

A TALAJMIKROBIOLÓGIA KIALAKULÁSA ÉS HELYE A TUDOMÁNYOK RENDSZERÉBEN

SZEGI JÓZSEF

a biológiai tudományok kandidátusa

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A mikrobiológiai tudomány létrejötté a XVII. század végére nyúlik vissza, azaz arra az időszakra esik, amikor a tőkés társadalmi rend felváltotta a feudalizmust s a termelőerők ugrásszerű fejlődése hatalmas lökést adott a műszaki tudományoknak. A mind gyakoribbá váló és egyre nagyobb távolságokat felölelő hajóutak azonban nemcsak a mechanikai hajtóerő (gőzgép) szükségességét igényelték, de megkövetelték a csillagászati kutatások művelését is, mivel ettől függött a tájékozódás a tengeren. A csillagászat viszont elképzelhetetlen megfelelő optikai műszerek alkalmazása nélkül. Ez eredményezte azt, hogy a holland LEEUWENHOEK, a XVII. század közepén megalkotta az első, mai szemmel nézve igen kezdetleges — de a mikrobiológiai tudomány szempontjából történelmi jelentőségű — mikroszkópját, amelynek segítségével elsőnek állapította meg a baktériumok létezését a kútvízben, esővízben, foglepedékben valamint más szubsztrátumokban. Vizsgálatai eredményét 1665-ben könyvben is közzétette „A természetnek Antony Leeuwenhoek által felfedezett titkai” címmel. A korszerű, összetett mikroszkóp megalkotása JANSSEN nevéhez fűződik és 1720-ra tehető.

A mikrobiológia fejlődésének első stádiuma a *leíró szakasz* volt, amelyben a kutatók munkája arra irányult, hogy mikroszkóppal vizsgálták a különböző szubsztrátumokat és leírták az ott látott mikroszervezeteket, majd később megkísérelték rendszerezni azokat.

Bár rendkívül lassan, azonban a tudományos anyag a mikrobiológiai ismeretek terén fokozatosan felhalmozódott. Igen megnehezítették ezt a folyamatot az ősnemzés teóriájának védői, akik szerint egyes alacsonyabb rendű élőlények a bomló szerves maradványokból keletkeznek. Jóllehet az ősnemzés elméletét több kutató, így SWAMMERDAM 1669-ben, REDI 1688-ban, valamint SPALLANZANI a XVIII. század második felében igyekeztek cáfolni, azonban állításaikat nem fogadták el. Ennek volt a következménye, hogy LINNÉ (1758) a világhírű biológus a XVIII. század elején a „Természet rendszere” c. könyvében az összes mikroorganizmusokat a „Chaos” rendbe sorolta, megjegyezve, hogy nem érdemes elmélyedni ezen szervezetek tanulmányozásában.

Forradalmi változást jelentett a mikrobiológia fejlődése szempontjából Pasteur munkássága, amely a XIX. század második felére esik és ettől az időszaktól számítjuk a *kísérleti mikrobiológia* kezdetét.

PASTEUR (1862) munkássága döntő csapást mért az ősnemzés elméletére. Tanulmányozva egy sor emberi és állati betegséget, megállapította, hogy ezeket mikroorganizmusok okozzák, nem pedig a vér, illetve a testnedv összetételének megváltozása, mint abban az időben feltételezték. Munkássága eredményeképpen alkalmazza az emberiség a védőoltást, amelynek jelentősége felbecsülhetetlen az egészségügy szempontjából.

Bár Pasteurt elsősorban az orvosi mikrobiológia terén elért eredményei tették világhírűvé, azonban tevékenységének volt egy jelentős része, különösen munkássága első szakaszában, amely ipari, illetve mezőgazdasági vonatkozású. Pasteur idejében rohamosan haladt előre a mezőgazdaság kapitalizálódása, ami magával hozta a mezőgazdasági feldolgozó ipar ugrásszerű fejlődését, amely több megoldandó problémát vetett fel a tudomány számára. Ezzel magyarázható elsősorban, hogy Pasteur néhány ipari mikrobiológiai és állategészségügyi kérdést is tanulmányozott, így az erjedést [PASTEUR (1861)] és az azt kiváltó mikroszervezeteket, a sör megromlását okozó mikroszervezeteket [PASTEUR (1876)], a selyemhernyó pusztulás okait. Vizsgálatai során megállapította, hogy azok a mikroorganizmusok, amelyek kiváltják ezeket a folyamatokat, fiziológiai sajátosságaikat tekintve jelentősen különböznek egymástól. Kidolgozta továbbá a folyadékban levő spórártlan mikroszervezetek hővel történő elpusztításának módszerét, amely a „pasteurizáció” nevet viseli és széles körben alkalmazza az élelmiszeripar.

A mikrobiológiai tudomány fejlődése szempontjából kimagasló jelentősége van KOCH (1881) német orvos munkásságának, akinek neve a tuberkulózis kórokozójának kitenyésztésével vált világhírűvé. Kísérleteinek eredményeképpen véglegesen bebizonyítást nyert, hogy a különböző fertőző betegségeket mikroorganizmusok váltják ki. Kidolgozta azok elterjedésének megakadályozását szolgáló intézkedéseket, a dezinfekciót.

Koch tevékenységének felbecsülhetetlen érdeme a szilárd táptalaj alkalmazása. Az általa először használt zselatinos tápközeg lehetővé tette a mikroszervezetek kitenyésztését tiszta kultúrában. Ez a felfedezés hatalmas mértékben segítette elő nem csupán az orvosi, hanem az ipari és mezőgazdasági mikrobiológia fejlődését, illetve kialakulását.

A XIX. század második felében a felhalmozódott adatok lehetővé tették a talajmikrobiológiának, mint önálló tudományágnak, létrejöttét. Ebben az időben az agrártudományok egyes ágai, elsősorban az agrokémia és a növényélettan, rohamos fejlődésnek indultak. Különösen LIEBIG (1842) német vegyész munkássága volt az, amely alapján változtatta meg a növények táplálkozásáról alkotott korábbi elképzeléseket. Ő volt az első, aki megállapította, hogy a talajból kivont növényi tápanyagok műtrágyák alkalmazásával mes-

terségesen pótolhatók, s ezzel megvetette a korszerű növénytermesztés alapját. Sajnos azonban Liebig, akit elkápráztattak az agrokémia terén elért sikerek, egyoldalú dogmatikus szemlélete következtében a talajban végbemenő átalakulási folyamatokat tisztán kémiai okokra vezette vissza. Liebig egész életében harcolt a biológiai szemléletnek a talajművelésben történő elterjedésével szemben, s az általa hangoztatott kémiai felfogás hosszú időn át gátolta a később igen termékenynek bizonyult biológiai irányzat elterjedését a talajtan és az agrokémia területén.

A növények élettani folyamatait tanulmányozó kutatók közül BOUS-SINGAULT (1885) munkássága emelkedett ki, aki kísérletei során, elsőnek jutott olyan következtetésekhöz, hogy a légköri nitrogént a pillangós növények képesek megkötni.

Jóllehet a talajbiológiai folyamatok tanulmányozását Liebig és követőinek egyoldalú kémiai szemlélete erősen gátolta, azonban teljesen megakadályozni nem tudta s így mindinkább nyilvánvalóvá vált, hogy a talajokban végbemenő bonyolult átalakulások, amelyek kapcsolatban vannak a bennük termesztett növények táplálkozásával, nem magyarázhatók megnyugtatóan kizárólag kémiai okokkal. Az orvosi és ipari mikrobiológia terén elért eredmények ugyancsak arra ösztönözték a talajok tanulmányozásával foglalkozó szakembereket, hogy megvizsgálják a talajokban végbemenő bonyolult folyamatokban a mikroszervezetek szerepét.

A talajmikrobiológia első úttörői között EHRENBURG (1839) nevét kell megemlíteni, aki 1839-ben megjelent könyvében elsőnek hívta fel a figyelmet arra, hogy a talajban élő mikroorganizmusok fontos szerepet visznek a talajképző folyamatokban. Nagy jelentőséget tulajdonított a talajban végbemenő biológiai folyamatoknak a német KETTE (1865) is, aki elsőnek folytatótt experimentális munkát ezen a területen. MULDER (1863), valamint ROSENBERG-LIPINSKY (1869) ugyancsak rámutattak arra, hogy a talajban élő „infusoriumok”, valamint a talaj szervsanyagainak képződése között, szoros összefüggés áll fenn. FRACÉ (1921) adta az „edaphon” elnevezést a talajban élő növényi és állati szervezetek összességének.

Már a talajmikrobiológiai kutatások kezdetén rendkívül nagy figyelmet fordítottak a kutatók a talaj nitrogén tartalmának átalakulására, valamint a növények nitrogéntáplálkozásának mikrobiológiai tényezőire. PASTEUR (1862) feltételezte, hogy a talajok ammóniavegyületeinek nitrátokká történő átalakítását mikroorganizmusok váltják ki. 15 évvel később SCHLOESING és MÜNTZ (1877) kezdték tanulmányozni az ammónia oxidációját a talajban. Szennyvizet szivárogtattak át egy edényben levő homokoszlopon és megfigyelték, hogy az átszivárgás folyamán az ammónia fokozatosan eltűnik és nitrátok halmozódnak fel. A kloroformgőzök gátolják a nitrátképzést, azonban azok eltávolítása után ismételten tovább folyik. Bár a fentiek alapján több más kutató [CONN (1914), FRANKLAND (1888), WARINGTON (1878) stb.] feltételezte, hogy a nitrifi-

kációt a talajban élő mikroszervezetek váltják ki, azonban ezt minden kétséget kizáróan csak az orosz WINOGRADSKY (1890) bizonyította be, aki elsőnek tenyésztette ki a talajból a nitrifikáló baktériumokat.

A múlt század első felében megállapították a kutatók, hogy a pillangós virágú növények nitrogénnel képesek gazdagítani a talajt. BOUSSINGAULT (1855) volt az első, aki ezt megfigyelte, azonban azt feltételezte hogy a nitrogénkötés a növények zöld festékanyagával van kapcsolatban. A pillangósok gyökérzetén a gumóképzést LACHMANN (1858) észlelte elsőnek 1858-ban, majd nyolc évvel később megfigyelését az orosz WORONIN (1866) is alátámasztotta. FRANK (1885) 1879-ben már azt is megállapította, hogy a gumókban baktériumok élnek, amelyeket a növény parazitáinak gondolt. HELLRINGEL és WILFAHRT (1888) német kutatók végeztek vizsgálatokat annak tisztázására, hogy a gumóképzés milyen kapcsolatban van a növények táplálkozásával. Homokot tartalmazó tenyészedényekben borsó és zab növényekkel kísérleteket állítottak be. A kísérlet befejezése után megvizsgálták a homok nitrogén tartalmát, s azt állapították meg, hogy a zabnövény esetében a kísérlet végén a homok kevesebb nitrogént tartalmazott, mint vetéskor. Egészen más eredményeket kaptak, mikor borsó után határozták meg a nitrogén mennyiségét. Az összes kísérleti edényekben nagyobb mennyiségű nitrogént mutattak ki betakarításkor, mint a kísérlet beállításakor. Egyes edényekben a felhalmozódó nitrogéntöbblet elérte az 1.24 g-ot. Megfigyelték azt is, hogy a homok nitrogéntartalma csak akkor fokozódik, ha azt előzőleg nem hevítik ki. A fentiekből HELLRINGEL és WILFAHRT az alábbi két következtetést vonták le:

- a) a pillangós növények légköri nitrogénnel képesek táplálkozni.
- b) a légköri nitrogént csak akkor tudják értékesíteni, ha előzőleg nem hevítik ki a tenyészedényekben levő homokot.

Ugyancsak megfigyelték, hogy a nem steril homokban a pillangósok gyökérzetén gumók fejlődnek, míg a kihevített homok esetében a gumóképzés nem indult meg. A rhizobiumok tiszta tenyészetben történő kiválasztása BEIJERINCK (1889) nevéhez fűződik, aki 1889-ben adott hírt arról, hogy asparagint tartalmazó borsólevél főzetéből készült szilárd táptalajon a borsó gyökérgumójából sikerült a baktériumokat kitenyészteni, melyeket *Bac. radicola*-nak nevezett el. Rhizobiumos oltóanyag kísérleti alkalmazásáról első ízben NOBBE és HILTNER (1893) számoltak be.

A fás növények és a gyökérzetükön élő gombák közötti szimbiózis lehetőségére PFEFFER (1877) mutatott rá elsőnek. Az ő feltételezését tette magáévá FRANK (1885), aki a ma is használatos ektotrof és endotrof mykorrhiza felosztást megalkotta.

A növények táplálkozásával, valamint a talajok képződésével foglalkozó kutatók már a múlt század közepén célul tűzték maguk elé a talajokban kerülő növényi és állati maradványok lebontásának megismerését. Mivel a növényi

maradványok túlnyomó tömegét a cellulóz teszi ki, a kutatók érdeklődése a cellulóz mineralizációja felé fordult. A rendelkezésünkre álló irodalmi adatok szerint MITSCHERLICH (1850) 1850-ben először közöl adatokat a cellulóz talajbeli lebontásának tanulmányozásával kapcsolatban. Az orosz POPOV (1875) figyelte meg, hogy összefüggés van a cellulóz anaerob elbomlása, valamint a metánképzés között. Az a megállapítás, hogy a cellulóz elbontását a mikroszervezetek váltják ki TAPPEINER (1882) nevéhez fűződik. HOPPE-SEYLER (1886) volt az első kutató aki laboratóriumi viszonyok között megkísérelte vizsgálni a cellulóz mineralizációjának intenzitását. 1886-ban közzétett munkájában leírja, hogy 1000 ml-es lombikba 25,77 g cellulózt és 700 ml vizet mért be, majd az így készített szubsztrátumot csatornaiszappal oltotta be. A négy évig folyó kísérletben megfigyelte, hogy a bevitt cellulózból 15 g távozott el metán és CO_2 alakjában. Az első időszakban erős erjedés volt észlelhető, amely a kísérlet vége felé teljesen megszűnt.

A cellulóz anaerob elbontását kiváltó baktériumokat 1899-ben OMELIANSKY (1904) orosz tudós választotta ki, akinek két baktériumot sikerült kitenyészteni. Az egyik esetében a gáztermékek között a metán volt túlsúlyban, a másik baktériumnál pedig a hidrogén. Ezen az alapon az egyiket *Bac. cellulosa methanicus*, a másikat pedig *Bac. cellulosa hydrogenicus*-nak nevezte el. VAN ITERSON (1904) elsőnek mutatta ki a cellulóz aerob elbontását kísérleti úton. A sugárgombák cellulózbontó képességének megállapítása FOUSEK (25) és KRAINSKY (1913) nevéhez fűződik, míg a talajgombák által történő cellulózbontást elsőnek DE BARY (1886) írta le, aki megállapította, hogy a *Botrytis vulgaris* gomba intenzíven növekedik a cellulózon.

A talajmikrobiológia viharos fejlődése a XIX. század utolsó és a XX. század első évtizedére esik. A talajmikrobiológiának ez az aranykora szoros kapcsolatban van az orosz VINOGRADSKY és OMELIANSKY, valamint a dán BEIJERINCK tevékenységével.

VINOGRADSKY munkásságának első részében nagy figyelmet fordított az autotrof mikroszervezetek megismerésére. 1883-ban a kénbaktériumokat, majd 1888-ban a vashbaktériumokat, 1890-ben pedig a nitrifikáló baktériumokat ismerteti tanulmányaiban.

Vizsgálatai során sikerült fényt deríteni az utóbbi mikroszervezetek sajátos életfolyamataira, megállapítva, hogy ezek autotrof szervezetek azaz a levegő CO_2 -jából képesek szerves anyagot szintetizálni és az ehhez szükséges energiát az ammónia oxidációjából nyerik. Ez a sajátos folyamat a kemoszintézis néven ismeretes a mikrobiológiában. A nitrifikáló baktériumok tiszta tenyészetben történő előállításával Winogradskynak sikerült tisztázni, hogy a nitrifikáció két különálló fázisban megy végbe. Az első stádiumban résztvevő nitrifikáló baktériumok (nitroso-baktériumok) az ammóniát nitritté oxidálják, míg a második stádiumban a baktériumok második csoportja (nitro-baktériumok) tovább oxidálják azt nitráttá.

WINOGRADSKY (1893) egy másik igen értékes munkája a légköri nitrogént anaerob viszonyok között megkötni képes *Clostridium pasteurianum* kitenyésztéséről ad hírt. Abból a célból, hogy a talaj mikroorganizmusainak sajátos csoportjait tanulmányozni tudja, Winogradsky kidolgozta az elektív táptalajok alkalmazásának módszerét, amely korábban teljesen ismeretlen volt. A fentiekén kívül sikerült kidolgozni egy sor eredeti módszert a talajmikrobiológiai vizsgálatok szempontjából. Ilyen többek között a szilikagél lemez, amelyeket napjainkban is széles körben használ fel a talajmikrobiológiai gyakorlat.

A nitrogénködő mikroszervezetek kitenyésztését tovább folytatta BEIJERINCK (1889), miután elsőnek állította elő tiszta tenyészetben a rhizobiumokat, néhány évvel később, 1901-ben, a talajban szabadon élő aerob nitrogénködő baktériumot az *Azotobacter*-t izolálta. Először az *Azotobacter chroococcum*ot sikerült tiszta tenyészetben előállítani, majd az *Azotobacter agilis*-t tenyésztette ki. Ugyancsak BEIJERINCK (1904) nevéhez fűződik a *Thiobacillus thioparus*-nak a identifikációja is.

A korszak harmadik kiemelkedő talajmikrobiológusáról Omelianskyról, aki az anaerob cellulózbontó baktériumokat tenyésztette ki, már megemlékeztünk. Ezenkívül OMELIANSKY részletesen vizsgálta a nitrogén körforgalmát a talajban, különös tekintettel a nitrifikáló (1889) és nitrogénködő (1914), valamint a kénbaktériumokra (1904).

A századforduló után a talajmikrobiológusok mind nagyobb figyelmet fordítottak a talaj szervesanyagainak transzformációjára, a humuszanyagok szintézisére és elbontására. Már múlt század második felében tanulmányozni kezdték a kutatók [PETTENKOFFER (1858)] a talajrespirációt. RUSSEL (1905) mondta ki, hogy a talajban végbemenő oxidációs folyamatok összefüggnek annak termékenységevel, majd STOKLASA és ERNEST (1905) vizsgálták egyrészt a talaj humusztartalma, hőmérséklete, víz- és levegőgaz dálkodása, másrészt pedig annak CO_2 termelése közötti összefüggéseket. Néhány évvel később SUCHTELEN (1910) dolgozott ki módszert a CO_2 termelés meghatározására, majd LUNDENGARDH (1924), WAKSMAN és STARKEY (1924) és más szerzők is részletesen vizsgálták a talajok respirációját. Kétségtelen, hogy ezek a vizsgálatok, melyeknek során közvetlen talajviszonyok között határozták meg a mikroszervezetek aktivitását, újabb fejlődést jelentettek a talajbiológiai folyamatok tanulmányozása terén. A kutatók egy része cellulózt [CHRISTENSEN (1910), NIKLEWSKI (1912), MÜTTERLEIN (1913), vagy más organikus anyagot helyezett a talajba és ennek elbomlási gyorsaságával hozta összefüggésbe a talajok termékenységet.

A talaj humuszanyagainak szintézise terén két olyan ismert elmélet látott napvilágot, amelyek biológiai szempontból magyarázták a humusz szintézisét. Az egyik elmélet szerzője a szovjet VILJAMSZ (1947) volt, aki jól lehet maga nem volt mikrobiológus, de egész munkássága során alapvető jelen-

tőiséget tulajdonított a talajokban végbemenő biológiai folyamatoknak. Viljamsz szerint a humuszanyagok szintézise két fázisra osztható. Az egyik fázishoz a talajba kerülő növényi maradványok mikrobiológiai elbontását sorolja, a másikba pedig a bomlástermékekből a bonyolult nagy molekulájú humuszanyagok szintézisét.

A másik elmélet az orosz származású amerikai mikrobiológus WAKSMAN (1936) nevéhez fűződik. Véleménye szerint a könnyen lebomló növényi anyagoknak (cellulóz, hemicellulóz, pektin) szerepe a humuszanyagok képződésében jelentéktelen, s ezek forrásaiként a talajban egyrészt a növényi anyagok ligninjét, másrészt pedig a mikroorganizmusok proteinjét kell tekinteni.

Már a század első éveiben kezdték tanulmányozni a kutatók a magasabb rendű növények, valamint a gyökérzetükön élő mikroorganizmusok közötti kapcsolatot. A mikroorganizmusoknak a növényi gyökereken történő koncentrációjára még 1904-ben felhívta a figyelmet HILTNER (1904), aki elsőnek alkalmazta a rhizoszféra elnevezést. Azonban ennek a kölcsönviszonynak sokoldalú vizsgálata csak a negyvenes években kezdődött meg STARKEY (1929) és KRA SZILNIKOV (1934, 1936) munkássága nyomán. A rhizoszféráról szóló ismereteinket jelentős mértékben vitték tovább a szovjet BEREZOVA (1946) kutatásai is.

A légköri nitrogént biológiai úton megkötni képes mikroszervezetek kitenyésztése után a kutatókat sokat foglalkoztatta ennek a természetben egyedülálló jelenségnek a mechanizmusa. Az első hipotézis még WINOGRADSKY (1938) nevéhez fűződik, aki az első nitrogénkötő baktériumot a *Clostridium pasteurianum*-ot kitenyésztette, majd a későbbiek folyamán VIRTANEN és LAINE (1936), FEDOROV (1948), WILSON (1940), valamint ALLISON és munkatársai (1940) dolgoztak ki hipotéziseket, amelyek bár előbbre vitték a kérdéssel kapcsolatos elképzeléseinket, ennek teljes tisztázása azonban még a jövő feladatai közé tartozik.

A század első felére esik a talajban élő mikroorganizmusok közvetlen megfigyelési módszereinek kidolgozása, amelyben WINOGRADSKYNAK (1924), CON-NAK (1914), ROSSINAK és munkatársainak (1936), valamint CHOLODNYNAK (1930) vannak igen értékes kísérleti eredményei, az utóbbi években pedig PERFILEV és GABE (1961) kapilláris módszere a legjelentősebb.

A század közepén látott napvilágot MISUSZTIN (1947) szovjet talajmikrobiológusnak a mikroorganizmusok geográfiai, ökológiai elterjedésével kapcsolatos tanulmánya, amelyben megállapította, hogy a geográfiai és ökológiai tényezők döntő jelentőséggel bírnak a mikroszervezetek talajbeli elterjedését illetően. Misusztin szerint a talajmikroorganizmusok összetétele a magasabb rendű növényekhez hasonlóan, a földrajzi zónáknak megfelelően, eltér egymástól, s ugyanazon faj egyes képviselői megváltoztatják sajátosságaikat a földrajzi zónáknak megfelelően.

A hazai talajbiológiai kutatások mindenkor lépést tartottak azzal a fejlődéssel, amely ezen tudományágban annak létrejöttétől kezdve végbement.

CSERHÁTI (1894) „Talajismeret” című könyvében első ízben hívta fel a figyelmet a talajbiológiai folyamatok szerepére a termékenység szempontjából. A rhizobiumos oltóanyagot hazánkban KERPELY (1896) alkalmazta először, majd napvilágot látott BEKE (1908) „Mezőgazdasági bakteriológia” című műve, amelyben nagy számban találunk talajbiológiai vonatkozásokat. Magyarországon Beke elsőnek vizsgálta a cellulóz mineralizációját, valamint a nitrogén körforgalmát.

A biológiai szemléletnek a talajtanban és trágyázásban történő elterjesztésével kapcsolatban KREYBIG (1928) szerzett nagy érdemeket. Ő hozta létre 1925-ben az első magyar talajbiológiai laboratóriumot. Hivatkozott könyvében, amely a „A talaj élete, javítása és trágyázása biológiai szempontból” címet viseli, a szakemberek széles rétege felé vetette fel azokat a talajbiológiai problémákat, amelyek figyelembevételével elengedhetetlenül szükséges nemcsak a kutatók, hanem a gyakorlati mezőgazdák szempontjából is. A talajbiológiai szemlélet másik kiemelkedő személyisége ID. MANNINGER GUSZTÁV ADOLF volt, aki 1938-ban Fürgeden talajélettani állomást hozott létre, majd egy évvel később aktívan közreműködött a kisújszállási növény- és talajélettani kísérleti állomás megszervezésében is.

E két nagytekintélyű mezőgazdasági szakember szoros kapcsolatot tartott fenn FEHÉR DÁNIELLEL, a soproni Erdő-, Bánya- és Kohómérnöki Főiskola növénytan professzorával. Fehér Dániel a magyarországi erdők talajának biológiai vizsgálatát állította munkája központjába. Munkatársaival együtt nagy erőfeszítéseket tett az erdei talajokban élő mikroszervezetek kvantitatív és kvalitatív tanulmányozása érdekében. Vizsgálta a különböző ökológiai tényezőknek (pH, hőmérséklet, nedvességtartalom, tápanyagtartalom) a talajmikroorganizmusok mennyiségi és minőségi összetételére gyakorolt hatását. Nagyszámú adatai alapján széles hatókörű általános következtetéshez jutott, amelyet R-faktornak nevez a talajbiológiai irodalom. E szerint a talajmikroorganizmusok mennyiségi változásait a nedvesség és hőmérséklet kölcsönhatása, illetve e tényezők értékének szorzatából kapott érték szabályozza a talaj fizikai és kémiai adottságai által megszabott keretek között.

FEHÉR és munkatársai (1944) nagy figyelmet fordítottak a talaj CO_2 -termelésének, illetve a talajlégzés és a talaj biológiai állapota közötti összefüggés megismerésére. Munkásságának jelentős eredménye a Szahara homokjában végbemenő biológiai folyamatok tanulmányozásával kapcsolatos értekezése. Ebben elsőnek állapította meg, hogy a korábban élettelennek tekintett szélsőséges száraz homokban speciális mikrobaközösségek aktív élettévékenységet folytatnak.

Fehér vizsgálataival egyidőben egyik legközelebbi munkatársa BOKOR (1933) az alföldi szikes talajok mikroflóráját tanulmányozta, majd a későbbiek folyamán (1943) a magyarországi mykorrhiza-kutatás terén ért el figyelemre méltó eredményeket. Fehér másik legközelebbi munkatársa és tanítványa

FRANK MELANIE volt, aki 1933-tól kezdve aktívan bekapcsolódott a hazai talajbiológiai kutatómunkába, s kutatásai eredményeit részben Fehérrel közösen számos dolgozatban publikálta.

A magyar talajbiológia kiemelkedő egyéniségei között kell megemlíteni Fehér kortársát és munkatársát VARGA LAJOST (1954) is, aki a magyarországi talajok mikrofaunájának megismerése terén végzett úttörő tevékenységet. Az *Azotobacter* előfordulását a hazai talajokban elsőnek ZUCKER (1937) tanulmányozta részletesen.

FEHÉR munkatársaival együtt számos könyvben és több mint száz dolgozatban tette közkinccsé kutatásai eredményeit, amelyek rendkívül nagy hatást gyakoroltak a talajbiológia további fejlődésére és a biológiai szemlélet elterjedésére a talajjal foglalkozó mezgazdasági szakemberek között mind az ország határain belül, mind pedig külföldön (1933, 1944, 1954). Ennek eredményeképpen számos hazai és külföldi szakember kereste fel Fehér professzor tanácskét, amely ezáltal nemcsak a hazai, hanem az európai talajbiológiai kutatások egyik központja lett.

A talajbiológia történeti áttekintésekor nem hagyhatjuk figyelmen kívül azokat az alapvető tudományos műveket, amelyek összegezték a tudományterületen elért kísérleti eredményeket, s ezáltal a különböző szakfolyóiratokban elszórtan megtalálható adatok forrásmunkáivá váltak. A nagyszámú szakkönyv közül csupán a legkiemelkedőbbeket említjük meg. Elsőnek LÖHNIS 1910-ben kiadott „Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie”, valamint 1914-ben megjelent „Bodenbakterien und Bodenfruchtbarkeit” c. könyveire kell hivatkoznunk, amelyekben a szerző az irodalmi adatok ismertetésén s kritikai értékelésén kívül részletesen ismerteti saját, valamint munkatársai vizsgálatait, amelyeket a nitrogén biológiai körforgalma a talaj szervesanyagai átalakulásának tanulmányozása terén végeztek. A másik ilyen alapvető mű WAKSMAN (1927) „Principles of Soil Microbiology” című műve. E napvilágot látott mű a szaktudomány addigi legnagyobb szabású világirodalmi összefoglalója. Párizsban került kiadásra WINOGRADSKY (1949) „Microbiologie du sol” c. műve, amelyben a szerző által kidolgozott örökbeesű s a talajbiológia fejlődése szempontjából korszakalkotó módszerek s az elért eredmények részletes ismertetése található. Ezen munkák közé kell sorolni még FEDOROV (1948) „Mikrobiologisches fixacia azota atmosferü” c. monográfiáját, amely a légköri nitrogén biológiai megkötésével kapcsolatos munkáról ad igen alapos összefoglalót, részletesen ismertetve a szerzőnek e téren elért, s az egész tudományos világban nagyra értékelt vizsgálatait. Ugyancsak itt kell megemlíteni az elmúlt évtizedben megjelent munkák közül FEHÉR (1954) 1300 oldalas „Talajbiológia c. művét, amely nem csupán a megjelenése előtti időszak talajbiológiai munkáinak úgyszólván teljes bibliográfiáját adja, de első teljes összefoglalója a szerző, valamint a többi magyar talajmikrobiológus kutatási anyagának is.

Végül tekintsük át a talajmikrobiológia helyét a tudományágak között, valamint kapcsolatát az agrártudományok különböző ágaival. A talajmikrobiológia, mint alkalmazott tudományág, a mikrobiológiai tudományokhoz tartozik. Rajta kívül ugyancsak ide sorolható az általános mikrobiológia, az orvosi és az állatorvosi mikrobiológia, az ipari mikrobiológia és a növénykórtan. Vizsgálati módszereit tekintve a talajmikrobiológia jóllehet felhasználja a mikrobiológia többi ágának módszereit (a mikroszervezetek kitenyésztése és determinációja), azonban megvannak a maga sajátos módszerei is. Az agrártudományok közül a talajmikrobiológiát elsősorban a talajtanhoz fűzi szoros kapcsolat. Mivel vizsgálatának tárgyát a talaj, illetve a benne élő mikroszkopikus lények képezik, a talajtani szakemberek a talajzoológiával együtt talajbiológia néven, a talajkémia és talajfizika mellett, a talajtani tudományok egyik ágaként tartják számon. A talajbiológia fogalma magába foglalja mindazon organizmusok tevékenységét, amelyek a talajt benépesítik s abban élettevékenységük eredményeképpen biokémiai változásokat idéznek elő. Alapvető feladata abban van, hogy a talajban élő organizmusok által kiváltott biokémiai változások eredetét és végbemenetelét az általa alkalmazott módszerekkel tanulmányozza, törvényszerűségeit megállapítsa s az utóbbiakat a gyakorlat szolgálatába állítsa.

A korszerű biológiai szemlélet a talajtanban, amelynek megalapítói a talajtani tudomány legkiemelkedőbb személyiségei Dokucsajev, Koszticsev és Viljamsz voltak, abból indul ki, hogy a talajt nem szabad élettelen anyagnak, csupán a kémiai és fizikai folyamatok színhelyének tekinteni, hanem figyelembe kell venni azt, hogy a benne élő organizmusok tevékenysége következtében, összetételét mind fizikai, mind kémiai értelemben állandóan változtatja. A fentiek figyelembevételével, kémiai és fizikai módszerekkel, csupán egy adott pillanatot tudunk rögzíteni, de nem tudjuk fejlődésében, változásában szemlélni a talajt. A talajbiológia tehát a talajtannak ugyanolyan szerves részét kell hogy képezze, mint a talajfizika és a talajkémia.

A talajtanon kívül szoros kapcsolat fűzi a talajmikrobiológiát az agrokémiához, mivel a talajba vitt növényi tápanyagok, úgy a szerves mint a szervetlen trágyák érvényesülése, ki van téve a talajmikrobák tevékenységének. Ugyancsak kapcsolat fűzi a növényélettanhoz, mivel a növények táplálkozása összefügg a gyökérzetükön élő mikroszervezetek tevékenységével.

WAKSMAN (1952) a talajmikrobiológiai kutatásokat négy különböző csoportba osztja, amelyek a tudományág egy-egy fejlődési periódusának felelnek meg:

1.) A mikrobiológia *ökológiai irányzata*, amely a talajok mikroszkopikus és ultramikroszkopikus lényekének kvalitatív és kvantitatív összetételét, valamint annak változását vizsgálja.

2.) Az *életteni irányzat*, amely a talaj mikroszervezeteinek fiziológiai és biokémiai sajátosságait, valamint az általuk képzett anyagszeretermékek szerepét tanulmányozza az anyagok körforgalmában.

3.) Az *agronómiai irányzat*, amely a mikroszervezetek aktivitását a talaj termékenységének fokozására használja fel (talajoltás).

4.) A *pedológiai irányzat*, amely a mikroorganizmusok fontosságát a talajképződés és a talaj szerkezetének kialakulása szempontjából szemléli.

A legutóbbi idők talajtani és agrokémiai kutatásai azt mutatják, hogy a talajok termékenységét csak úgy lehet fokozni, ha megismerjük a bennük végbe menő biológiai folyamatokat és oly módon irányítjuk azokat, hogy segítségükkel maximális feltételeket biztosítsunk a talajban a növények számára. A talajmikrobiológia a mezőgazdasági termelés fejlődésének egy meghatározott színvonalán jött létre, s alig egy évszázados története alatt sok olyan kérdés megoldását tette lehetővé, ami szoros kapcsolatban van a mezőgazdasági termeléssel.

IRODALOM

- ALLISON, F. E., HOOVER, L., MINOR, F. (1940): Biochemichal nitrogen fixation studies. Bot. Gaz. **101**, 513.
- BARY DE, A. (1886): Über einige Sclerotinen und Sclerotinenkrankheiten. Bot. Ztg. **44**, 377
- BEIJERINCK, M. V. (1889): Das Wesen und die biologische Bedeutung der Wurzelknöllchen der Erbse. Bot. Centrbl. **39**, 356.
- BEIJERINCK, M. W. (1901): Über oligonitrophile Mikroben. Centrbl. Bakt. II, **7**, 561.
- BEIJERINCK, M. W. (1904): Über die Bakterien, welche sich im Dunkeln mit Kohlenstoffquelle ernähren können. Centrbl. Bakt. II, **11**, 593.
- BEKE, L. (1908): Mezőgazdasági Bakteriológia, Budapest.
- BEREZOVA, E. F. (1946): Mikroflora rhizoszférü l'na i ejo rol' v razvitii rasztenii. Disszertacia na szoizskanie ucsonoj sztepeni doktora biol. nauk. Moszkva.
- BOKOR, R. (1933): Mikrobiologie der Szikkböden. In Fehér: Mikrobiologie des Waldbödens. Springer, Berlin.
- BOKOR R. (1943): A mykorrhiza kérdés erdőgazdasági vonatkozásai. Erdészeti Lapok **82**. o.
- BOUSSINGAULT, J. B. (1855): Recherches sur la végétation, entreprises dans le but d'examiner si les plantes fixent dans leur organisme l'azote qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère. Ann. Chim. Phys. **43**, 149.
- CHRISTENSEN, H. R. (1910): Ein Verfahren zur Bestimmung der zellulosezersetzenden Fähigkeit des Erdbodens. Centrbl. Bakt. II, **27**, 449.
- CHOLODNY, N. (1930): Über eine neue Methode zur Untersuchung der Bodenmikroflora. Arch. Mikrobiol. **1**, (4).
- COHN, F. (1875): Untersuchungen über Bakterien II. Beitr. Biol. Pfl. **1**, 141.
- CONN, H. J. (1914): Culture media for use in the plate method of counting soil bacteria. N. Y. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. **38**.
- CSERHÁTI S. (1894): Talajismeret, Budapest.
- EHRENBERG, C. G. (1839): Die Infusiorstierchen als vollkommene Organismen. Berlin.
- FEDOROV, M. V. (1948): Biologiceszkaja fixacija azota atmosferü. Szel. hozgiz. Moszkva.
- FEHÉR, D. (1933): Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbödens. Springer, Berlin.
- FEHÉR, D. (1944): Die Wüstenboden als Lebensraum. Sopron.
- FEHÉR, D. (1954): Talajbiológia, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- FEHÉR, D., KOGUTOVITZ, K., KREYBIG, L., MANNINGER, G. A. (1938): A szántóföld okszerü művelése, kapcsolatban a talaj életével, vízgazdálkodásával és a magyar klímával. Falu Kiadó. Budapest.
- FRANCÉ, R. (1921): Das Edaphon. Stuttgart.
- FRANK, B. (1879): Über die Parasiten in der Wurzelanschwellung der Papilionaceen. Bot. Centrbl. **37**, 377.
- FRANK, B. (1885): Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume und der Monotropa hypopitis. Ber. deut. Bot. Gesell. **3**, 143.
- FRANKLAND, P. J. (1888): The action of some specific microorganisms on nitric acid. Chem. News. **57**, 89.

- FOUSEK, A. (1913): Über die Rolle des Streptotricheen im Boden. Mitt. Lanw. Lehrkan. K. K. Hochschule f. Bodenk. Wien. 1, 217.
- HELLRIEGEL, H., WILFAHRT, H. (1888): Untersuchungen über die Stickstoff Nahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilageheft Ztschr. Ver. Rübenzuckerind. 1—234. o.
- HILTNER, R. (1904): Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakterien und unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. Arb. deut. landw. Ges. 98, 59.
- HOPPE-SEYLER, F. (1886): Über Gärung der Cellulose mit von Methan und Kohlensäure. Ctschr. physiol. Chem. 10, 201.
- ITERSON VAN G. (1904): Die Zersetzung von Cellulose durch aerobe Mikroorganismen. Centrbl. Bakt. II. 11, 689.
- KERPELY K. (1896): Légenygyűjtő növények és a talajtás. Köztelek. 1839.
- KETTE, W. (1865): Die Fermentationstheorie gegenüber der Humus-Mineral und Stickstofftheorie. Berlin.
- KOCH, R. (1881): Zur Untersuchung von pathogenen Organismen. Mitt. Kaiserl. Gesundheitsamt 1, 34.
- KÖNING, C. J. (1904): Contributions a la connaissance de la vie des champignons humicoles et des phénomènes chimiques qui consistent l'humification. Arch. neerland. Sci. Exact. Nat. Ser. II, 9, 34.
- KRAINSKY, A. (1913): K voproszu o razrusenii kletcsatki mikroorganizmami. Opütn. agronom. 14, 255
- KRASZILNIKOV, N. A. (1934): Vlijanie kornevüh vüdelenij na razvitie azotobakteria i drugih pocsvennüh mikrobov. Mikrobiol. 3.
- KRASZILNIKOV, N. A., KRISZ, A. E., LITVINOV, M. A. (1936): Mikrobiologicseszkaja harakterisztika rizoszferü kul'turnüh rasztenij. Mikrobiol. 5, 87.
- KREYBIG, L. (1928): A talaj élete, trágyázása és javítása biológiai szempontból. Budapest.
- LACHMANN, S. (1858): Über Knöllchen der Leguminosen. Lndw. Mitt. Zeitschr. K. Lehranstalt u. Vers. Sta. 37. o.
- LIEBIG VON J. (1842): Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur, Berlin.
- LINNÉ, C. (1758): Sistema naturale.
- LÖHNIS, F. (1910): Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie. Gebürder Borntraeger. Berlin.
- LÖHNIS, F. (1914): Bodenbakterien und Bodenfruchtbarkeit. Berlin.
- LUNDENGARDH, H. (1924): Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. Jena.
- MISUSZTIN, E. N. (1947): Ekologo-geograficseszkaja izmencsivoszt pocsvennüh bakterij. AN SSSR. Moszkva.
- MITSCHERLICH, E. (1850): Über die Zusammensetzung der Wand der Pflanzenzelle. Ber. Bekanntmach. Verhandl. Königl. Preuss. Akad. Wissensch. Berlin. 102. o.
- MULDER, J. J. (1863): Die Chemie der Ackerkrume. Müller. Berlin.
- MÜTTERLEIN, C. (1913): Studien über die Zersetzung der Zellulose im Düngen und im Boden. Inaug. Diss. Leipzig.
- NIKLEWSKI, B. (1912): Bodenbakteriologische Beobachtungen als Mittel zur Beurteilung von Boden. Centrbl. Bakt. II. 32, 209.
- NOBBE, F., HILTNER, R. (1893): Wodurch werden die knöllchenbesitzenden Leguminosen befähigt, den freien atmosphärischen Stickstoff für sich zu verwerten? Landw. Vers. Sta. 42, 459.
- OMELIANSKY, W. L. (1889): Über die Isolirung der Nitrifikationsmikroben aus dem Erdboden. Centrbl. Bakt. II. 5, 537.
- OMELIANSKY, W. L. (1904): Der Kreislauf des Schwefels. Labar's Handb. tech. Mykol. 3, 214.
- OMELIANSKY, W. L. (1914): On the relation between nitrogen fixation and utilization of non nitrogenous organic matter by nitrogen fixing bacteria. Arch. Sci. Biol. Petrograd. 18.
- OMELIANSKY, W. L. (1940): Die Cellulosegärung. Lafar's Handb. tech. Mykol. 3, 245.
- PASTEUR, L. (1862): De l'origine des ferments. Nouvelles experiences relatives aux générations dites spontanées. Compt. Rend. Acad. Sci. 50, 849.
- PASTEUR, L. (1861): Animalcules infusoires vivant sans gaz oxigène libre et déterminant des fermentations. Compt. Rend. Acad. Sci. 52, 360.
- PASTEUR, L. (1862): Études sur les mycodermes. Role de ces plantes dans le fermentation acétique. Compt. Rend. Acad. Sci. 54, 265.
- PASTEUR, L. (1876): Études sur la bière. Paris.
- PERFILEV, B. V., GABE, D. R. (1961): Kapilarnüe metodü izucsenia mikroorganizmov. AN SSSR. Moszkva.
- PETTENKOFFER, M. (1858): Ueber eine Methode die Kohlensäure in der atmosphärischen Luft zu bestimmen. Chem. Soc. Trans. 10, 292.

- PFEFFER, W. (1877): Über fleischfressende Pflanzen und über die Ernährung durch Aufnahme organischer Stoffe überhaupt. *Landw. Jahrb.* **6**, 969.
- POPOV, L. (1875): Über die Sumpfgasgärung. *Arch. Ges. Physiol.* **10**, 113.
- ROSENBERG-LIPINSKY, A. (1869): Der praktische Ackerbau. **2**, 27.
- ROSSI, G., RICCARDO, S., GESUÉ, G., STANGANELLI, M., WANG, T. (1936): Direct microscopic and bacteriological examination of the soil. *Soil Sci.* **41**, 207.
- RUSSEL, E. J. (1905): Oxidation in soils and its connection with fertility *Journ. Agr. Sci.* **1**, 261.
- SCHLOESING, TH., MÜNTZ, A. (1877): Sur la nitrification par les ferments organisés. *Compt. Rend. Acad. Sci.* **84**, 301.
- STARKEY, R. (1929): Some influences of the development of higher plants upon the microorganisms in the soil. *Soil Sci.* **27**.
- STOKLASA, J., ERNEST, A. (1905): Über den Ursprung, die Menge und die Bedeutung des Kohlendioxids im Boden. *Centrbl. Bakt. II.* **14**, 723.
- SUCHTELEN VAN F. H. (1910): Über die Messung der Lebenstätigkeit der aerobitischen Bakterien im Boden durch die Kohlensäureproduction. *Centrbl. Bakt. II.* **28**, 45.
- TAPPEINER, H. (1882): Über Celluloseverdauung. *Ber. deut. chem. Gesell.* **15**, 999.
- VARGA, L. (1954): A talaj állatvilága. (Részlet Fehér: „Talajbiológia” c. könyvéből.) Akadémiai Kiadó. Budapest.
- VILJAMSZ, V. R. (1947): *Pocsvovedenie. Szel'hozgiz, Moszkva.*
- VIRTANEN, A., LAINE, T. (1936): The mechanisms of the nitrogen fixation. *Soumen Kem.* **9**, 3.
- WAKSMAN, S. A. (1927): Principles of soil microbiology. Bailliere Tindall and Cox, London.
- WAKSMAN, S. A. (1936): The Humus. Williams and Wilkins, Baltimore.
- WAKSMAN, S. A. (1952): *Soil Microbiology.* Wiley, New York.
- WAKSMAN, S. A., STARKEY, R. (1924): Microbiological analysis of soils as an index of soil fertility. VII. Carbon dioxide evolution. *Soil Sci.* **17**, 141.
- WARINGTON, R. (1878): On nitrification. *Journ. Chem. Soc.* **33**, 44.
- WILSON, P. (1940): The biochemistry of symbiotic nitrogen fixation. Madison, Wisconsin.
- WINOGRADSKY, S. (1883): Beitrage zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. I. Schwefelbakterien. *Ann. Inst. Pasteur.*
- WINOGRADSKY, S. (1887): Über Schwefelbakterien *Bot. Ztg.* **45**, 489.
- WINOGRADSKY, S. (1888): Über Eisebakterien. *Bot. Ztg.* **46**, 262.
- WINOGRADSKY, S. (1893): Sur l'assimilation de l'azote gazeux de l'atmosphère par les microbes. *Compt. Rend. Acad. Sci.* **116**, 1385.
- WINOGRADSKY, S. (1890): Recherches sur les organismes de la nitrification. *Ann. Inst. Pasteur.* **4**, 213.
- WINOGRADSKY, S. (1924): Sur l'étude microscopique du sol. *Comp. Rend. Acad. Sci.* **179**, 367.
- WINOGRADSKY, S. (1938): Sur l'origine d'ammoniac dégagée par les fixateur d'azote. *Zentrbl. Bakt. II.* **97**, 399.
- WINOGRADSKY, S. (1949): *Microbiologie du sol.* Masson. Paris.
- WORONIN, M. (1866): Observations sur certaines excroissances que presentent les racines de l'aune et du lupin des jardins. *Mem. Acad. Sci. St. Petersburg.* **10**, 1.
- ZUCKER, F. (1937): Az Azotobacter előfordulása magyarországi talajokban. *Mat. Term. Tud. Ért.* **56**, 303.