kérdés állását. Meg kell tehát állapítanunk, hogy nem közömbös az, hogy talajaink lélekzése milyen mértékben gazdagítja a felettük lévő levegőrétegek szénsavtartalmát. Vizsgálati eredményeinkből tudjuk, hogy a talajlélekzés mérve és a talaj felett álló levegőrétegek szénsavtartalma között mindig határozott összefüggés van.

A második szempont az első pillanatban nem nagy jelentőségűnek látszik, mégis a gyakorlati mezőgazdaság szempontjából





13. ábra. A talajlélekzés és a terméseredmény közötti összefüggés a fürgei K-2-es és K-7-es táblán. *Felső oszlopsor* : a talaj széndioxid termelése grammokban, óránként és négyzetméterenként. *Alsó oszlopsor* : a különböző elővetemények utáni búza terméseredményei mázsában kat. holdanként.

U = ugar, b = borsó, t = tengeri, r = répa.



nagy jelentőséggel bír. A talajlélekzés ugyanis, amint a bemutatott összefüggések igazolják, kiváló mértékül szolgál a talaj mindenkori aktivitásának megítélésére. Mithogy pedig a talajlélekzés optimális mérvét akkor éri el, ha a talajban élő mikroorganizmusok között azok vannak túlsúlyban, amelyek életműködésüket aerob úton, tehát a levegő minél nagyobb mérvű hozzájárulásával végzik, világos, hogy a talajlélekzés kedvező mérve egyúttal azt is mutatja, hogy talajaink légjárhatósága és általános biológiai állapota megfelelő-e, az alkalmazott talajművelési eljárások alatt jó állapotban van-e és így biológiai aktivitása is kielégítőnek mondható-e. A talajlélekzés szempontjából tehát az abszolút, nyers baktériumszám még nem sokat mond. A talajlélekzés csak akkor lesz optimális mérvű, ha az ezt előidéző mikroorganizmusok között a talajban lefolyó egészséges korhadási folyamatokat előidéző aerob mikroorganizmusok vannak túlsúlyban. *Előfordulhat tehát könnyen az, hogy esetleg nagyobb abszolút mikroorganizmus-számmal rendelkező talaj lélekzésének mérve alatta marad a viszonylag kisebb tömegű mikroorganizmusokkal rendelkező talaj lélekzésének a mérve alatt, ha ez utóbbiaknak légjárhatósága a helyes talajművelés következtében megfelelőbb.* Emellett azt se felejtjük el, hogy a talajlélekzés mint a mikroorganizmusok élettevékenységével összefüggő fiziológiai jelenség a jó levegőgazdálkodást önmagában véve is befolyásolja, mert hiszen a mikroorganizmusok oxidációs tevékenységét előmozdítja. Ez az oka azután annak, hogy pl. a jó levegőgazdálkodással bíró alföldi homokok talajlélekzése nagyon gyakran kisebb baktériumszám mellett is meghaladja a nagyobb mennyiségű mikroorganizmusokkal bíró kötött talajok szénsavtermelését. Emellett a jó légjárhatóság még azt is lehetővé teszi, hogy a keletkezett szénsavmennyiség könnyebben eltávozik és így ez a körülmény megint a talajlélekzés mérvét fogja előmozdítani. Nagyon természetesen a talaj légjárhatóságának megítélésénél a vízgazdálkodás követelményeit mindig tekintetbe kell vennünk. Különösen kiszáradásra hajló talajoknál vigyázni kell arra, hogy a légjárhatóság biztosításánál ne menjünk túlzásba. Általában csak addig a határig menjünk, amelynél még a talajok vízgazdálkodását nem veszélyeztetjük, másrészt azonban a talajokban lefolyó életjelenségekhez szükséges levegő hozzájárulását biztosítani tudjuk.

Mindezeket egybevetve megállapíthatjuk, hogy a talajlélekzés ismerete és mérése kiváló segédeszközt ad a kezünkbe, amelynek a segítségével a talajaink termőképességét és jóságát kitűnően jellemezhetjük. A talajlélekzés időszakos változásaira való tekintettel természetesen csak azonos időpontban végzett értékek hasonlíthatók össze.

Most a 8. és 9. ábrák alapján röviden még a talajok ph-értékeinek, valamint humusztartalmának és elektromos vezetőképességének változásairól szeretnék néhány szót szólni, termé-



szetesen hangsúlyozva a már korábban mondtak alapján azt, hogy az időszakokra vonatkozó megállapításaink *csak* az adott vizsgálati időszakra vonatkoznak. Általában itt is áll az, amit az R-törvény magyarázatánál már kifejtettünk, s ami abban áll, hogy az időszakos változások a talajhőmérséklet és a víztartalom kölcsönös egymásrahatásának az eredményei.

A ph-értékek is határozott időszaki változást mutatnak. A ph-értékek változásainál el kell különítenünk a víztartalom változása okozta fizikai-kémiai eredetű ingadozásokat a mikroorganizmusok tevékenysége által előidézett változásoktól. Mint-hogy azonban kísérleti sorozatokkal sikerült beigazolnunk, hogy a víztartalom okozta változások a mi vizsgálati módszerünk mellett, amikor a talaj és a víz aránya = 1 : 2, a nálunk előforduló víztartalmak mellett (10—30%) annyira csekélyek, hogy el is hanyagolhatók, a ph-értékek változásait túlnyomóan biológiai eredetűeknek kell tekintenünk. Ha a 8. és 9. ábrákat megfigyeljük, mindkét területen mindegyik évben tavasszal egy maximumot találunk, ami kétségtől az akkor észlelhető élénk baktériumtevékenységgel függ össze, amelynek eredményeképpen a savanyú humuszanyagok feldolgozódnak. Ezután a ph-értékek esést mutatnak, aminek magyarázatát abban kell keresnünk, hogy amikor a tarlómaradványok a földbe kerülnek és a gyökérmaradványokkal együtt lassan korhadásnak indulnak, ismét savanyú humuszanyagok keletkeznek, amit a humusztartalom emelkedése is igazol. Az őszi magas baktériumszám azonban a ph-értékek emelkedését ismét maga után vonja.

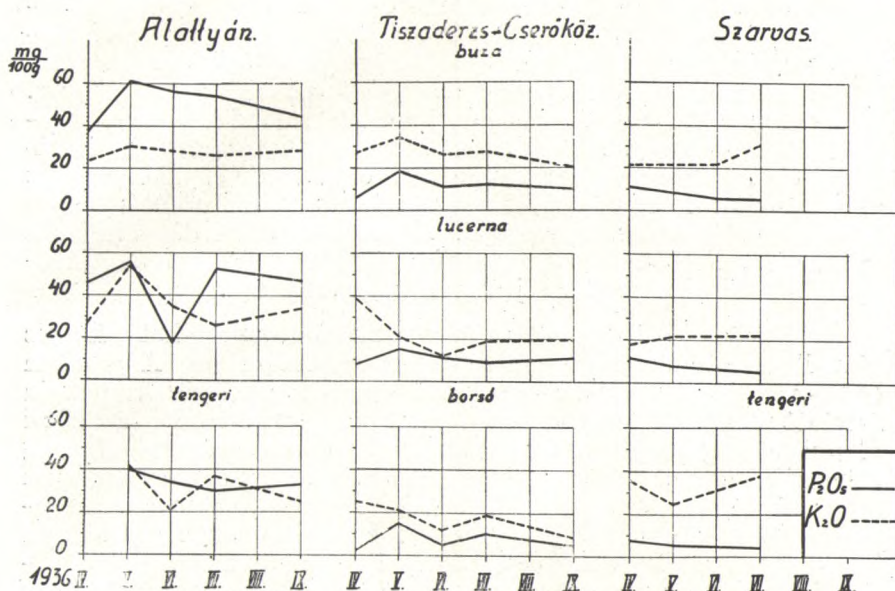
A humusztartalom változásai nagyjából a baktériumok számbeli változásaival fordított viszonyban vannak, aminek magyarázatát a ph-értékek változásainál mondtak világosan megadják.

A talaj elektromos vezetőképességének, illetőleg összes sótartalmának változásai szintén mindkét területen meglehetősen egyöntetűek. A főtenyészeti időszakban erős csökkenést tapasztalunk, ami kétségtől a növények által történő tápanyag felvételnek az eredménye. Az őszi hónapokban beálló emelkedés pedig a mikroorganizmusok mobilizáló munkájára vezethető vissza.

A következőkben a könnyen oldható — tehát a növények által felvehető — *foszfor- és kálióknak* a körfolyamatáról, illetőleg ezeknek időszaki változásairól fogok szólni. Már az előzőkben rámutattam arra, hogy ezeknek a sómennyiségeknek kimutatására nagyon sok vizsgálati módszert ismer a talajtani tudomány. Mi a jelen esetben, tekintettel arra, hogy a kísérleti talajaink meglehetősen nagy mésztartalommal rendelkeznek, a *Sigmond*-féle eljárással dolgoztunk. Az idevonatkozó vizsgálati eredményeknek



a méltatását és tárgyilagos megvilágítását nagyon megkönnyíti az a körülmény, hogy *Kreybig Lajos* és munkatársai az elmúlt években szintén behatóan foglalkoztak ezzel a kérdéssel. Felhatalmazása alapján összehasonlításként *Kreybig* vizsgálatai közül is közlök néhányat a 14. ábrán. A fürgei 1. és 2. számú kísérleti területünk talaján két év vizsgálati eredményei állnak a rendelkezésünkre. Ha ezeket az eredményeket behatóbb vizsgálat



14. ábra. Az oldható foszforsav- és kálitartalom változásai különböző növények alatt és különböző helyeken, Sigmond módszere szerint. (Dr. *Kreybig Lajos* adatai.)

alá vesszük, akkor azt fogjuk találni, hogy mind a káli, mind a foszforsók, amennyire már az adott, még nem tökéletes, vizsgálati eljárások mutatják, rendszeres időszakos változásoknak vannak alávetve. Általában rendkívül érdekes, hogy az általajnak mind a káli-, mind a foszforsavtartalma nagyon sok esetben magasabb a feltalajénál. Ez a körülmény nemcsak a bemosásnak az eredménye, hanem annak is, hogy a gyökerek a felsőbb szintekben nagyobb mennyiségben vesznek fel ezekből a sókból.

Ami most már az időszakos változások menetét illeti, a vizsgálati időszakra a következő általános képet nyertük. Nyár végén, őszi elején legtöbb esetben egy-egy minimummal van dolgunk. A feltalajban, ahol legélénkebb a baktériumtevékenység, rendszerint a baktériumszámok maximumával párhuzamosan tavasz-



szal és néha nyáron, illetőleg ősszel is jelentkezik mind a két tényező menetében egy-egy maximum. A maximumoknak a baktériumszámok kulminációs pontjaival való összefüggésére rendkívül jellemző az 1936-os év vizsgálata. Különösen a 2. számú kísérleti terület ad idevonatkozólag nagyon jellemző képet. Általában mind a foszfor-, mind a kálisóknak a mennyiségbeli változásai az egyes kísérleti táblákon belül nagy vonásokban párhuzamosan haladnak. Az, hogy a nyári, illetőleg tavaszi magasabb baktériumszámmal az oldható káli- és foszforsók egy-egy maximuma jár együtt, igazolni látszik azt a feltevést, hogy a mikroorganizmusok élettani tevékenységük folyamataképpen az oldhatatlan foszfor- és kálisók jelentékeny részét mobilizálni tudják. Különösen érdekesek *Kreybig* és munkatársai által végzett vizsgálatok eredményei. Általában itt is kimutatható a tavaszi maximum és a növények által való felvétel eredményeképpen az őszi minimum. Egyes esetekben a minimumokat a főtenyészeti időszakban is ki lehet mutatni. Egyébként a kérdés általános megítélése, illetőleg a változások időszaki helyzete szempontjából itt is az R szabálynál kifejtett elvek érvényesek.

Különösen érdekesek azok a kutatások, amelyeket e kérdés tárgyalagos felderítése szempontjából az intézetnek Angernben (Alsó-Ausztria, Bécs mellett) lévő kiterjedt kísérleti területein folytattunk le. Ezeknek az analitikai műveleteit a bécsi állami mezőgazdasági kémiai kísérleti állomás végezte el, míg a hozzájuk tartozó mikrobiológiai analíziseket az angerni kísérleti laboratóriumban *Palitschek* Hubert fővegyszer hajtotta végre. Ezeknek a vizsgálatoknak a jelentősége főleg abban áll, hogy ugaron álló területekre vonatkoznak, amelyeknél a növények felhasználása nem zavarta meg lényegesen a képet. Néhány az általános képtől eltérő eredménytől eltekintve, nagy vonásokban a vizsgálati eredmények a baktériumszám és ezzel kapcsolatosan az oldható káli- és foszforsók változásainak az összefüggéséről felvilágosításokat adnak. Különösen emeli a vizsgálatoknak a mi szempontunkból való jelentőségét az a tény, hogy a foszfor- és kálianalíziseket nem valamely tisztán kémiai módszerrel, hanem a *Neubauer-féle biológiai-kémiai* módszerrel hajtották végre. Az eredményeket az alább következő *III. táblázatban* közlöm.

Ha már most a növények gyökerei által könnyen felvehető foszfor- és kálisók mennyiségének időszakos változásaira vonatkozó eredményeket összehasonlítjuk és erről a jelenségről összefoglaló képet akarunk magunknak alkotni, természetesen nem szabad az ingadozások mennyiségét kimutató eredményeket abszolút értelemben mérlegelni. Mindig tekintettel kell lennünk arra, hogy minden vizsgálati eredményünk tulajdonképpen egy-egy olyan viszonylagos érték, amelynek nagysága és változása az alkalmazott vizsgálati módszernek függvénye. Voltaképpen



## III. TÁBLÁZAT.

Angern, fekete, homokos, morvamezei agyagtalaj ugar árpa után.

Talajpróbák kb. 20 cm mélyről.

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			Baktériumok aerob+anaerob milliókban	
	VI.16.	XI.25.	△ %	VI. 16.	XI. 25.	△ %	VI. 16.	XI. 16.
1	2.2	0.7	— 214	34.0	29.2	— 16	26.5	26.4
2	1.1	2.8	+ 154	27.5	26.2	— 5	27.607	25.9
3	2.9	0.9	— 222	37.6	19.6	— 91	30.42	24.6
4	2.7	3.0	+ 11	44.0	37.8	— 16	28.63	14.82
5	3.2	2.7	— 18	42.4	34.8	— 21	31.74	19.75
6	2.8	0.4	— 600	41.1	29.5	— 39	21.65	16.2
7	3.7	0.6	— 516	44.5	29.1	— 52	27.6	25.0
8	4.4	1.5	— 193	55.9	32.8	— 70	38.79	19.71
9	6.3	1.1	— 472	40.3	30.1	— 33	31.9	20.25
10	3.3	0.9	— 266	20.3	8.6	— 143	37.55	20.63
11	1.3	2.8	+ 115	23.0	12.8	— 79	25.1	14.7
12	1.2	0.9	— 33	16.7	17.6	+ 5	35.5	13.7

tehát a különböző vizsgálati módszerek nem a változások abszolút nagyságát mutatják, hanem egy-egy jellemző képet adnak a talaj foszfor- és kálitartalmának, főképpen pedig eme sók könnyebben oldódó mennyiségének a mindenkori megjelenési formáiról a vizsgálat időpontjában.

Nagyon természetesen azzal is tisztába kell jönnünk, hogy ezeknek a sóknak abszolút mennyisége is változni fog. Ez a változás a növények által való felhasználásnak és az esetleges be-  
mosásnak az eredménye. A megjelenési formáknak a változása azonban elsősorban a talaj mikroorganizmusainak működésével van összefüggésben. Miután a mikroorganizmusok működésének következtében a talaj pH-értékei is folyton változnak, nagyon természetesen a foszfor- és kálisók oldhatósági viszonyai a pH-értékek változásainak eredményeképpen szintén folyton változnak. Azonfelül a mikroorganizmusok a talajban bontó munkájuk közben szén-savat termelnek, amely szén-savat a talajvíz elnyeli és mint szén-savas víz, savanyú természeténél fogva szintén oldó hatást gyakorol az oldhatatlan foszfor- és kálisókra.



De ezektől függetlenül a mikroorganizmusok közvetlenül élettévékenységükön keresztül is oldható állapotba vihetik át ezeket a nehezebben oldódó vegyületeket. Viszont a vizsgálatok eredményei azt is mutatják, hogy valószínűleg a mikroorganizmusok számának megkisebbedésével a talajokban olyan egyelőre még ismeretlen biokémiai folyamatok játszódnak le, amelyek az oldható sók egy részét megint nehezebben oldódó szerves vagy szervetlen vegyületekké alakítják át.

A változások megítélésakor tehát el kell különítenünk egymástól a foszfor- és a kálivegyületek teljes mennyiségének a felhasználás és bemosás következtében való abszolút megkisebbedését azoktól a változásoktól, amelyek tulajdonképpen csak a könnyen oldódó mennyiségek viszonylagos megjelenési formáinak valamely adott módszerrel való kimutatása folytán jelentkeznek. Ez utóbbiakat túlnyomó részben biológiai hatásokra vezethetjük vissza és ezért ezeket a változásokat biogén változásoknak tekinthetjük. Ezen felül természetesen a növények gyökerei a rhizoszférában szintén bizonyos oldó hatást gyakorolnak a nehezebben oldódó foszfor- és kálivegyületekre. Ezeket a változásokat tehát szintén tekintetbe kell venni. Végső fokon azonban kétségek nélkül feltételezhetjük, hogy különösen az oldható sók változásánál elsősorban a mikroorganizmusok működése lesz az, ami a döntő hatást ki fogja fejtetni.

A foszfor- és a kálisók változásánál tehát éppen úgy, mint a nitrogénvegyületek időszaki változásainál a végső mérleg összeállításánál mindig a rendelkezésre álló teljes mennyiség abszolút változását kell, mint keretet tekintetbe vennünk, amelyen belül azután a könnyebben oldódó megjelenési formák az egyes analitikai módszerek belső konstrukciójához viszonyítva más és más viszonylagos változást fognak mutatni.

Azt természetesen nem szabad gondolnunk, hogy a talajélet karbantartásával a foszfor- és káliműtrágyáknak az alkalmazását teljesen kiküszöbölhetjük. A dolog természetében rejlik, hogy ezt a két fontos tápanyagot gazdasági növényeink csak a talajból vehetik fel, tehát ha az elhasznált mennyiség pótlásáról nem gondoskodunk, a hiány végül mégis csak be fog állani. De viszont azt sem szabad elfelejtenünk, hogy ha talajaink jó biológiai állapota mellett legalább az oldhatatlan foszfor- és kálimennyiségek egy részét mozgósítani tudjuk, ezek szintén lehetővé teszik azt, hogy talajaink foszfor- és kálitartalékát, amely még kihasználatlanul hever, nagyobb mértékben vegyük növénytermesztési célokra igénybe. Azonkívül a jó biológiai állapotban lévő talajok az adagolt foszfor- és káliműtrágyák oldását és feldolgozását szintén jobb eredménnyel fogják elvégezni. Ezen a téren tehát a megfelelő talajművelés és a helyes vízgazdálkodás szabályozása rendkívül fontos feladat.



Most a következőkben még néhány szót szeretnék arra vonatkozólag is szólni, hogy vajjon a talajaink mikrobiológiai vizsgálatainak eredményeképpen kapott számok, melyek a talajainkban élő mikroorganizmusok mennyiségét tüntetik fel, irányadóul tekinthetők-e a mezőgazdasági talajok termőképességének a megítélésénél? Erre a kérdésre vonatkozólag igen sok vita látott az irodalomban napvilágot. Kutatásaink beigazolni látszanak, hogy a talajok termőképessége és a mikroorganizmusok mennyisége között bizonyos összefüggést lehet kimutatni. (Lásd IV. táblázat.)

#### IV. TÁBLÁZAT.

Baktériumok száma és a búza terméseredménye, különböző elővetemények után a külfürgei 7. sz. táblán (1936.)

Elővetemény	Baktériumok száma 1 g talajban		Terméseredmény q/ k. h
	1936. január 24-én	1936. május 6-án	
Borsó .....	10,600.000	21,500.000	20·78
Ugar .....	6,500.000	16,300.000	19·67
Tengeri .....	6,100.000	14,200.000	16·18
Répa .....	6,000.000	12,900.000	12·43

Az összehasonlításnál természetesen nem szabad talajaink fizikai sajátságait figyelmen kívül hagyni, mert nem lehet ebből a szempontból egy homokos talajt valamely kötött talaj életével összehasonlítani. Hiszen éppen a talajlélekzés tárgyalásánál erre nagyon jellemző példát szolgáltattam. A vízkapacitás, a levegőkapacitás a talaj életét e fizikai sajátságok élettani hatása következtében ugyanazon mikroorganizmus-mennyiségek mellett is különbözőképpen befolyásolják. Az is kétségtelenül igaz, hogy még azonos fizikai összetétellel bíró talajokat sem lehet és szabad tisztán a nyers baktériumszám alapján minden esetben egymással összehasonlítani. De ha a baktérium-, illetőleg mikroorganizmus-mennyiségeket közelebbi analízisnek vetjük alá, ha meghatározzuk az aerob és anaerob mikroorganizmusok kölcsönös viszonyát, azután a talajban élő különleges élettani feladatokat teljesítő mikroorganizmus-csoportok kifejlődését, akkor a talajélet számbeli kifejlődése segítségével talajaink termőképességét



abszolút értelemben is megítélhetjük. Valamely rossz kémiai és fizikai állapotban lévő talajnál a baktériumélet számbeli mérve is alacsony lesz. Viszont jó fizikai és kémiai sajátságokkal bíró termőföld élete megfelelő mennyiségbeli jellemvonásokat fog kimutatni. Természetesen gyakorlati szempontból — különösen a gyakorlati mezőgazdaság szempontjából — máris felvetődött az a kérdés, hogy szükséges lesz-e valamely talaj biológiai tevékenységének a megítélésénél mindig és minden esetben ezeket a komplikált és bonyolult vizsgálatokat minden biológiai tényezőre vonatkozólag elvégezni. Ma, amikor még nem tudjuk, hogy különböző szerves és szervetlen tényezők mind külön-külön, mind a maguk harmonikus összjátékában hogyan befolyásolják a talaj életét, még nem lehet erre a kérdésre végleges választ adni. De teljes bizonyossággal feltételezhető, hogy a vizsgálatok huzamosabb időn keresztül való rendszeres és következetes folytatása mellett el fog érkezni az az idő, amikor meg fogjuk ismerni azokat a fontosabb uralkodó tényezőket, amelyeknek vizsgálatából következtetést vonhatunk a talaj biológiai állapotára vonatkozólag.

## 7. A talaj mikroorganizmusainak mennyiségbeli viszonyai.

Általában mind gyakorlati, mind elméleti szempontból rendkívül érdekes, ha most megvizsgáljuk azt, hogy az élő mikro-szervezetnek az összes mennyisége a szántóföldi talajainkban milyen súlyt képvisel. Ezen a téren, tekintve ezeknek a szervezeteknek rendkívül kicsi voltát, a tévedések és a helytelen következtetések levonása nagyon könnyen bekövetkezhetik. A következőkben látni fogjuk, hogy még a legóvatosabb számítás és becslés mellett is viszonylag milyen nagy súlyt képviselnek talajainkban az ott élő különböző mikroszkopikus élőlények.

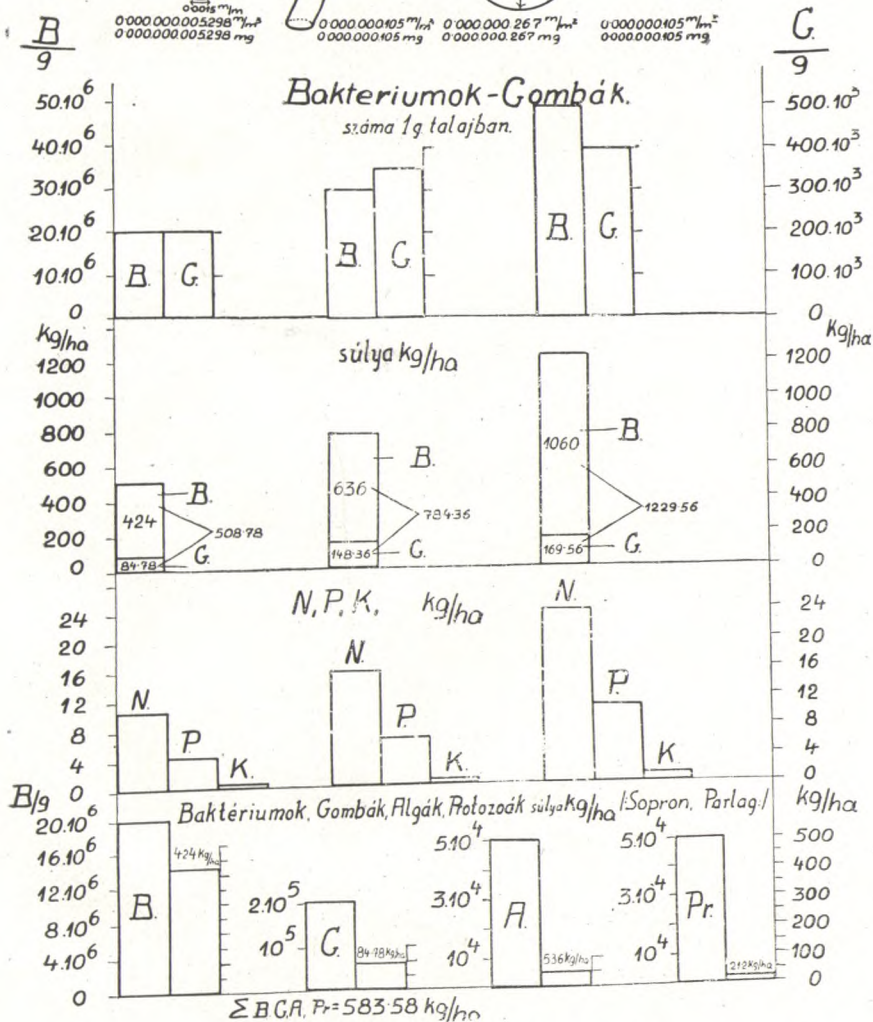
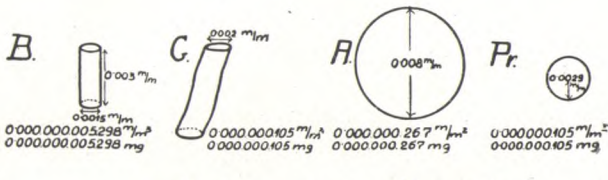
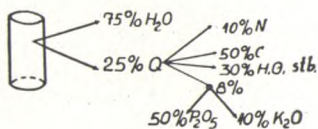
A baktériumoknak alakja általában nagyon különböző. Amint a később közölt néhány mikrofotografiában bemutatjuk, van közöttük gömb formájú, azután egyenes hengeralakú, vagy pálcika formájú, vannak azután közöttük megcsavarodott alakok is. Azon több évre terjedő mérések alatt, amelyeket ezen a téren végeztünk, arra az eredményre jutottunk, hogy a főtömegét a talajban élő baktériumoknak rendszerint a pálcikaalakú baktériumok adják. Különben ezen a téren sem egységes minden időszakban a talaj baktériumflórájának a viselkedése. Nyáron a spórát képző, pálcikaalakú baktériumok vannak többségben. Éppen ezért a talajainkban élő mikroszervezetek összsúlyának a kiszámításánál nem követhetjük *Löhnis*nek azt a számítási módszerét, amellyel az irodalomban még ma is elterjedt becslését



Füged

Léva

Sered



15. ábra. (Megjegyzések a 88-ik oldalon.)



*Megjegyzések a 15. ábrához.*

A legfelső sor a baktériumtest összetételét tünteti fel. A második sor egy-egy baktérium (B), gomba (G), alga (A) és protozoa (Pr) feltételezett nagyságát, illetve súlyát mutatja. A harmadik sor Fürgeden, Léván és Szereden július—október hónapokban mért baktériumszám és gombaszám átlagát; a negyedik sor ennek a baktérium- és gombaszámnak súlyát kg-ban hektáronként; az ötödik sor ennek a baktériumtömegnek a nitrogén-, foszfor- és kálitartalmát tünteti fel, ugyancsak hektáronként kg-ban. Az utolsó sor a soproni parlagon hagyott kísérleti területünk baktérium, alga, gomba és protozoa számát 1 gramm talajban és ennek a hektáronkénti súlyát kg-ban tartalmazza.

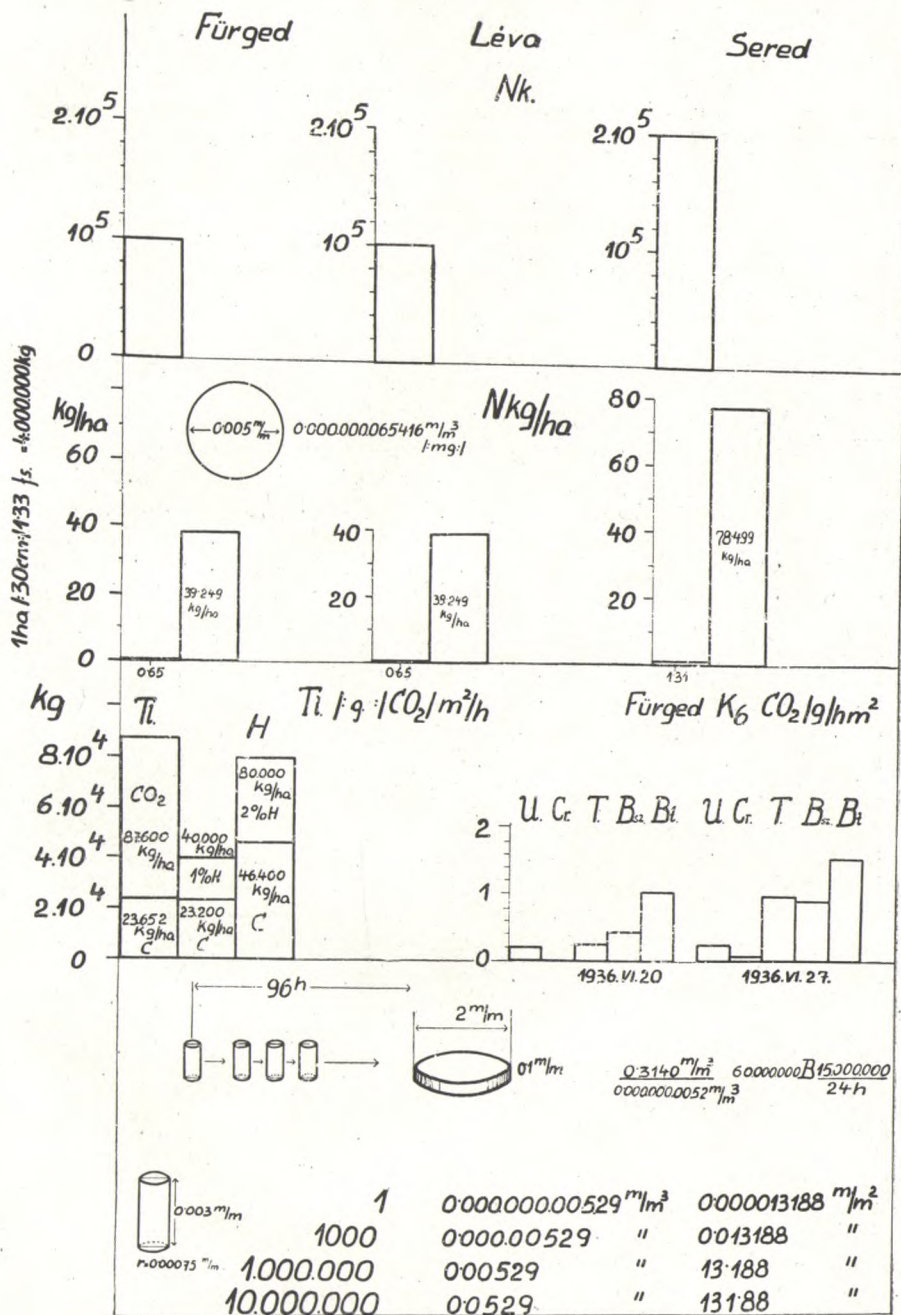
végrehajtotta. Ő ugyanis gömbalakú baktériumokat tételezett fel 0.001 mm, vagyis  $1\ \mu$  ( $1\ \mu = 1/1000\text{ mm}$ ) átmérővel. Mi a baktériumflóra elemzésénél talált adataink alapján egészen más alaphól indultunk ki. Átlagosan  $3\ \mu$  hosszú és  $1.5\ \mu$  átmérőjű, pálcikaalakú baktériumot tételeztünk fel. Ennek a köbtartalma összesen 0.000,000.00529 köbmilliméter, súlya pedig 0.000,000.00529 mg.\* Különösen a fürgedi talajokban észlelt időszakos méréseink tekintetbevételével a fő tenyészteti időszakban itt kereken 20 millió baktériumot tételezhetünk fel 1 g földben. Ennek a súlya 0.106 mg-ot képvisel, úgyhogy 1 kg talajban már 106 mg élőszúllyal kell számolni. Ha azonban most ennek alapján kiszámítjuk, hogy 1 hektár szántóföldben mennyi élőszervezettel van dolgunk, akkor nem várt eredményre fogunk jutni. Az átszámításnál a föld térfogatsúlyát, miután a benne lévő üregekre vagy pórusokra is tekintettel kell lennünk, 1.33-nak tételezzük fel. Ennek alapulvétele mellett 1 hektár szántóföld, 30 cm mélységet véve, kereken 4 millió kg súlyt képvisel. A szorzások elvégzése után azt fogjuk látni, hogy ilyen körülmények között grammonként 20 millió baktériumot feltételezve, ez a szám talajainkban 424 kg súlynak felel meg hektáronként.

A 15. és 16. ábrán és az V. táblázaton Léván és Szereden végzett megfigyeléseink alapján az ottani baktériumszám mellett is kiszámítottuk eme élőlények hektáronként vett összsúlyát. Ezekből az adatokból láthatjuk, hogy a magasabb baktériumszám mellett tehát Léván 30 millió baktériumnak 636 kg, Szereden pedig az ottani kitűnő földben 50 millió baktériumnak 1060, tehát kereken 10 mázsa baktériumsúly felelt meg. Ezek a számok a gyakorlati mezőgazdát is gondolkodóba kell, hogy ejtsék és kétségkívül az eddig vallott felfogást ezen a téren megváltoztatják.

Ezek az adatok világosan mutatják, hogy ha el is tekintünk a talajban élő baktériumok rendkívül intenzív életműködésétől, már súlyuk is olyan mennyiséget képvisel, amelyet gyakorlatilag is tekintetbe kell venni. Különösen jellemzővé válik a kép, ha most már az irodalomban közölt analízisek alapján azt is szemügyre vesszük, hogy az ilyen nagy mennyiségben jelenlévő szervezetek foszforban, káliumban és nitrogénben milyen mennyiséget képviselnek a talajban.

\* A baktériumok fajsúlyát, minthogy 75-80%-ban vízből állanak, a vízzel vettük egyenlőnek.





16. ábra. (Megjegyzések a '90-ik oldalon.)



## Megjegyzések a 16. ábrához:

A legfelső sor Fürgeden, Léván és Szereden a főtenyészteti időszakban a nitrogén-kötő baktériumok ( $N_k$ ) átlagszámát tünteti fel. — A második sor azt a nitrogén-mennyiséget, amelyet előfordulási számuk mellett a talajban egy hektáron képviselnek és azt a nitrogén-mennyiséget, amelyet a tenyészteti időszak folyamán egy hektáron meg tudnak kötni. Egy *Azotobacter* súlyát is feltüntettük a második sorban. — A harmadik sor talajlélekzési (TL) adatokat tartalmaz, és pedig a baloldalon a parlagon hagyott területen végzett mérések alapján egy ha-ról egy év alatt távozó  $CO_2$ -mennyiséget, annak carbontartalmát, azután 1 és 2%-os humusztartalom mellett egy ha humusz- (H), illetőleg szénmennyiségét kg-ban tüntettük fel. Jobbra Fürgeden a K 6-os táblán két időpontban mért talajlélekzési adatokat különböző elővetemények alatt, U = ugar, Cr = cukorrépa, T = tengeri, Bsz = borsó szántva, Bt = borsó tárcsázva. — Az utolsó előtti sorban a baktériumtest szaporodásáról közlünk tájékoztató számításokat; feltételeztük, hogy egy csirából 96 óra alatt 2 mm átmérőjű telep fejlődik. Az utolsó sorban pedig a baktériumtest felületéről közlünk adatokat.

A 15. ábrán feltüntetjük a baktériumtest százalékos összetételét. Ebből azt látjuk, hogy a baktériumok testének legnagyobb mennyiségét, mint általában az élszervezeteknél, a víz teszi, amely kb. 70–75%-ra rúg. A megmaradó 25%-ból kb. 8% esik az úgynevezett hamualkotórészekre, (a hamu alkotórész 50%-a foszfor és kb. 10%-a kálium), 50% szénre, 10% a nitrogénre és 30% az egyéb elemekre. Ha most ezeket az adatokat is tekintetbe vesszük, akkor azt fogjuk látni, hogy dacára annak a körülménynek, hogy a baktériumok teste túlnyomórészen vízből áll, mégis ezek talajainkban, foszfor és káli tekintetében sem megvetendő mennyiséget képviselnek. Így például az előbb említett baktériumszámok mellett Fürgeden 1 hektáron 53 kg szenet, 10,6 kg nitrogént, 4,24 kg foszfort, 0,84 kg káliumot képviselnek ezek a mikroszervezetek.

Nagyon érdekes különben, ha most már a gombákat, a moszatokat és a protozoákat is tekintetbe vesszük. A megvizsgált szántóföldi talajainkra egyelőre még csak a gombákra vonatkozóan állanak pontos adatok rendelkezésünkre. Ezeket természetesen jóval nagyobbaknak kell feltételeznünk, mint a baktériumokat. Ezeknek a különböző fonalakú élőlényeknek a számbeli meghatározása a talajban még nem egészen szabatos. Ennek dacára ezeknek a mennyiségére vonatkozóan is közlünk becsléseket, amelyeket azután a táblázatban is feltüntetünk.

Mindent összevéve, még a most követett legóvatosabb eljárás mellett is azt fogjuk találni, hogy a legkisebb baktérium- és gombaszámmal rendelkező fürgedi talajokban kereken 5 métermázsát, a lévaiakban kereken 8 métermázsát, a szerediekben pedig 12 métermázsát képviselnek egyedül a gombák és a baktériumok. A 15. ábrán és az V. táblázatban a parlagon hagyott talajoknak az adatait közöljük. Dacára annak, hogy e kísérleti területünknek a talajában aránylag kis mennyiségű moszatot és protozoát találunk, mégis a gombák, baktériumok, moszatok és protozoák együtt 583, tehát kereken 6 mázsa élő súlyt adnak.



V. TÁBLÁZAT.

Hely	Baktériumszám 1 g földre vonatkoztatva	Baktérium mennyiség kg/ha	C	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-kötők száma 1 g földben	N-kötők által megkötött N kg/ha	Gomba-szám 1 g talajban	Gombamennyiség kg/ha
			kg/ha 30 cm-es talajszintet véve alapul 1:33 fajsúly mellett (4,000,000 kg talaj)							
Füged .	20,000,000	424	53	10·6	4·24	0·84	100,000	0·654·16 <sup>1)</sup>	200,000	84·78
Léva ..	30,000,000	636	79	15·9	6·36	1·272	100,000	0·654·16 <sup>2)</sup>	350,000	148·36
Szered .	50,000,000	1060	132	26·5	10·60	2·12	200,000	1·308·32 <sup>3)</sup>	400,000	169·56

Parlag	Szám/g	Mennyiség kg/ha	
alga .....	50,000	53·6	
protozoa .....	50,000	21·2	

<sup>1)</sup>, <sup>2)</sup>, <sup>3)</sup> Négy hónapi maximális tenyészidőt feltételezve, ez megfelel:

Fügeden 39·2496 kg/ha nitrogénnek  
 Léván 39·2496 „ nitrogénnek  
 Szereden 78·4992 „ nitrogénnek

Mindezen megfontolások alapján bátran állíthatjuk azt hogy dacára a talajainkban élő mikroszervezetek egyenként vett, viszonylagos kicsi voltának, mégis ezek aránylag olyan súlyt képviselnek a maguk összességében, amelyet gazdasági eljárásainknál figyelmen kívül hagyni nem lehet. Különösen fontossá válik a kérdés akkor, ha tekintetbe vesszük ezeknek az élőszervezeteknek tevékenységét és különösen azt a működésüket, amelyet a nitrifikáció, a nitrogénkötés és a humusz feldolgozása terén kifejtnek.

Nagyon érdekes adatokat kapunk, ha a végzett mikrobiológiai analízisek adatainak tekintetbevételével megkíséreljük nagyjából megközelítőleg kiszámítani azt a nitrogénmennyiséget, amelyet a baktériumok életműködésük alatt a talajban megkötnek. Hogy ennek a kérdésnek a lényegével tisztába jöhessünk, mindenekelőtt tudnunk kell a következőt:

A baktériumok általában rövid életűek. Némelyik pár óráig, másik egy vagy két napig él. Folyton szaporodnak, meg-



újulnak, úgyhogy végeredményében a baktériumoknak jelentékeny része elhal, tönkremegy és a földben élő többi baktérium működése következtében testét alkotó egyszerű vegyületekké esik szét. A baktériumok rendkívül gyorsan szaporodnak.

Idevonatkozólag csak tájékoztatásul szeretném a következőket megjegyezni. A laboratóriumban a baktériumok tenyésztésére felhasznált táptalajokon az úgynevezett baktériumtelepek, kolóniák keletkeznek. Nagyjában feltételezhetjük, hogy kereken 4 nap alatt egyetlen egy csírának az osztódása 2 mm átmérőjű és 0.1 mm magas telepet hoz létre. Ennek a köbtartalma kereken  $0.314 \text{ mm}^3$ . Az előbbieik alapján tudjuk, hogy egy baktériumnak a köbtartalma az átlagul vett adatok alapján  $0.000,000.00529 \text{ mm}^3$ , úgyhogy ezzel a számmal a telep köbtartalmát elosztva, 60 millió baktériumot fogunk találni. Egyetlen egy csirából tehát négy nap alatt 60 millió csíra fejlődött, úgyhogy végeredményében naponként a fejlődés 15 millió. Ezzel ellentétben a szántóföldi talajainkban nyáron és ősszel a nitrogénköti baktériumoknak a számát legkedvezőbb feltételek mellett 100.000 és 200.000 között fogjuk találni. Világos tehát, hogy ez az aránylag alacsonyabb szám csak úgy marad meg ezen a színvonalon, hogy a keletkezett baktériumoknak jelentékeny része állandóan elpusztul. Azért egyáltalában nem túlozunk akkor, ha feltételezzük, hogy a nitrogénköti baktériumoknak e 200.000-et kitevő tömege tulajdonképpen minden második nap kicserélődik, havonként tehát összesen 15-ször lesz megújítva a baktériumtömeg. És, ha most 4 hónapig tételezzük fel a nitrogénköti baktériumok maximális fejlődési állapotát, abban az esetben az esetről-esetre talált baktériumszámnak megfelelő nitrogénmennyiséget 60-al kell szoroznunk, hogy az egész megkötött nitrogénmennyiséget megkapjuk. Az *Azotobacterek* elég jelentékeny nagyságot érnek el, úgyhogy, ha átlag  $5 \mu$  átmérőjű gömbalakoknak tételezzük fel őket, akkor köbtartalmuk  $0.000,000.065 \text{ mm}^3$ -nek, súlyuk ugyanannyi mg-nak felel meg. 100.000 nitrogénköti baktérium esetén ez a végzett számítások szerint 0.65 kg nitrogénnek felel meg hektáronként. Ez 60-al szorozva 100.000 nitrogénköti baktérium esetén kereken 39 kg, 200.000 nitrogénköti baktérium esetén azonban már 78 kg megkötött nitrogénnek felel meg hektáronként. Ha most tekintetbe vesszük, hogy nitrogénből búzánál, rozsnál, árpánál és zabnál *Mitscherlich* szerint 50—60 kg-nál nincs többre szükségünk hektáronként 20 q-ás termést alapul véve, úgy arra a meglepő eredményre fogunk jutni, hogy helyes talajművelés mellett gazdasági növényeink nitrogénszükségletének jelentékeny részét már a nitrogénköti baktériumok munkája által is fedezhetjük. A kérdés gyakorlati keresztülvitelénél tekintetbe kell vennünk azt is, hogy különösen nyáron alkalmazott szántásnál talajainkat mindig megfelelően hengereljük, miután ellenkező esetben, amint azt a gyakorlati eredmények mutatják, az eredmény nem lesz kielégítő.



## VI. TÁBLÁZAT.

Megnevezés	Kat. holdankint q-ban a légszáraz					Talajgazda- godás q		A gyűjtött összes lég- köri nitrogén egész számokban kg/ha
	t e r m é s			gyökér- termés	tarlómarad- vány	televényben; istállótrágya értékben kife- jezve (75% víz)	nitrogénben	
	mag	szalma és egyéb	széna					
A) Sovány talajon								
Bíborhere .....	—	—	12	9·6	2·2	40·1	0·21	42
Baltacím (3 éves) ..	—	—	50	75·0	10·0	289·0	2·04	324
Nyúlszapuka (2 éves).	—	—	15	15·0	2·3	58·8	0·40	63
Homoki borsó .....	6	10	—	13·6	1·9	52·7	0·37	73
Paszuly .....	6	8	—	5·6	3·8	32·0	0·19	50
Lencse .....	4	6	—	6·0	1·6	25·8	0·15	46
Szöszösbükköny ....	—	—	12	13·8	1·9	53·4	0·39	82
Csillagfürt .....	8	20	—	18·2	6·2	83·0	0·68	123
B) Jó talajon								
Lucerna (4 éves) ...	—	—	140	140·0	35·0	595·0	3·50	742
Vöröshere (2 éves) .	—	—	60	48·0	11·4	202·0	1·31	269
Bíborhere .....	—	—	15	9·8	2·7	42·5	0·23	49
Baltacím (3 éves) ..	—	—	70	84·0	14·0	333·2	2·35	396
Főzelékborsó .....	10	20	—	6·8	3·6	35·4	0·21	86
Paszuly .....	8	10	—	5·4	4·9	35·0	0·21	61
Lencse .....	6	8	—	6·3	2·2	28·9	0·17	61
Közönséges bükköny- széna .....	—	—	12	5·4	1·9	24·8	0·18	46
Lóbab .....	12	24	—	16·2	7·9	81·9	0·48	130
Csillagfürt.....	10	25	—	14·0	7·7	73·8	0·61	130



Még inkább javíthatjuk a helyzetet, ha a hüvelyesek gyökérgumóival szimbiózisban élő *Bacillus radicola* nitrogénkötő képességét is figyelembe vesszük. Idevonatkozólag Villax Ödön kitűnő munkája alapján közlünk egy összeállítást (lásd VI. táblázat), amely azt igazolja, hogy a két nitrogénkötő baktériumcsoport működése helyes talajművelés és az elővetemények jó megválasztása esetén nagyjában még a legtöbb nitrogént igénylő növények termesztésénél (tehát a burgonyánál, cukorrépánál) is, a levegőből felvett nitrogénnel növényeinket kielégíthetjük.

A talajlélekzéssel kapcsolatban szeretnék még a talajlélekzésnél képződött szénsavmennyiségnek és azután a talajlélekzés által felhasznált humuszmennyiségnek a quantitativ viszonyára is rámutatni. A talajlélekzést előidéző baktériumok ugyanis tudvalevőleg a széntartalmú vegyületeket bontják. Ezeket a félig elkorhadt szénvegyületeket nevezzük azután humusznak. Tudjuk azt is, hogy mind a baktériumok, mind a gombák korhasztó munkája, ha elegendő levegő hozzájárulása mellett folyik le, végeredményben a talajban felhalmozott humuszanyagok feldolgozására fog vezetni. Hogy ez milyen mértékben és mérvben lesz lehetséges, arra vonatkozólag álljon itt a következő összehasonlító jellegű tájékoztatás:

A mezőgazdasági talajaink humusztartalma általában 1 és 2% között váltakozik. Ez a humusztartalom, egy hektár szántóföldön, 30 cm mélységet feltételezve, kereken 80 ezer kg súlynak felel meg. Ebből a 80 ezer kg-ból az ismert arányszámok alapján 46.400 kg esik a szénre és körülbelül ennek egytizede, 4640 kg esik a nitrogénre. 1%-os humusztartalom esetén viszont 40.000 kg összsúly mellett 23.200 kg szénnel és 2320 kg nitrogénnel van dolgunk.

Most, hogy a baktériumoknak a talajlélekzésnél végzett szerepét megérthessük, még azzal is tisztában kell lennünk, hogy miképpen lehetséges az, hogy ezek az aránylag rendkívül kicsiségű élőszervezetek ennyire élénk kémiai tevékenységet tudnak kifejteni. A választ erre csak akkor tudjuk megadni, ha tisztába jövünk azzal, hogy viszont ezeknek az élőszervezeteknek a felülete, amelyen át tulajdonképpen a legtöbb élettani működésüket kifejtik, sokszorosan nagyobb. Így, ha az ismert baktérium köbtartalmából indulunk ki, úgy:

1 db	0.000.000.00529 mm <sup>3</sup>	0.000.013188 mm <sup>2</sup> -nek
1.000 „	0.000.00529 „	0.013188 „
1.000.000 „	0.005.29 „	13.188 „
10.000.000 „	0.0529 „	131.88 „

felel meg.

Világos ezután, hogy a baktériumoknak a most tárgyalandó működését nemcsak tisztán ezeknek a súlyában, hanem főleg az



élettani feladatot végző, súlyukat többszörösen felülmúló felületükben kell keresni. Így érthetjük meg a talajlélekzésnek a mennyiségbeli kifejezését. A talajlélekzésről viszont tudjuk, hogy évi 10—15 millió baktériumot véve grammonkint átlagul, a lélekzés óránként és  $\text{m}^2$ -ként kereken 1 g szénsavnak fog megfelelni. Ez a mennyiség nyáron, amikor a mikroszervezetek száma maximumát éri el, nagyobb, télen pedig tetemesen kisebb. Fontos azonban tudnunk, hogy a mi klimatikus viszonyaink mellett néha még télen sem lesz a talaj hőmérséklete oly kicsi, hogy a talaj kapilláris járataiban a víz megfagyjon, amiáltal a talajlélekzés lehetetlenné lenne téve. Ehelyett azt fogjuk találni, hogy, bár kisebb értékek mellett, de a talajlélekzés néha még a téli, de őszi és még a kora tavaszi időszakokban is zavartalanul megy a maga útján. Ezért nem követünk el nagy hibát, ha azt mondjuk, hogy óránként és  $\text{m}^2$ -ként átlag a legtöbb jó állapotban lévő szántóföld vagy erdőtalaj 1 g szénsavat termel óránként. Ez a látszólag kis mennyiség 1 hektárra átszámítva azonban már nagy súlyt képvisel. Így megközelítőleg 87600 kg szénsavat lélekzik ki termőföldünk 1 hektárja 1 év alatt, amelyből 23652 kg esik a szénre. (Lásd a 16. ábrát.)

Ha most az előbbi adatokat összehasonlítjuk, akkor azt fogjuk találni, hogy ez a mennyiség 1%-os humusztartalom szénmennyiségének felel meg. Kiszámíthatjuk tehát, hogy egy jó állapotban lévő mezőgazdasági talaj 1 évben 1%-os humusztartalomnak megfelelő szénmennyiséget képes kilélekzeni, illetőleg szabatosan kifejezve, elégetni. Különbözik a talajlélekzés mérve, mint már láttuk, a talaj jósága és annak biológiai állapota szerint erősen változik és az elővetemények szintén jelentékeny hatást gyakorolnak rá, amely körülményt a 13. ábrán néhány jellemző példával világítottam meg.

Ha most már az előzőket mind egybevetjük, az első, aminek a felismerése elől nem zárkozzhatunk el, az a tény, hogy talajainkat helyesen megművelni, azokat a gyakorlati növénytermesztés szempontjából legjobban felhasználni csak akkor tudjuk, ha tisztába jövünk azzal, hogy mezőgazdasági talajainkat nem lehet tisztán kémiai és fizikai sajátságokkal rendelkező élettelen tömegnek tekinteni, hanem minden egyes talaj egy élő szervezetet alkot, amely éppen a benne lefolyó szinte szünet nélkül ismétlődő biológiai behatások és anyagcserekörfolyamatok következtében állandóan változtatja összetételét. Mint az élő növény vagy állati szervezet belső biológiai összetételének a folyton változó élettani helyzete, olyan a mi talajainknak élete is. Ennek az életnek is megvannak a maga határozott törvényszerűségei és ma már teljes joggal állíthatjuk azt, hogy a kémiai és fizikai sajátságok megítélése alig jelent valamit a talajok termőképességének a megítélésénél, ha azoknak élettani sajátságaival nem vagyunk tisztában. A talajélet törvényszerűségei és azoknak biztos felismerése fogja a gyakorlati mezőgazdáknek és főleg a mi nehéz körülmé-



nyekkel harcoló magyar mezőgazdaságunknak az útát és a lehetőséget megadni ahhoz, hogy a talajélet jelenségeihez alkalmazott művelési és növénytermesztési eljárások mellett a talaj termőképességének teljes feltárásával jobb terméseredményeket érjünk el.

### 8. Az eredmények gyakorlati jelentősége.

Minden elméleti jelentőséggel bíró kutatási irány természetesen végső céljául mindig azt tekinti, hogy munkássága által az emberi tudásnak, az ember szellemi és gazdasági életének legyen az előmozdítója. Fokozottabb mértékben áll ez a talajtani kutatás minden egyes ágára, mert hiszen ez a tudományág a növények rendelkezésére álló élettérnek azzal a részével foglalkozik, amelyre az emberi kultúrközösség gazdasági jólétének az alapjai vannak lerakva. Nagyon természetes tehát, hogy minden gyakorlati mezőgazda most már az előző fejezetekben elmondottak után önkéntelenül is fel fogja vetni azt a kérdést, *hogy vajjon mindezek a bizonyos fokig elméleti jelentőséggel bíró eredmények mit jelentenek a gyakorlati mezőgazdaság szempontjából?*

Mielőtt ennek a kérdésnek a tárgyalására rátérnék, nyomatékosan szeretnék rámutatni arra, hogy véleményem szerint semmi sem ártott annyit az elméleti biológiai tudományok gyakorlati életben való elismerésének és jelentőségének, mint az a körülmény, hogy nagyon gyakran olyan kutatási eredményeket vittek át a gyakorlatba, amelyek részben még nem voltak kellően megalapozva, részben pedig egyoldalúságuk folytán több kárt, mint hasznot okoztak.

Aki az újabb mezőgazdasági irodalom utolsó két évtizedének az eredményeivel tisztában van, hamar rá fog jönni arra, hogy a különböző, meglehetősen hangzatos jelszavak alatt köztudatba vitt, kellőleg meg nem értett, rendszerint teljesen egyoldalú elméleti eredmények meglehetősen meggondolatlanul való gyakorlati átvétele mennyi kárt és csalódást okozott. Ez az oka véleményem szerint annak, hogy a legtöbb gyakorlati mezőgazda bizonyos fokú bizalmatlansággal viseltetik az elméleti kutatás eredményei iránt. Viszont másrészt azt sem szabad elfelejtenünk, hogy nem minden elméleti eredményt lehet azonnal, minden további nélkül, gyakorlatilag hasznosítani. Ahhoz, hogy gyakorlatilag is hasznosítható végső elv vagy törvényszerűség létrejöjjön, sokszor nagyon sok részletkutatás és részleteredmény szükséges, hogy a tudomány ezekből, mint építőteglákból építse fel a végső összefüggéseket. A talajbiológia fiatal tudománya még nagyon sok elméleti



kutatásra fog szorulni addig, amíg a felvetett problémák mindegyikére végleges, kielégítő és szabatos választ adhatunk.

Az eddigi eredmények azonban egyet világosan bizonyítanak és ez az, hogy a talaj élő, lüktető szervezet, amelynek minden fizikai és kémiai sajátága a talajban lefolyó életjelenségek következtében folytonos és állandó változásoknak van alávetve. A talajbiológiai tudomány nem arra való, hogy háttérbe szorítsuk vele a talaj szabatos kémiai és fizikai vizsgálati módszereit. Aki ezt hiszi, tévhitben van és helytelen úton jár. Minthogy a talajbiológia élő szervezetekkel foglalkozik, amely élő szervezetek egész mechanizmusa külső és belső vonatkozásával szakadatlan kémiai és fizikai reakciók kölcsönhatásából áll, ebből világosan következik, hogy a talajbiológia tulajdonképpen élettani részének szabatos és biztos alapjait a biokémia és a biofizika elengedhetetlenül szükséges alaptudományai és módszerei fogják megadni.

Az a körülmény, hogy a talajtan kémiai és fizikai módszerei a gyakorlati növénytermesztés problémáit nem tudták megoldani, nem jelenti még ezeknek a módszereknek a csődjét. A módszer jó, csak az alkalmazása volt helytelen. Ha egyszer tisztába jöttünk azzal, hogy a talaj mint élő szervezet a maga eleven lüktető életét éli, azzal is tisztába kell jönnünk, hogy egy ilyen élő szervezetnek egyszeri megfigyelése, történjék az még olyan szabatos kémiai, fizikai és matematikai módszerekkel, legfeljebb valamely adott időpontban vett helyzetről ad pillanatképet, anélkül, hogy az egész szervezet működésének a belső összefüggéseit, az élet energetikai értelmében vett dinamikájának ismeretét megadná nekünk. A talajbiológiai tudomány gyakorlati szempontból vett legelső és legdöntőbb erejű eredményét tehát abban kell látnunk, hogy a talajról vallott eddigi merev kémiai és fizikai felfogást megváltoztatta és a kémiai és fizikai módszerek sztatikai alkalmazását dinamikai irányba terelte. Gyakorlati mezőgazdasági szempontból nem az lesz tehát fontos, hogy a talajnak valamely adott időpontban milyen a nitrogén-, a foszfor- vagy a káliumtartalma, hanem az, hogy tisztába jöjjünk azzal, miszerint *a talaj, mint élőszervezet ezekkel a tápanyagokkal hogyan gazdálkodik és milyen lesz a tápanyag gazdálkodásának a mérlege* és akkor, ha ismét új növényt kívánunk elvetni, milyen lesz a további folyamat. A talajt a maga egészében mint élő szervezetet energetikai értelemben kell felfognunk és megismernünk, amely a nap hőenergiájának a hatására belső kémiai és fizikai adottságánál és életenergiájánál fogva dinamikai élettevékenységet folytat és a föld feletti növényzettel együtt egy csodálatos szerves egységbe összeforrott, eleven, mozgó életteret alkot.

Az egyszeri megfigyelés, az egyszeri vizsgálat tehát sohasem adhat helyes képet és legtöbbször nem is adott. Ezért van az a nagy ellentmondás a ma már különben nagyfejlettségű talajtani tudomány kémiai vizsgálati eredményei és a gyakorlati mezőgazdaság



tapasztalatai között. A talajbiológiai tudomány ezen a téren nem az ellentéteket akarja kimélyíteni, hanem a talajról vallott felfogásunk és megismerésünk új, helyes irányba való terelésével óhajtja az ellentétes nézeteket összhangba hozni.

Egy másik alapvetően fontos eredménye az eddigi talajbiológiai kutatásoknak abban áll, hogy megismertesse velünk a mikroorganizmusoknak azt a működését, amellyel ezek a talajban oldhatatlan állapotban lévő tápanyagokat könnyen oldódó, a természetett növények gyökerei által felvehető állapotba hozzák. *Ma már tudjuk, hogy a talajban lévő szerves és szerves vegyületek átalakítása, mozgósítása nem tisztán kémiai és fizikai folyamat, hanem élő szervezetek által indukált biokémiai és biofizikai reakciók összefüggő láncolatossorozata.* A talajbiológiai tudomány azt is megmutatta az eddigi kutatások során, hogy ezek a reakciók, illetőleg ezek a reakciósorozatok a különböző talajművelési eljárások által, ha ezeket helyesen fogantatosítjuk, bizonyos határok között szabályozhatók. Ne essünk abba a tévedésbe, hogy azt higgyük, miszerint a talajbiológia tudománya olyan lehetőséget ad a kezünkbe, amellyel egy szélsőségesen rossz talajt teljesen jóvá varázsolhatunk, vagy ami majd lehetővé teszi azt, hogy dacára a mezőgazdasági növénytermelés rendkívül intenzív tápanyag-elvonásának, pótlás nélkül gazdálkodhatunk. *Az bizonyos, hogy a talaj nitrogéngazdálkodása terén a helyesen keresztülvitt talajművelés és ezzel összefüggésben a talajaink helyes biológiai karbantartása a levegőből való nitrogénkötés és felhasználás tekintetében rendkívül sokat tehet. De a többi szervesen sóknál végeredményben a termelés minden fajtája állandóan anyag felhasználásával jár, amelyet pótolni kell.* De ilyenkor először jöjjünk mindig tisztába a tényleges szükségletünkkel és kerüljük el azt, hogy túlzottan trágyázzunk és túlzott mennyiségű műtrágyát alkalmazzunk, amellyel, eltekintve az anyagi károsodástól, növényeinknek és a talajéletnek is többet ártunk, mint használunk. A pótlás megállapításánál vegyük mindig figyelembe azt a körülményt, hogy jó talajállapot mellett a mikroorganizmusok munkássága a talajainkban a nehezen oldódó állapotban jelenlevő szerves foszfor- és káliegyületek egy részét könnyen oldódó és így a növények gyökerei által könnyen felvehető alakba vihetik át és ezért a pótlás idejét és nagyságát hozzuk mindig összhangba a meglévő tartalék-készleteknek az elhasználás és biológiai mozgósítás kölcsönös viszonya által megadott mértékével. Hogy ilyen irányú tanácsokat tudjunk majd adni, ahhoz még sok, a gyakorlati összefüggő tudományos vizsgálatra lesz szükség.

Mindeme kérdések megítélésénél kiválóan fontos, hogy talajainkat az adott tápanyagaival gazdálkodni tudó élő szervezetnek tekintsük s a rajtuk növő növényzettel és a bennük dolgozó mikroorganizmusokkal együtt szerves lélettérként fogjuk fel, amelynek az ismérveit ne sztatikai, hanem a bennük működő



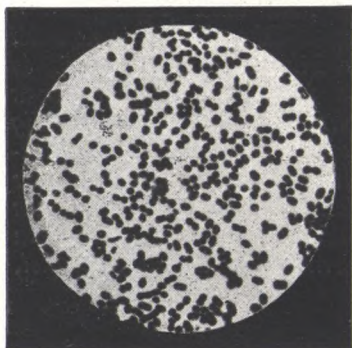
erők mozgására alapított dinamikai ismeretükre építsük fel. Ne a működés egyes szakaszait, vagy egyes időpontjait vizsgáljuk, hanem a működés egész lefolyását és a végbemenő életfolyamatok végeredményeképpen jelentkező tápanyaggazdálkodás egész menetét, tehát a felhasználást és a szükségletet.

A jó vízgazdálkodás és a helyesen keresztülvitt talajművelés többé-kevésbbé már előre biztosítja a talajélet helyes körfolyamatát. *De természetesen ez még nem teszi feleslegessé a talajbiológiai vizsgálatokat. Az, hogy a vízgazdálkodás helyes menetét és a talajművelési rendszereknek helyes kihatásait kiértékelni és ellenőrizni tudjuk, feltétlenül szükségessé teszi azt, hogy ezeknek befolyását a talaj egész biológiai és biokémiai viselkedésére mindig szorgos megfigyelés és megvizsgálás alá vegyük. Foglalkozzunk állandóan sűrű megfigyelések alapján a talajaink életjelenségeivel és akkor az eddig megoldatlannak hitt kérdések jelentékeny részét meg fogjuk tudni oldani. Pillantsunk bele a talajélet kohójának a mechanizmusába és az ott nyert tapasztalatok alapján termesszük a növényeinket, műveljük és ápoljuk a földjeinket.*

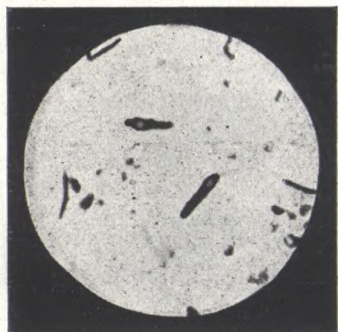


II. RÉSZ.

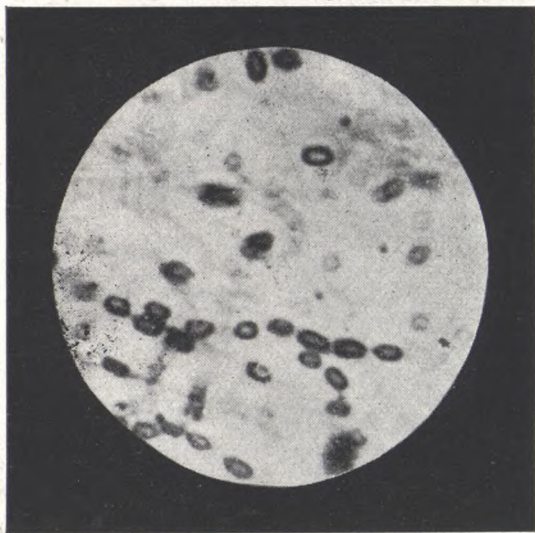
**Talajbaktériumok, gombák és moszatok  
mikrofotografiákban.\***



17. ábra. Nitrifikáló baktériumok ;  
kb. 1500-szoros nagyítás.



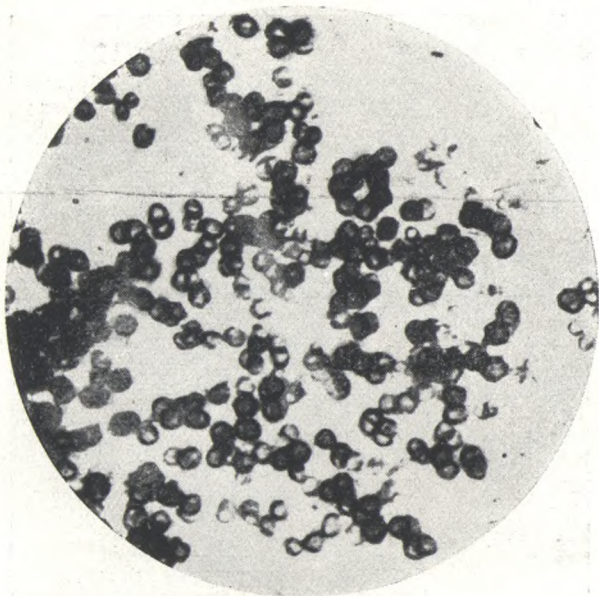
18. ábra. *Clostridium pastorianum*,  
spóráképző alak ; kb. 1500-szoros  
nagyítás.



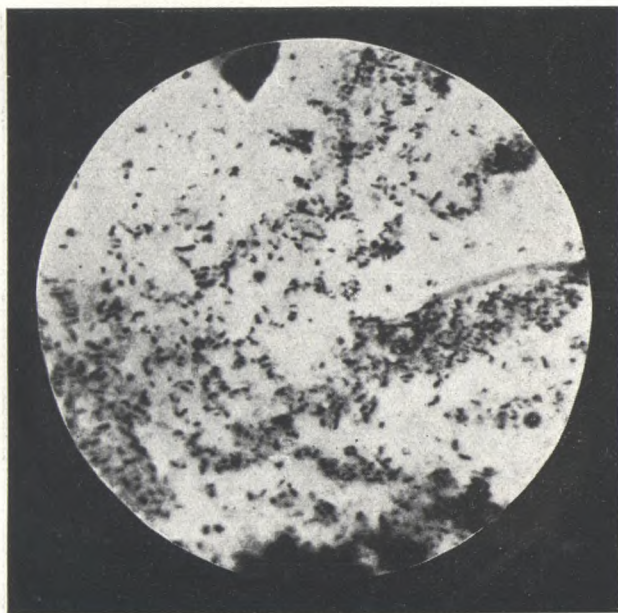
19. ábra. *Bacillus radicicola* ; kb. 1200-szoros nagyítás.

\* A 26. ábra kivételével a műgyetem Növénytanj Intézetében készült eredeti felvételek.



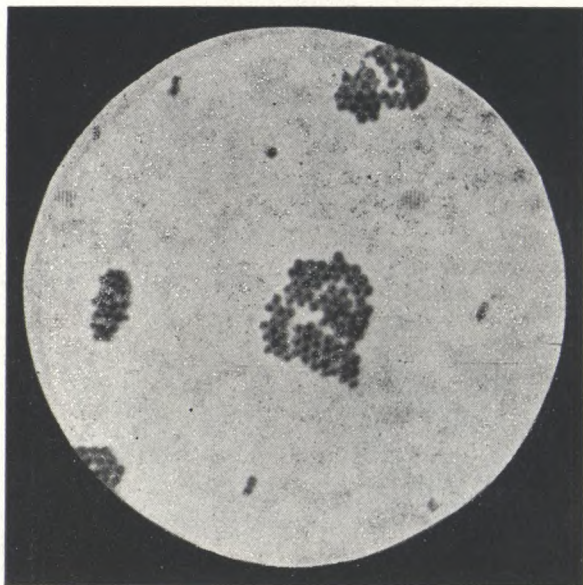


20. ábra. *Azotobacter chroococcum* ; kb. 1000-szeres nagyítás.

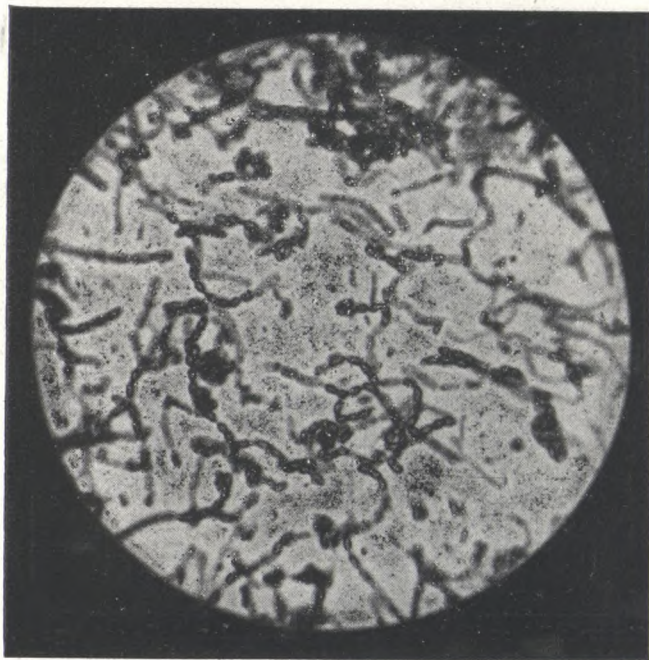


21. ábra. Denitrifikáló baktériumok kevert tenyésze ; kb. 1500-szoros nagyítás.



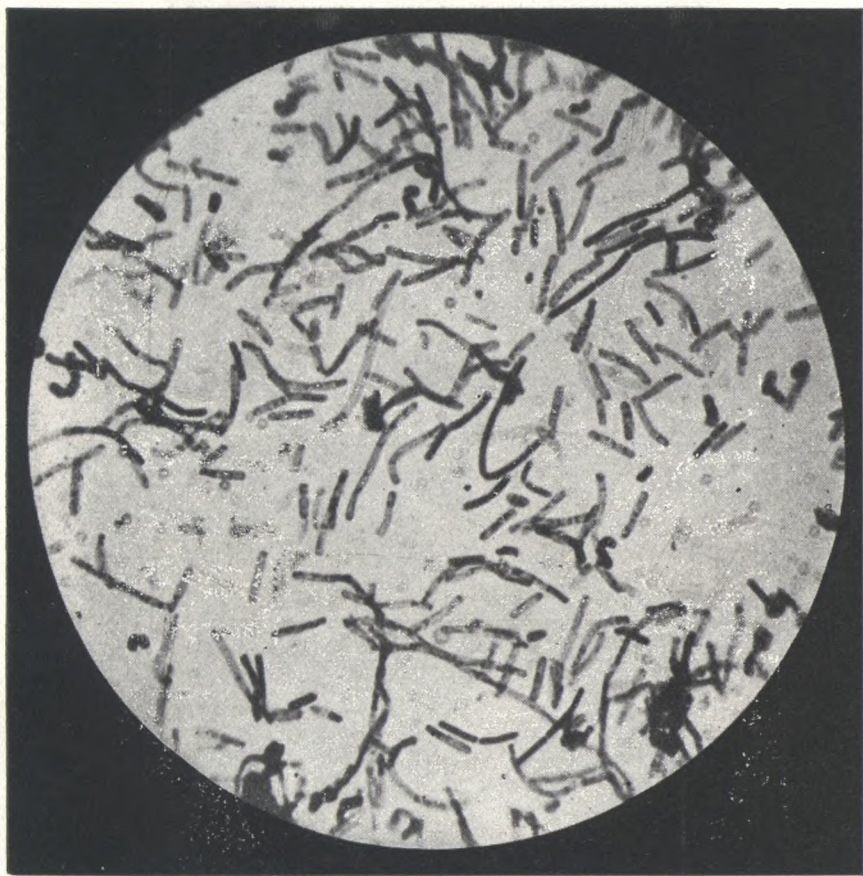


22. ábra. *Micrococcus candidus*; kb. 1200-szoros nagyítás.



23. ábra. *Bacillus pseudoanthracis*, spóráképződés alatt; kb. 2000-szeres nagyítás.



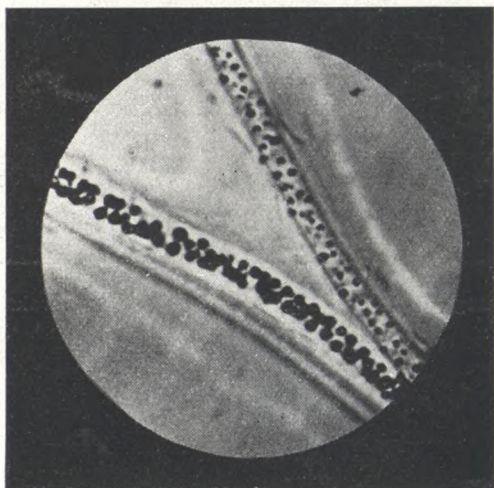


24. ábra. *Bacillus megatherium*, a baktérium testében látható volutinszemecskékkel ;  
kb. 2000-szeres nagyítás.



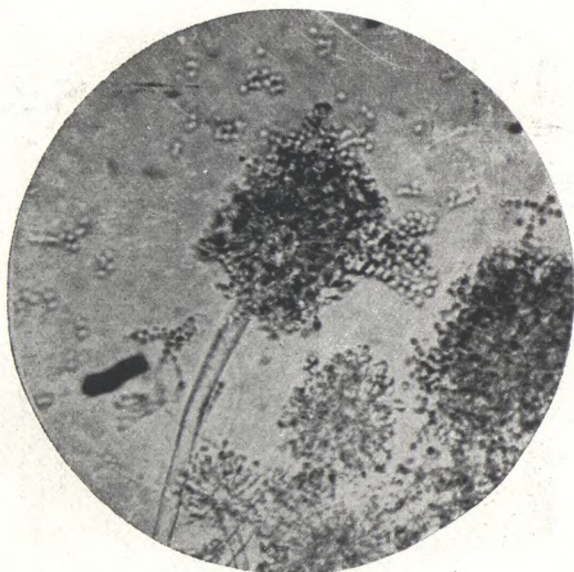


25. ábra. *Bacillus mycoides*; kb. 1500-szoros nagyítás.

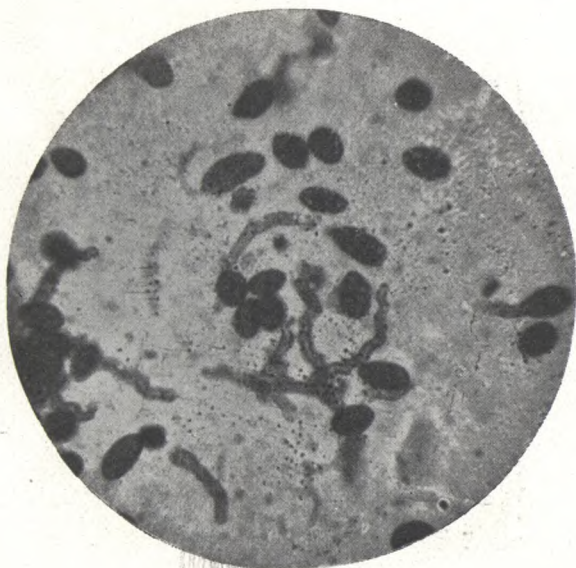


26. ábra. *Beggiatoa alba*, a fonálasakú baktériumtestben felhalmozott kénszemecskékkel; kb. 2000-szeres nagyítás. (Nowák után.)



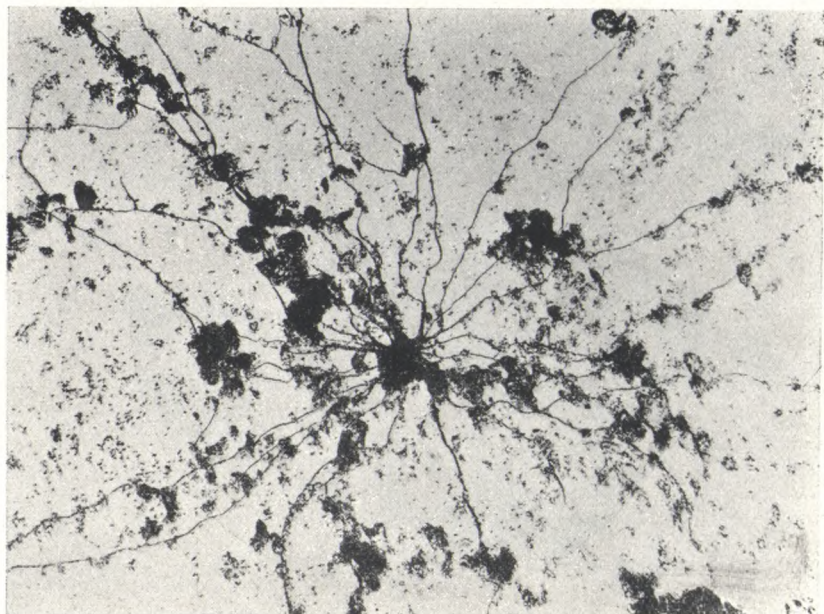


27. ábra. *Aspergillus fumigatus*.

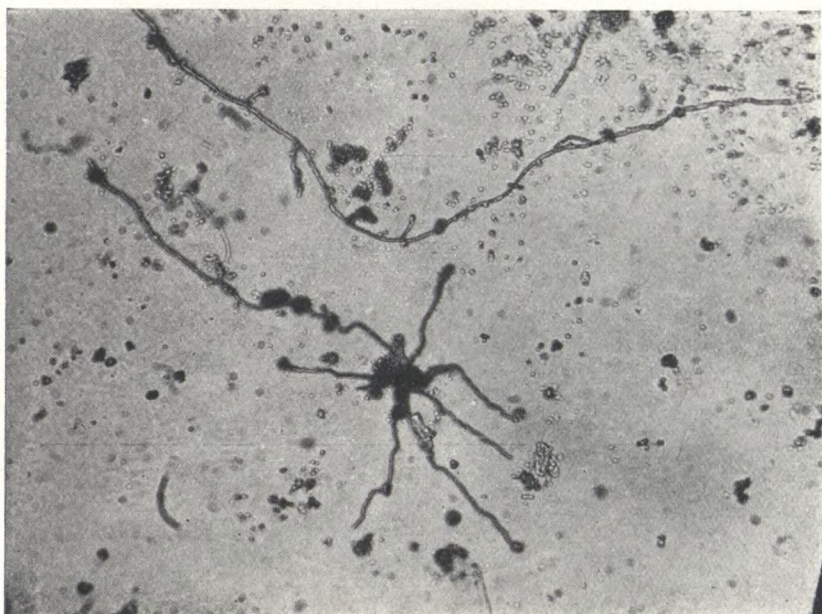


28. ábra. *Macrosporium commune*.



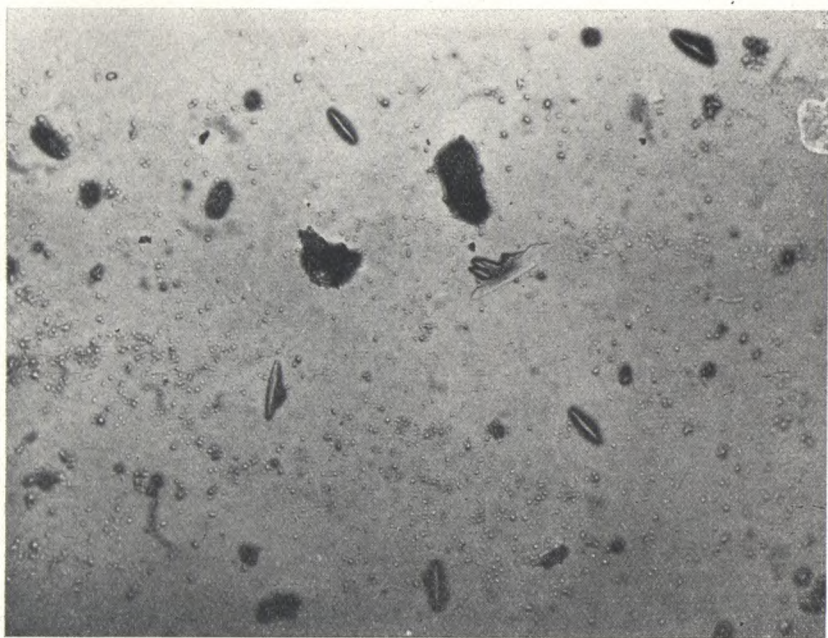


29. ábra. Actinomyces-telep homokos talajban, Cholodny-lemezen.

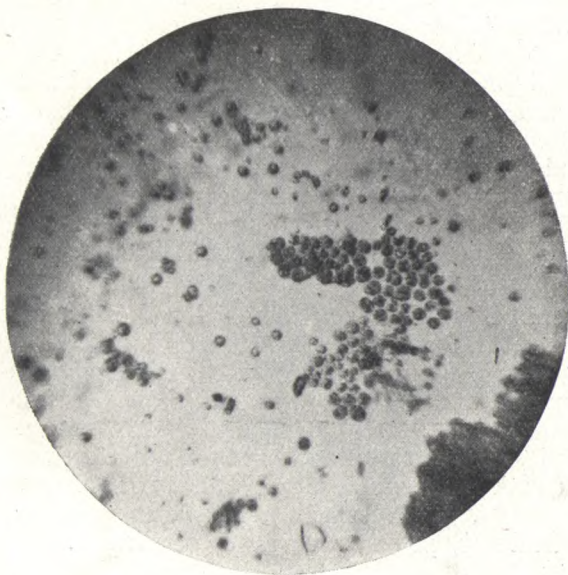


30. ábra. Gomba-hyphák homokos talajban, Cholodny-lemezen.





31. ábra. Kovamoszatok homokos talajban, Cholodny-lemezen.



32. ábra. *Chlorococcum humicolum*, a talajok egyik leggyakoribb zöld moszatja.



### III. RÉSZ.

## A talaj állatvilága.\*

A talaj rengeteg állatnak nyújt életteret (biotopot). Főleg a talaj felszíni rétegeiben találjuk meg őket. Itt nemcsak lakóhelyet, hanem bőséges mennyiségű táplálékot, szaporodásukhoz megfelelő helyet találnak.

A talaj állatai között életmódtani (ökológiai) szempontból többféle csoportot különböztethetünk meg.

1. Vannak olyan fajok, mégpedig igen nagy tömegben, amelyek *egész életükön keresztül* a talajban fordulnak elő. Ilyenek pl. az állati véglények (protozoák), földi giliszták, egyes fonálférgek, vakondok stb.

2. Nagyon sok állatfaj csak *ifjúkori* életét tölti a talajban, de kifejllett állapotában a föld felszínére kerül, esetleg mint repülő rovar a levegőbe és ott éli le további életét.

3. A talajban sok olyan állatot is találunk, amelyek csak *búvóhelynek* használják azt. A tél hidege, az éjszaka sötétsége, leskelődő ellenségek elől már előre elkészített helyeket keresnek fel, vagy pedig a kész búvóhelyeket (repedések stb.) használják fel életük megmentésére. Vannak természetesen ragadozók is, amelyek leskelődő helyül használják fel a talajt.

Természetes, hogy a talaj életében a két első csoport tagjai bírnak a legfontosabb szereppel.

Sajnos, még mindig sok ismeretlen kérdés mered a talaj élőlényeinek a talajban végzett szerepéről a talajkutatók felé. Még mindig nem vagyunk tisztában azzal, hogy az egyes állatcsoportok milyen mértékben játszanak közre a talajnak, mint életegységnek életében, főleg hasznos vagy káros irányban.

A talaj szempontjából a következő állatcsoportoknak van nagyobb szerepük: *véglények, férgek* (Rotatoria, Nematoda, Lumb-ricida, Polychaeta, Enchytraeida), *rákok, medvéállatcskák* (Tardigrada), *százlábúak, pókok, rovarok és gerincesek*.

\*) Ezt a részt Varga Lajos dr. egyetemi magántanár dolgozta ki.



### a) Végvények.

A talajban élő végvényekre vonatkozólag a legutóbbi évtizedek sok fáradságos munkája derített némi fényt. Kiderült, hogy a talajban, mind a terméketlen, mind pedig a termékeny talajban nagyszámú állati végvény él. Az is kiderült, hogy sokszor a legkisebb mennyiségű (egy grammnyi) talajban is sok ezer állati végvény található. Különösen akkor kezdték meg a végvények kutatását, amikor olyan tapasztalatokat szereztek a kutatók, amelyek szerint a végvények a talaj növényi életére annyira fontos és hasznos baktériumok táplálékul való felhasználásával és a növényvilág részére szükséges sók részbeni elfogyasztásával a legnagyobb mértékben kárára vannak a talajnak.

Russell és Hutchinson protozoaelmélete szerint a talaj kifáradását éppen a protozoák okoznák. Ezt az elméletet főleg az angol talajkutatók fogadták el és számos más országban is hívókra talált. Ámde amerikai és orosz talajkutatók elutasították ezt az elméletet, mert azt vallják, hogy a talajvégvények nincsenek káros, hanem inkább hasznos hatással a talaj életére.

A talaj végvényei egész életüket egy sejt állapotában töltik el. Ahhoz, hogy a talajban megélhessenek, megfelelő mennyiségű vízre van szükségük. Természetes, hogy a talajban a végvényeknek csak olyan fajai élhetnek meg, amelyek életszükségletüknek megfelelően igen csekély nedvességgel is megelégszenek. Ha az életkörülmények nem alkalmasak, akkor a talajvégvények betokozódnak, az ú. n. c y s t a - állapotba mennek át. Ebben az állapotban nemcsak a pusztulást jelentő kiszáradástól menekülnek meg, hanem a nagyon összezsugorodott testet körülvevő tokháj a legszélsőségesebb hőmérsékleti ingadozásoktól, különleges kémiai hatásoktól, szóval minden jelentkező káros hatástól kitűnően megvédelmezi őket. Minden végvény képes arra, hogy ebben a tokos állapotban sokszor hosszú éveken keresztül lappangó életet (anabiosis) élve, dacolni tudjon a legnagyobb fokú szárazsággal is. Ha az ilyen végvénytokok szabadra kerülnek, a szél nagyon könnyen szárnyaira kaphatja és finom porszem alakjában messze elröpítve, új élettérbe juttathatja azokat. Leginkább ilyen állapotban terjednek el a föld minden helyén. Ezzel magyarázhatjuk meg azt a ma már pontosan megállapított tényt, hogy állati végvények kitenyészthetők a Szahara forró homokjából, a magas hegyek szikláira üledett vékony porrétegből, az erdő mélyén levő humuszból éppen úgy, mint a legelők, kaszálók és mezőgazdasági talajokból is. Ezzel magyarázhatjuk meg azt is, hogy a végvények mind a kozmopolita fajok közé tartoznak, azaz valamely talajra jellemző, különleges fajokat alig találunk, mert a föld minden részének talajában általában ugyanazok a fajok élnek.

Ezekből természetesen következik, hogy a végvényeknek csak olyan fajai élhetnek meg a talajban, amelyek természetüknek



megfelelően gyors betokozódásra képesek. Hiszen a talaj víztartalma nagyon gyorsan és hirtelen annyira megcsökkenhet, hogy a részecskéket borító végtelenül kicsiny vízhártya már nem elegendő a véglények életére. Ilyenkor lehetőleg gyorsan össze kell zsugorítaniok testüket, maguk köré tokot kell képezniök, amely a talaj gyors kiszáradása ellen a lappangó élet állapotában védelmet nyújt az elpusztulás ellen.

Amikor a talajba új nedvesség kerül, a hőmérsékleti viszonyok pedig megfelelőkké válnak, akkor a nedvesség hatására a védő tok felreped vagy felpuhul, az összezsugorodott test újra megfelelő nedvességet vesz fel és az állatka rövid időn belül újra élheti igazi életét. A betokozódott állapotból újra eleveenné válás sokszor hihetetlenül gyorsan megtörténhetik. Vannak véglények, amelyeknek tokjai langyos vízbe való jutás után 10–20 percen belül felpuhulnak és az állatkák vígan mozognak tovább, mintha a lappangó élet állapotában nem is töltötték volna el hosszú időt.

A véglényeknek ez a sajátos életmódja magyarázza meg azt, hogy a talajban nagy számban találunk betokozódott egyedeket. Különösen télen, amikor a talaj nedvessége jéggé fagyott s az egész talajréteg az átfagyottság állapotában dermed, akkor az állati véglények is tokos állapotban várják meg az életüknek megfelelő körülmények bekövetkezését. Ámde nagyon sok véglénytököt találunk nyáron is, főleg a nem öntözött, teljesen kiszáradt talajokban, amelyekből a nyári szárazság az életműködéseikhez szükséges legcsekélyebb mennyiségű vizet is elpárologtatta.

Mindebből látható, hogy a véglények a talajban kétféle állapotban találhatók meg: 1. *eleven állapotban*, ezeket nevezzük *aktív* véglényeknek, 2. *betokozódott állapotban*, ezeket *cystáknak* mondjuk. Természetes dolog, hogy a termőtalaj életében csak az *aktív* véglényeknek lehet szerepük, hiszen ezek eleven állapotban élnek és fejtik ki működéseiket. A betokozódott állapotú véglények lappangó életük alatt természetesen nem fejthetnek ki semmiféle hatást. Legfőljből csak annyiban lehetnek hasznára a talajnak, hogy ilyen állapotukban elpusztulva, hulláik anyagával a talaj szerves anyagainak mennyiségét gyarapítják. Ám ez ritkán történik meg, hiszen a tokos állapot éppen az élet megóvására teszi képessé a véglényeket.

A véglényeknek három nagy csoportja fordul elő a talajban:

1. *Ostoros véglények* (Mastigophora), amelyeknek fajai testükön egy vagy több ostort viselnek, melyeknek mozgatásával a talajvízben élénken változtatják helyüket. Eddig már nagyon sok fajukat mutatták ki. Mindenféle talajban a legcsekélyebb vízmennyiség mellett is aktív állapotban fordulnak elő.

2. *Gyökérlábúak* (Rhizopoda). Legközönségesebb fajai az amoebák köréből kerülnek ki. Ezek a legalsóbbrendű véglények nagyon egyszerű alkotásuak. Testüket rendkívül egyszerűen fel-



épített protoplazma alkotja. Alakjuk sohasem állandó. Karélyos állabakkal változtatják helyüket s lassú gördülő mozgással haladnak előre. Igen csekély nedvességgel is megelégszenek s kétségtelen, hogy a legmostohább körülmények között is aktív életet élnek, mert a milliméter ezredrészét elérő testvastagságukkal a végtelenül vékony vízhártyában is mozgásra képesek. Betokozódási képességük is igen nagy.

3. *Csillangós véglények* (Ciliata). Ezek a véglények sok vizet kívánnak és így aktív állapotban csakis bőséges talajnedvesség mellett élhetnek meg. Igen gyors mozgásúak, de mennyiség tekintetében meglehetősen elmaradnak az előbbi két véglény-csoporttól.

Mindezek a véglények életükhöz nem kívánnak meg napfényt. Kedvelik a sötétséget és oxigénigényük is kicsiny. Előfordulásuk a talaj minőségétől függ. A laza homokos talajban sok fajuk él, de csak azok, amelyek gyors tokképzésre képesek. Az agyagos talaj szintén csekély mennyiségű véglényt tartalmaz, a szikes talaj a legszegényebb véglényekben. A legnagyobb mennyiségben az olyan humuszos talajban élnek, amelynek savanyúsága nem magasfokú. Az is kitűnt, hogy a trágyázás, főleg a természetes trágyázás után a véglények száma hirtelen igen magas fokra emelkedik. A legtöbb véglény a marhatrágyával jól trágyázott talajokban található.

A véglények mennyisége évszakonként különböző. Feltűnő, hogy a legnagyobb mennyiségben az őszi végén találhatók, nyáron azonban erősen megcsappan a számuk. Ennek oka kétségtelenül az, hogy a talaj nálunk tavasszal és ősszel tartalmaz legtöbb vizet és egyúttal a véglények táplálékául szolgáló legtöbb korhadó és rothadó szerves anyagot. A nyári megcsökkenés oka legfőképpen abban rejlik, hogy a talaj gyorsan kiszárad és vízben szegény lesz.

Ami a talajvéglények számát illeti, a vizsgálati adatok nagyon változók. Így *Cutler* egy gramm talajban 100—50.000 amoebát, 1000—100.000 ostoros véglényt és legfőljebb 1000 csillangós véglényt talált. *Francé* egy  $\text{cm}^3$  jó termőtalajban 50.000—100.000, jó réti talajban 75.000—115.000, jó kerti talajban pedig 30.000—100.000 véglényt mutatott ki. *Fr. Pérey* egy gramm kerti földben már 1.193.000 protozoát számolt meg. Feltűnő az a tapasztalat, hogy a műtrágyával kezelt talajokban csak mintegy 3000 véglényt tudtak kimutatni.

A talaj-véglényeknek *mélyiségi* előfordulásáról és számáról még nagyon keveset tudunk. Kétségtelen, hogy ez a talaj minőségétől, lazaságától stb. függ. *Francé* szerint a rendes humusz-salajban egy méter mélységig lehet véglényeket találni, éppen úgy, mint baktériumokat. A legnagyobb mennyiségben mintegy 5 cm mélységben találhatók. Minél inkább lefelé haladunk, annál kevesebb a számuk.



Ami a talajlakó véglények szerepét illeti, a kérdés még nem teljesen tisztázott. Nagyon vitatott kérdés, vajjon hasznosan vagy károsan hatnak-e a talaj termékenységére, avagy teljesen semlegesek. Sokan azt hiszik, hogy a talajprotozoák, különösen a nitrít- és nitrátképző baktériumok elpusztításával kárt okoznak a termőtalajnak. Ám ez a nézet még nem kétségtelenül bizonyos. Mert ha meggondoljuk, hogy az állati véglények nem csupán talajbaktériumokkal táplálkoznak és számuk éppen nyáron a legkevesebb, amikor a baktériumok mennyisége szaporodik, akkor be kell vallanunk, hogy ezzel a váddal szemben a talajvéglények meglehetősen ártatlanok. A talaj kifáradásáért sem lehet felelőssé tenni őket. A baktériumok élete egyáltalában nem függ a talajlakó állati véglények életétől, viszont ezeknek élete sincs a baktériumokhoz kötve. Ha tehát ettől eltekintünk, a talaj állati véglényeit inkább hasznosaknak kell tartanunk. Nagy mennyiségükkel lélegzésük útján kétségtelenül sok széndioxydot juttatnak a talajba. Kiválasztó életműködésük útján húgyanyagokat, tehát nitrogénben gazdag vegyületeket ürítenek a talajba. Kétségtelen az is, hogy miután idővel természetesen elpusztulnak, testük anyagát a talajnak adják át, ami azután újra a talaj fehérjemennyiségét gazdagítja és adja a baktériumok számára. Minthogy a korhadó és rothadó szerves anyagokat is felhasználják táplálkozásukra, biztos, hogy a talajképzésben is nagy szereppel bírnak. Hasznosaknak vehetjük a véglényeket abból a szempontból is, hogy a talajrögök közé furakodva a talajt lazítják és annak átszellőztetéséhez hozzájárulnak.

Általános élettudományi szempontból hangsúlyoznunk kell, hogy a talaj mikrofaunája és mikroflórája nagy *életközösséget* (biocönoszt) képez, erről pedig tudjuk, hogy tagjai egymást kölcsönösen feltételezik és egymás életét kiegészítik. A talajlakó állati véglények nagy számuk miatt fontos tagjai ennek az életközösségnek és így szerepük a talaj életében semmiképpen sem lehet közömbös.

### b) Férgek.

A talajban nagyon sok féregfaj él. A *kerekcsőféreg* néhány faja a talajrögök közötti vízben gyakran megtalálható. Főleg baktériumokkal, állati véglényekkel, korhadó növényi anyagokkal táplálkoznak. Csekély számuk miatt talajtani szempontból nagy jelentőségük nincsen.

A *fonálférgek* már nagyobb jelentőségűek. A legtöbb talajban igen nagy mennyiségük fordul elő és így valószínű, hogy a talaj átszellőzésében és porhanyításában működnek közre. Mint-



hogy legnagyobb részük csak félig élőködő, kétségtelen, hogy a talajnövényzet számára nincsenek káros hatással. Szintén nagyon kicsiny állatok. Legnagyobb részük nagyon ellenálló mind a tél hidegével, mind pedig a nyár szárazságával szemben. Legnagyobb tömegben augusztusban találhatók, novemberig számbelileg erősen megcsökkennek. Nagy ellenállóképességük teszi lehetővé, hogy igen nagy magasságokban is (Svájcban 3000 m magasságban) megtalálták őket.

A *gyűrűsféreg*ek között a leggyakoribbak a talajban a giliszták. Szerepük már régen ismeretes. Teljesen alkalmazkodtak a talaj sötétségéhez és nedves levegőjéhez. Ha a nedves talajlevegő hiányzik valamely rétegben, akkor a földi giliszták eltűnnek onnan. Nyáron inkább a magasabb rétegekben tartózkodnak, télen azonban mélyebbre húzódnak. Táplálékuk a talaj sokféle szerves anyaga. Kedvvel fogyasztják a lehullott faleveleket. Ezeket a földrészekkel együtt hajtják át bélcsatornájukon, ahol a szerves anyag az enzimek hatása alatt nagyfokú bomlásokon megy keresztül és a bélcsatornában a földes ásványi anyagokkal jól összekeveredik. A giliszta testéből ilyen módon eltávozó ürülék egynemű tömeg, amelyben nagyon sok baktérium van, amelyek a talajban is tovább működnek. A földigiliszták hatása a talajban attól függ, hogy milyen mennyiségben fordulnak elő. Régen ismeretes *Darwin* adata, aki angliai legelőkön hektáronként 67.000 darabot mutat ki. *Hensen* kutatásai szerint a kerti talaj ugyanolyan mennyiségében 133.000 darab található.

*Sassalik* számításai szerint egy giliszta havonta 1-3 gr száraz levélanyagot fogyaszt el. Ebből láthatjuk, hogy a giliszták a talajban a szerves anyag átalakításánál mennyire fontos szerepet bírnak. *Darwin* mutatta ki azt is, hogy a giliszták hektáronként és évenként 17-5—45 tonna talajt szállítanak egyik szintből a másikba, miáltal a különböző talajrétegeket egymással jól összekeverik. *Stöckli* megállapította, hogy a giliszták egy m<sup>2</sup> területre évenként 2-1—8-6 kg földet szállítanak fel. A gilisztajáratok elvezetik a hirtelen eső csapadékvizet, a növények gyökerei ezeken át nagyobb mélységbe juthatnak. Minthogy a giliszták ürüléke sok meszet tartalmazhat, amely feltűnő a mészmentes talajokban is, kétségtelen, hogy a talaj mézsmennyiségét is erősen növelhetik. Kimutatták azt is, hogy a giliszták ürülékében az aerob baktériumok száma 91—900 %-kal, az anaerob baktériumok száma pedig 5—172 %-kal nagyobb, mint abban a talajban, amelyből táplálékukat vették. Ilyen módon a giliszták a talaj rétegeiben, még a mélyebb rétegekben is emelik a talajbaktériumok mennyiségét.

A földigilisztáknak tehát a talaj szempontjából csakis hasznos szerepet lehet tulajdonítani. Sokan a forró égővek nagy termőképességű talajainak létrehozását éppen a bennük élő hatalmas giliszta-tömegeknek tulajdonítják. Hiszen pl. Kartum kör-



nyékén hektáronként 1,330.000 darabot találtak. De viszont vannak termékeny területek, mint pl. Macedóniában, ahol földigiliszta egyáltalában nincs és mégis a termékeny talajon kiváló aratások esnek.

A földi gilisztákhoz sok tekintetben hasonlóak az *Enchytraeidae* is, amelyek 3—40 mm hosszú, fehér, sárgás és vöröses színű férgek, amelyek a talajban sokszor hihetetlen mennyiségben elszaporodnak, különösen akkor, ha a talaj nedvessége igényeiknek megfelelő állapotban van. Ilyenkor a számuk 1 m<sup>2</sup> területen 150.000-t is elérhet. Természetes, hogy főleg ősszel vannak a legnagyobb mennyiségben, nyáron azonban számuk nagyon megcsappan. Szerepük a humuszképzésben nagy, mert bélcsatornájuk mirigyei a táplálékul szolgáló növényi maradványokat erősen megtámadják és így a gyors humuszképződést elősegítik. A talajt keresztül-kasul fúrják és így a földigilisztákéhoz hasonló kedvező hatással vannak a talajra. Régebben károsaknak mondták őket.

A *medveállatocskák* (Tardigrada) a kerekese férgekhez hasonlóan mikroszkopikus kicsinységű állatok, féregszerű testalakúak. A talajban gyakran megtalálhatók, de mindig csekély számban. Szerepük a talaj életében nem számottevő.

A *százlábúak* főleg a nedves, humuszos talajban élnek, korhadó növényi anyagokkal táplálkoznak. Ennek következtében a talaj-, illetőleg humuszképzésben határozott hasznos tevékenységet végeznek. Sok százlábú bélcsatornájában megtalálták a talaj ásványi anyagait is. Vannak azonban százlábúak, amelyek ragadozó életmódot folytatnak, a talajban csak mint búvóhelyen élnek és így legfőljebb hulláikkal lehetnek a talaj hasznára.

A rovarok között számos olyan faj van, amely egész életét a talajban tölti. Nagy mennyiségük azonban csak álcaállapotát éli le a talajban. Mindezek a talaj átalakításában és feldolgozásában kiváló szerepet végeznek. Már a legalsóbbrendű fajok is, pl. a néhány mm nagyságú szárnyatlan *Collembolák* fontos tevékenységet fejtenek ki, már igen nagy egyedszámuk miatt is. Egyes helyeken milliárdjaik fordulhatnak elő. Vándorlásaik alkalmával a föld felszínén centiméter magas rétegeket is alkothatnak.

A rengeteg talajlakó rovar közül nálunk a *cserebogarak* alcáit említjük meg. Ezek a talaj feltúrásával némileg hasznára vannak a talajnak. Nem ásnak alagútszerű vájatokat, mint a giliszták, hanem előrehaladtukban maguk előtt a talajból csomót formálnak és ezt lábaikkal hasi testrészük alá vonva mintegy keresztül vetik magukat rajta. Ez által hozzájárulnak a talaj lazításához. A növényzetnek azonban óriási károkat okoznak.

A *hangyák* élete szintén a talajhoz kötötten folyik le a legtöbb fajnál. Hasznos szerepük a talaj trágyázásában van, mert



idegen származású, valamint a saját testükből eredő nitrogéntartalmú anyagokkal gazdagítják azt. Járataikkal és fészük építésével hozzájárulnak a talaj átszellőztetéséhez. Fészük építéséhez sokszor nagy földtömegeket forgatnak át. A trópusi talajokban hasonló szerepet játszanak több-kevesebb tekintetben a fehérhangyák (termeszek).

A talajlakó *gerincek* között meglehetősen sokat találunk. A csúszó-mászók közül a gyíkok, kígyók kedvvel keresik fel mind nyáron, mind pedig télen téli álmuk idején a talajt. Az emlősök köréből egyes rágsálók és rovarevők élnek rendszeresen a talajban. A vakondok, földikutya, igazi talajlakók. Járataikkal, túrásaikkal, lakásaik építésével, hosszú folyosóik készítésével nagytömegű földet mozgatnak meg. Sok hasznot hajtanak a növényzetre káros rovarok elpusztításával is.

A hörcsög, ürge, nagyon sok földi pocok, üregi nyúl, róka, borz nálunk is ismeretes és leggyakrabban előforduló emlősállatok, amelyek a talajt főleg lakóhelyül használják fel, ámde hasznuk a talaj életében meglehetősen csekély.













