

SZEMLE

Nitrogénkötő mikroorganizmusok jelentősége a talaj termékenysége szempontjából

PRJANISNIKOV [94] becslései szerint 1 ha talaj szántott rétegének nitrogéntartalma 6—18 tonna között ingadozik a talaj típusától, szervesanyag tartalmától és egyéb tényezőktől függően. Felvetődik a kérdés, hogy miként került ez a viszonylag nagy mennyiségű nitrogén a talajba, mivel ismeretes, hogy a talajképzésben résztvevő kőzetek nem tartalmazzák ezt az elemet. Feltételezhetően a nitrogén felhalmozódása a földkéreg legkülső részében fokozatosan ment végbe. FEDOROV [27] adatai szerint a föld felületének minden hektárja felett kb. 80 000 tonna nitrogén található az atmoszférában. Ez a gáz alakú nitrogén volt az elsődleges forrása a talaj nitrogén vegyületeinek. A föld kialakulásának kezdeti időszakában a molekuláris nitrogén kizárólag a zivatarok idején végbenő elektromos kisülések eredményeképpen alakult át különböző vegyületekké. Ugyancsak FEDOROV mutat rá arra, hogy a föld fejlődésének jelenlegi szakaszában, európai viszonylatban, hektáronként és évenként, mintegy 5—10 kg nitrogén kerül a talajba elektromos kisülések következtében. Számításba véve azonban a kimosódási és a denitrifikációs veszteségeket, nem feltételezhető, hogy a talaj nitrogéntartalmának túlnyomó többsége a légköri elektromos kisülések eredménye lenne. A talaj nitrogéntartalmának jelentős része azzal magyarázható, hogy az életnek a földön történt megjelenése után a mikroorganizmusok speciális csoportjai alkalmazkodtak a nitrogénben szegény környezeti feltételekhez és különleges fermentrendszerük segítségével alkalmassá váltak a légköri nitrogén biológiai fixációjára.

A fentiekből látható, hogy a biológiai nitrogénkötésnek rendkívül fontos elméleti és gyakorlati jelentősége van, ezért ezzel kapcsolatban jelentős számú közlemény látott napvilágot. KOLAR és GREENLAND [63] 1961-ben közzétett becslései szerint a földön a mezőgazdasági termékekkel évente kb. 100 millió tonna nitrogént vesznek ki a talajból, míg a műtrágyák formájában visszapótoló nitrogén mennyiségét 12 mil-

lió tonnára becsülik. A szerzők számítása szerint még a fejlett mezőgazdasággal rendelkező nyugat-európai országokban is a talajból a terméssel kivont nitrogénnek csupán 25—30%-át pótolják vissza nitrogén műtrágyákkal. DHAR [20] indiai kutató még ennél is kevesebbre becsüli a trágyák alakjában visszapótoló nitrogént, aki szerint ez 10% alatt marad a terméssel kivont nitrogén összmennyiségéhez viszonyítva.

LIPMAN és CONYBEARE [69] adatai szerint az USA területén a talaj összes nitrogén tartalmának 60%-a a nitrogénkötő mikroszervezetek tevékenységének az eredménye. Becsléseik szerint az Egyesült Államokban évente 16,45 millió tonna nitrogén kerül a talajba s ebből 9,83 millió tonnát a nitrogénkötő mikroorganizmusok kötnék meg. FEDOROV [27] adatai ennél jóval szerényebbek. Szerinte a Szovjetunió területén évente mintegy egy millió tonna nitrogén jut a talajba biológiai úton. A fentiekből nem nehéz megállapítani, hogy amennyiben a légkör nitrogénjét a talajban élő mikroszervezetek nem lennének képesek testükbe beépíteni, a több évezredes mezőgazdasági termelés folyamán talajaink már régen elveszítették volna termékenységüket.

Mint közismert, a légköri nitrogént megkötni képes mikroszervezeteket két nagy csoportba sorolják. Az egyik csoportba az ún. szimbionta nitrogénkötők tartoznak, amelyek jöhetnek a talajban egyedül is előfordulnak, azonban a molekuláris nitrogént kizárólag a magasabbrendű növényekkel szimbiózisban képesek megkötni. Ebből a csoportból a pillangós virágú növények gyökérgumóiban élő *Rhizobium* genushoz tartozó baktériumok a legismertebbek. BOND [14] adatai arra hívják fel a figyelmünket, hogy más rendszertani csoporthoz tartozó növények ugyancsak rendelkeznek gumókkal és az azokban élő mikroszervezetek képesek a levegő nitrogénjét hasznosítani. Szerinte ezekhez a növényfajokhoz lehet sorolni az *Alnus*, *Casuarina*, *Elaeagnus*, *Myrica*, *Coriaria* stb. fajokat. A felsorolt

növények gumóiban élő mikroszervezetek még kevésbé tanulmányozottak. BOND szerint a gumóképzést előidézőhetik baktériumok és sugárgombák, sőt a *Plasmodiophorales* *genus* egyes képviselői is. BOND fenti megfigyelései, jóllehet rendkívül érdekesek, azonban további vizsgálatokra, illetve megerősítésre szorulnak.

A nitrogénkötő mikroszervezetek másik csoportjához az ún. szabadon élő nitrogénkötők tartoznak, amelyek a magasabbrendű növényektől függetlenül képesek a légköri nitrogént megkötni a talajban. Az areob körülmények között a szabadon élő nitrogénkötők között régebben kizárólag a különböző *Azotobacter* fajokat tartották nyilván, azonban ma már más baktériumok nitrogénkötő képességéről is rendelkezünk adatokkal. Így STARKEY és DE [104] a *Bejerinckia*, JENSEN és munkatársai [51] a *Derizia*, KRASZILNIKOV [64] az *Azotomonas*, FEDOROV és KALINISZKAJA [32] pedig egy *Mycobacterium* nitrogénkötő képességével kapcsolatban közöltek adatokat. FEDOROV és ILJINA [33] kísérleteik során megfigyelték, hogy egyes sugárgombák nitrogént nem tartalmazó táptalajon is növekedni képesek. A fentiekén kívül irodalmi adatokkal rendelkezünk a két algák, egyes gombák, valamint más mikroszervezetek nitrogénkötő képességével kapcsolatban. Az anaerob nitrogénkötő mikroorganizmusok közül korábban csak a WINOGRADSKY [120] által leírt *Clostridium pasteurianum*-ot ismerték, azonban a későbbiek folyamán számos más *Clostridium* faj, valamint az anaerob *Methanobacterium omelianskii* nitrogénkötő képességéről számoltak be a kutatók.

Amint láthatjuk, a leírt nitrogénkötő mikroorganizmusok száma állandóan növekedik, azonban kétségtelen, hogy a mezőgazdasági termelés szempontjából a Rhizobium fajoknak van legnagyobb jelentőségük. Ezért 1888-tól kezdve — amikor HELLRIEGEL és WILFARTH [40] először adtak hírt a pillangósok gyökérgumóiban élő mikroszervezetek nitrogéngyűjtő tevékenységéről — rendkívül nagy mennyiségű tudományos anyag halmozódott fel az irodalomban a problémával kapcsolatban. PRJANISNIKOV [94], valamint LYON és BIZZEL [71] becslése szerint 1 ha lucerna évenként 100 kg, a vöröshere és a csillagfűt 80—80 kg, az egynyári pillangósok pedig 10—20 kg nitrogénnel gazdagítják a talajt, nem számítva a termeléssel kivitt nitrogént. Hasonló adatokat közöl ERDMAN [26] és FEDOROV [27] is. Más szerzők ennél jóval kevesebbre becsülik a pillangósok által gyűjtött nitrogén mennyiségét.

Mint ismertes, a különböző növényfajok gyökérgumóiban élő rhizobiumok

szigorúan specifikusak, s más fajokhoz tartozó növényeket — néhány kivételtől eltekintve — nem képesek fertőzni. A jelenleg használatban levő baktérium határozó könyvek (BERGEY [7], KRASZILNIKOV [65]) elsősorban ezen az alapon sorolták azokat különböző rendszertani csoportokba. Azonban az utóbbi években végzett biokémiai és szerológiai vizsgálatok (JACOB [48], RIPPEL—BALDES [98], HORVÁTH [45], MANNINGER [76]) erősen kétségbe vonták az ilyen alapon történő rendszerezés helyességét.

A rhizobiumoknak a gazdanövényhez való viszonyát IZRAILSZKIJ és ARTEMEJEVA [46] szerint két alapvető tényező határozza meg. Az egyik sajátosság a *virulencia*, azaz a baktériumnak az a tulajdonsága, hogy képes behatolni a gazdanövény gyökérzetébe és ott gumóképzést kiváltani. A másik tulajdonság az *effektivitás*, amely alatt azt értjük, hogy a baktériumok milyen mértékben képesek megkötni a légkör molekuláris nitrogénjét. A virulencia és az effektivitás nem feltétlenül esnek össze, mivel vannak olyan törzsek, amelyek igen intenzíven képeznek gumót, de nitrogénkötő képességük gyenge és sok esetben, mintegy parazitaként élőködnek a növény gyökérzetén. Irodalmi adatok szerint ilyen inaktív törzseket tartalmazó gumók morfológiailag is különböznek az effektív törzseket tartalmazó gumóktól. A különböző szerzők megfigyelték, hogy a gumókban élő baktériumok sokszor feloldódnak. Feltételezhetően ezt a folyamatot a rhizobiumok fágjai az ún. „rhizofágok” váltják ki. A rhizobiumok fágjait számos szerző tanulmányozta. (RAZUMOVSKAJA [97], ARNAUDI és CASTELLANI [3], DEMOLON és DUNEZ [22], VANDECAVEYE és KATZNELSON [113], LAIRD [68], MANNINGER [76] és mások.)

A rhizobiumok virulenciájának kérdését először NOBBE és HILTNER [86] vetették fel, majd később HILTNER és STÖRMER [44] határozták meg a virulencia fogalmát. SÜCHTING [107] feltételezése szerint a gumó baktériumok által termelt „toxinek” a gazdanövénynél ellenanyagtermelést válthatnak ki s ez az utóbbi immunitását okozhatja. A gazdanövény szerepe az immunitás szempontjából ma még távolról sincsen tisztázva, azonban az oltóanyagtermelés gyakorlata semmi kétséget nem hagy aziránt, hogy gyakran találhatók infekcióra egyáltalán nem, vagy csak alig alkalmas törzsek. A virulenciát alapvető módon befolyásolhatják a klimatikus és talajviszonyok is.

Mivel a rhizobium törzsek effektivitásának problémája szoros összefüggésben van azok gyakorlati alkalmazhatóságával, ezért számos kutató foglalkozott e kérdéssel.

THORNTON [110] szerint a talajokban az effektív törzsek fordulnak elő legnagyobb számban, jóval kisebb a száma az inaktív törzseknek, s a két főcsoport között az effektivitás foka a fiziológiai és kulturális sajátosságokkal együtt változhat. A laboratóriumi tenyésztés során (LONGLEY és munkatársai [70], fággal történő kezelés eredményeként (KLECKOWSKA [62]), illetve a steril talajban történő eltartás hatására (NUTMAN [88], THORNTON [110]) a törzsek elveszítik effektivitásukat. A nem effektív törzsek effektívvé nehezebben alakulnak át, azonban a fágkezelés hatására (KLECKOWSKA [62]), a gazonnövényre történő többszörös átoltás hatására (WÜNSCHIK [124], ALLEN és BALDWIN [1]), valamint a röntgensugarakkal történő kezelés hatására (JORDAN [52], HAMATOVA [38], MIGAHD és munkatársai [79]) ilyen átalakulást is leírtak. CHEN és THORNTON [19] az effektív és nem effektív rhizobium törzseket tanulmányozva megállapították, hogy az előbbieket esetében a gumók bakteroid szövete 4–6-szor nagyobb, mint az inaktív törzseké. Az említett szerzők szerint a bakterium sejtek effektivitása a bakteroid sejtformával kapcsolatos. Ezt a megállapítást alátámasztják FEDOROV és USZPENSZKAJA [30], valamint SPICHER [103] adatai is, bár az utóbbi szerző szerint ez az összefüggés a vöröshere rhizobiumai esetében nem állapítható meg. Több szerző mutatott rá arra, hogy a törzsek aktivitása és a gumókban levő piros festékanyag jelenléte között szoros összefüggés van. Minél több a hemoglobin szerű anyag a gumó szövetében, annál több a megkötött nitrogén mennyisége. Ez a festékanyag, amint megállapítást nyert (VIRTANEN és munkatársai [117], KELLIN és WANG [54], KELLIN és SMITH [55] és mások) a hemoproteinekhez tartozik s kémiai szerkezetét tekintve közel áll a vér hemoglobinjához. Ez a jelenség nagy érdeklődést váltott ki a kutatók között, mivel ez a vegyület a növényvilágban máshol nem fordul elő, s szintézise kizárólag akkor megy végbe, ha a szövetben a rhizobiumok is előfordulnak s külön-külön sem a bakteriumok, sem pedig a növény nem képes azt előállítani.

Más szerzők a rhizobiumok élettani sajátosságai és azok effektivitása között próbálnak összefüggéseket kimutatni. RABOTNOVA [95], valamint MOTHES és PIETZ [82] megállapították, hogy az aktív törzseket tartalmazó gumók rH-értéke 15 felett van. RABOTNOVA szerint az idős gumók rH-ja 23,1, míg a fiatal gumókban 17–22,7 közötti rH-érték állapítható meg. NITA [84, 85] vizsgálatai arra mutatnak rá, hogy az effektív törzsek sokkal intenzi-

vebben oxidálják el a szénforrásokat és redukálják a metilénkéket, mint a kevésbé aktívak. Hazai viszonyok között Kerpely és munkatársai figyelték meg, hogy korreláció mutatható ki az oxigén fogyasztás és a dehidráz aktivitás, valamint a törzsek aktivitása között. A nevezettek ugyancsak hasonló megállapításra jutottak a törzsek redox viszonyai, valamint az aktivitás közötti összefüggések vizsgálatánál. MISUSZTIN [80] szerint a talaj savanyúságának, illetve savanyú körülmények között a talajoldatba kerülő alumínium ionoknak fontos szerepe lehet a rhizobium törzsek inaktivációjában. FEDOROV és HLAVAČKOVA [31] szerint a növény előregedésével párhuzamosan csökken a gumókban élő baktériumok effektivitása. Míg az egyéves lucerna esetében 1 g gumóra a vegetációs periódusban 1,3–1,5 mg asszimilált nitrogén jut, a második tenyészperiódusban csupán 0,3–0,5 mg nitrogén. NUTMAN [89, 90] genetikai szempontból közelítve meg a pillangós virágú növények és a rhizobiumok között fennálló bonyolult kölcsönviszonyt, megállapította, hogy az effektivitás nagy mértékben függ a gazonnövény azon génesoportjaitól, amelyek hajlamosak a szimbiotikus nitrogénkötésre. A genetikai sajátosságok és a rhizobiumok aktivitása közötti összefüggést, hazai viszonyok között BALASSA [4] tanulmányozta.

A molekuláris nitrogén megkötésének biokémiai mechanizmusával számos kutató foglalkozott. Az egyik ismert elmélet WINOGRADSKY [121] nevéhez fűződik, aki felállította azt a hipotézist, hogy a nitrogénkötő mikroszervezetek a nitrogénnek nevezett feltételezett enzimrendszerük segítségével a molekuláris nitrogént ammóniáig redukálják. Ezt a teóriát tette magáévá WILSON [118] is. A későbbiek folyamán WILSON és BURRIS [119], SCHNEIDER és munkatársai [99], NICHOLAS és munkatársai [83] és mások stabil nitrogénizotóppal folytatott kísérleteik során megállapították, hogy a megkötött nitrogén $N^{15}H_3$ formában kimutatható az aktív fermentrendszer tartalmazó homogénéssé összeroncsolt baktérium sejtanyagban.

A nitrogénkötés másik ismert teóriája BLOM [11, 12], ENDRES [25] nevéhez fűződik. Azotobacter-el folytatott kísérleteik alapján a fenti szerzők feltételezik, hogy a molekuláris nitrogén hidrolitikus úton épül be a baktériumok sejtjeibe és az első termék a hidroxilamin. VIRTANEN és munkatársai [116] szerint a kezdeti stádiumban az anaerob és az aerob úton történő nitrogénkötés eltér egymástól. Feltételezéseik szerint anaerob körülmények között a nitrogén közvetlenül ammóniáig redukálódik, míg aerob körülmények kö-

zött közbeeső termékként hidroxilamin képződik.

Rendkívül érdekes elméletet dolgozott ki FEDOROV [27] szovjet tudós. Elméletének alapjául az szolgál, hogy ez a folyamat egy oxidációs-redukciós rendszerben megy végbe, a s protoplazmával szoros kapcsolatban álló speciális onzimrendszer vesz benne részt, amely két karbonil csoportot tartalmaz. FEDOROV elképzelése szerint a gáznemű nitrogén kapcsolatba lép a karbonil csoporttal, majd a képződő nitrogéntartalmú vegyület hidrazinszármazékokká redukálódik. Az utóbbiak a ketosavakkal reakcióba lépve aminosavakat képeznek.

Abból kiindulva, hogy a rhizobiumok nitrogén kötése tiszta kultúrában elmarad, s kizárólag a pillangós növény gumóiban megy végbe, egyes szerzők olyan következtetésekhez jutottak, hogy a nitrogénkötésben egyforma szerepet visznek a baktériumok és a gumó szövetei. TURCSIN [112] feltételezései szerint a nitrogént a gumó szövetei kötik meg a baktérium pedig az általa kiválasztott „b faktorral” indukálja ezt a folyamatot.

Hasonló teóriát dolgozott ki BERGENSEN [8] is, szerinte a gumó szöveteiben a baktériumok közös membránhártyával borítottak. A membránhártya felületén piochromohemoglobin rendszer közreműködésével a N_2 a sejteken kívül ammóniává alakul át.

A fentiekből látható, hogy a légköri nitrogén biológiai megkötésének mechanizmusa még távolról sincs tisztázva, mivel a különböző hipotézisek metodikai nehézségek következtében nincsenek alátámasztva kritika nélkül elfogadható kísérleti anyaggal. Kétségtelen az is, hogy a kérdés tisztázása nemcsak elméleti szempontból nagyjelentőségű, hanem új utakat mutathat az atmoszférikus nitrogén technikai megkötési módszerei további tökéletesítése szempontjából is.

Attól az időtől kezdve, hogy BELJERINCK [6] 1888-ban a rhizobiumokat először tenyésztette ki tiszta tenyészetben a gumókból, felvetődött annak a lehetősége, hogy a rhizobium készítmények alkalmazásával fokozhatók a pillangós virágú növények terméseredményei. Maga az oltás művelete idősebb, mint a baktériumok azonosítása, hiszen a brémai mezőgazdasági állomáson már 1887-ben talajoltást végeztek olyan talajok elterítésével, amelyekben az előző években pillangósokat termeltek. Az ilyen eljárás azonban nemcsak rendkívül költséges volt, mivel 5–10 q talaj szállításáról és kiszórásáról kellett gondoskodni, de a talaj felső rétegeinek összegyűjtésével és átszállításával

együtt nagy mennyiségű gyommag is került az oltandó területre. A rendelkezésünkre álló forrásmunkák szerint (cit. ORBÓDY [91]) Magyarországon első ízben BLAU végzett hasonló talajoltást, amely abban állt, hogy a nyírségi homoktalajon a csillagfürt rhizobiumait tartalmazó talajt elterítette olyan területen, ahol csillagfürtöt szándékozott vetni. 1 kh területre 30 mázsa feltalajt alkalmazott.

A tiszta tenyészetet tartalmazó rhizobium oltóanyagot NOBBE és HILTNER [87] javasolta elsőnek. Ez a készítmény, amely „Nitragin” néven került forgalomba, a 6 legelterjedtebb pillangós növény gumóbaktériumait tartalmazta, azonban a kapott eredmények nem voltak pozitívnak mondhatók. A pozitív eredmények 1902-ig vártak magukra, miután HILTNER [43] az addigi zselatinos táptalajról a folyékony tápoldatra tért át. A tökéletesített technológiával készített oltóanyag az esetek 83%-ában pozitív eredményt hozott. Angliában elsőnek BORTOMLEY [17] készített oltóanyagot „Nitrobacterin” néven. Az USA-ban DUGGAR [24] folytatott elsőnek rhizobiumoltásos kísérleteket, azonban az első rhizobiumos oltóanyag HARRISON [39] nevéhez fűződik. Oroszországban először BUDINOV [18] foglalkozott e kérdéssel, majd MAKRINOV [72] számolt be ezzel kapcsolatos vizsgálatairól.

Hazánkban elsőnek KERPELY K. [61], majd két évvel később SOMSICH [101] kísérleteztek tiszta kultúrák felhasználásával történő rhizobium oltással. Kísérleteik során HILTNER nitraginját próbálták ki. GYÁRFÁS [36] 1908-ban, HERKE [42] 1913-ban, KREYBIG [66] pedig 1928-ban számolt be rhizobiumos oltóanyag alkalmazásával kapcsolatos hazai és külföldi kísérletekről.

A század első évtizedeiben a különböző kutatók, kísérleti állomások, laboratóriumok és gyárak tömegével termelték és hozták forgalomba a legkülönbözőbb nevekben (Radicin, Biogen, Nitrobin, Nitragin, Nitrazon, Baktonit, Rhizonit, Sojarin, stb.) az oltóanyagokat, amelyeknek a hatása eléggé váltakozó volt. Az egyes országokban a preparátumok előállításának technológiája eltérő volt, sőt napjainkban is lényegesen különbözik egymástól. Míg egyes helyeken az ún. *agaros készítmény* terjedt el, illetve az agar felületéről lemosott szuszpenziót alkalmazzák oltóanyagként, addig más országokban ún. földes készítményeket alkalmaznak, azaz a fermentorban elszaporított folyékony tenyészetet üvegekben levő sterilizált talajhoz keverik. Számos országban a *poralakú készítmények* vannak elterjedve, amelyeknél finomra őrölt, majd sterilizált neutrális

kémhatású tőzegpor vagy kaolin szolgálvivőanyagként. A különböző oltóanyag-készítmények hatásosságával kapcsolatban hazai viszonyok között KERPELY A. [58] végzett szabadföldi kísérleteket.

Az agaros készítményeknek kétségtelen előnye, hogy ezen az úton tudunk leggyorsabban és legegyszerűbben külső fertőzéstől mentes oltóanyagot előállítani. Hátrányuk viszont, hogy hosszabb ideig nem tárolhatók anélkül, hogy baktériumszámuk, illetve a sejtek clóregedésével azok hatása ne csökkenne. Ez a hátrány az oltóanyagtermelést szezon jellegűvé teszi, azaz a vetési szezonra korlátozza, ami megnehezíti az oltóanyagellátást és fokozza az előállítási költségeket. Apró magvú pillangósok oltásakor, amennyiben az oltóanyagot nem keverik el egyenletesen a vetőmaggal, vagy az utóbbit nem szárítják ki megfelelően, a magvak csomókba tapadnak össze, ami hiányos, egyenetlen kelést eredményez.

A földes készítmény előállítása kiküszöböli az oltóanyagtermelés szezonjellegét, mivel az, amint HAMATOVA [37] adatai bizonyítják, 2–3 évig is eltartható anélkül, hogy hatékonysága csökkenne. Hátránya viszonyt az ilyen készítménynek az, hogy a vivőanyag tapadóképesége szempontjából nagy kívánivalókat.

A poralakú oltóanyag kiküszöböli a fenti fogyatékoságokat. Előállítására úgy történik (KERPELY [58]), hogy a fermentorban elszaporított baktériumokat előzőleg finomra őrölt és sterilizált vivőanyaghoz (kaolin, krétapor, finomra őrölt neutrális kémhatású tőzeg stb.) hozzákeverik, majd a sterilitás szabályainak betartásával nedvességtartalmát 14–15%-ra csökkentik. A poralakú készítményeknél az oltóanyaggal összekevert magvakat nem szükséges szárítani, hanem közvetlenül az oltás befejezése után a vetésig zsákban tárolhatók. Ezáltal az oltás lényegesen olcsóbbá válik.

A mezőgazdasági termelés oltóanyaggal történő ellátásának három alapvető követelménye van: 1. magas effektivitással és virulenciával rendelkező törzsek állandó kutatása, 2. jó minőségű oltóanyag készítmény előállítása a legmodernebb technika felhasználásával, 3. a termelő üzemből kikerülő oltóanyag minőségének állandó ellenőrzése. Mivel a második követelménnyel a fentiekben foglalkoztunk, a következőkben az első és a harmadik követelményt fogjuk tárgyalni.

Az oltás hatékonysága elsősorban attól függ, hogy az a törzs, vagy törzspopuláció, amelyből az oltóanyag készül, magasabb teljesítőképességgel rendelkezzen, mint a talajban élő rhizobiumok. E célból magas

effektivitású és virulenciájú törzsek kutatását rendszeressé kell tenni. Mint az élő szervezetek általában, a rhizobiumok is adaptálódnak a környezeti feltételekhez és elsősorban azok a törzsek képesek versenyezni a talajban élő konkurenszervezetekkel, amelyeket az adott talajból választottak ki (MANIL és BONNIER [75], VINCENT [114], POCHON és MANIL [93]). Az elmondottakat igen szemléltetően illusztrálják THORNTON és KLECZKOVSKA [111] adatai. A nevezett kutatók Nagy-Britannia 13 különböző tartományában folytattak szabadföldi kísérleteket. Szerológiai módszerrel megállapították, hogy nagy teljesítőképességű, tehát a talajban előforduló törzsekkel sikerrel konkurráló baktériumokból készült oltóanyag alkalmazásakor a gumók 60%-át az oltóanyaggal bevitt baktériumok képezték, míg kevésbé aktív törzseket tartalmazó oltóanyag alkalmazásakor a gumóknak csupán 5%-át képezték az utóbbiak. Hasonló vizsgálatokat végeztek KERPELY és munkatársai [60], akik az oltás céljára felhasznált rhizobiumok esetében a radioaktív indikáció módszerét alkalmazták. A radioaktív foszfort tartalmazó táptalajon elszaporított baktériumok felhasználásával az oltóanyagnak a gumóképzésben betöltött szerepét tanulmányozták. Az autoradiografias vizsgálatok a gumókban magas radioaktivitásról tanúskodnak, ami minden kétséget kizáróan igazolta, hogy az oltóanyaggal bevitt törzsek — amennyiben azok megfelelő virulenciával rendelkeznek — elsőbbséget élveznek a gumóképzés szempontjából a talajban élő rhizobiumokkal szemben. A rhizobiumok ökológiai adaptációjára hívják fel a figyelmet PETROSZJAN [92] vizsgálatai is. Mivel a legtöbb ország talajai meglehetősen heterogénnek mondhatók, s ezekre különböző törzsekből oltóanyag elkészítése nehézségekbe ütközne, ezért a legtöbb országban — így nálunk is — a különböző törzsek populációjából készítenek oltóanyagot. Ennek előnyét támasztják alá MANIL [74] adatai is.

Az oltóanyag termelés szempontjából alapvető jelentősége van az oltóanyag minősége és tisztasága állandó ellenőrzésének, amelyet Magyarországon 1957 óta az Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet végez. Az agaros készítményekben idegen mikroorganizmus nem fordulhat elő, a poralakú készítményeknél a magyar szabvány szerint 5% fertőzöttség engedhető meg. A földes és poralakú készítményeknél nem elhanyagolható az 1 g oltóanyagban előforduló rhizobiumok mennyisége sem. Hazai készítményeinknél 500–600 millió sejt/g a követelmény, míg a szovjet stan

dard szerint 1 g földes oltóanyagban 50–100 millió sejtet kell tartalmaznia. Rendkívül fontos követelmény a poralajú oltóanyag tapadóképesége. Az Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet által kidolgozott minősítési előírás szerint a vívóanyagban a magfelületnek legalább 50%-át kell bevonni. Az oltóanyag céljára számbejethető törzseknek, steril viszonyok között felnevelt növények inokulációja folyamán 50%-ot meghaladó szárazanyag-többletet kell biztosítani az oltatlan növényekhez viszonyítva. Újabb az ellenőrzést kiterjesztik a redoxpotenciál és pH vizsgálatokra is.

A rhizobiumos oltóanyag alkalmazása a különböző országok mezőgazdasági termelésében egyre inkább tért hódít. A szomszédos Csehszlovák Szocialista Köztársaságban — amint HAMATOVA [37] adatai rámutatnak — a korábbi évekhez viszonyítva 42-szeresére emelkedett az oltóanyagtermelés, s jelenleg évi 211 000 üveg készítményt használ fel a mezőgazdasági gyakorlat, azaz a pillangós növények vetésterületének egyharmada részese oltásban. A Bolgár Népköztársaságban RAJCSEVA [96] adatai szerint az oltóanyag alkalmazása 17–20%-os termésmenökedést eredményezett. WROBEL [122], WROBEL és ZIEMIECKA [123], valamint MALISZEWSKA [73] adatai azt mutatják, hogy a Lengyel Népköztársaságban az oltás hatására 15–25%-kal emelkedik a pillangósok termésátlaga. Ugyancsak hasonló eredményekről számol be FEDOROV [27] és DOROSZINSKIJ [23] a Szovjetunió viszonylatában. THORNTON szerint Nagy-Britanniában az oltás hatására elért termésmenökedés 5,3–236% között ingadozik. VAN SCHREVEN és munkatársai [100], valamint MANIL [74] szerint a rhizobiumos oltóanyag hatására Hollandiában is jelentősen emelkedik a lucerna termése. BJÄLFVE [10] adatai arra mutatnak rá, hogy Svédországban az oltóanyaggal folytatott szabadföldi kísérletek majdnem teljes egészében pozitív eredménnyel zárultak. Ausztráliai viszonylatban STRONG [105] és VINCENT [114] adatai hívják fel a figyelmet a pillangós virágú növények baktériumos oltásának fontosságára. DEMOLON [21] és MANIL [74] szerint, Franciaországban, a lucernával folytatott oltási kísérletek jelentős termésemelkedést eredményeztek. BONNIER [15] belgiumi viszonylatban 20%-os termésmenökésről számol be. ERDMAN [26] adatai arra mutatnak rá, hogy az USA-ban az oltóanyag felhasználás 1949–1959 között 11-szeresére emelkedett.

Magyarországon az elmúlt négy évtized folyamán KERPELY A. [56, 57, 58]

és munkatársai [59, 60] foglalkoztak részletesen a rhizobiumos oltás hatékonyságával. KERPELY vizsgálatai szerint Magyarországon elsősorban a lucerna reagál pozitívan az oltásra. A borsó és búkköny oltása az esetek többségénél nem adott pozitív eredményeket. Az általa bemutatott adatokból [58] kiemelezhető, hogy 1951–1962 között lefolytatott oltási kísérletek közel 70%-a 10–20% közötti termésmenökedést eredményezett. A fás növények közül a fehér akác rhizobiumos oltásával is folytatók hazánkban kísérletek. BOKOR [13], valamint MANNINGER és SOÓS [77] szerint az oltás jelentős befolyást gyakorol az akácsemeték N-ellátására. KECSEKÉS és munkatársai [53] ugyancsak rámutattak, hogy az oltás jelentősen elősegíti a fiatal akácsemeték meggyökösödését és fejlődését.

A rhizobiumos oltóanyaggal folytatott hazai és külföldi szabadföldi kísérletekből az alábbi következtetések vonhatók le:

1. A baktériumos oltás akkor adja a legnagyobb eredményt, ha a gazdanövényt azon a talajon, vagy még egyáltalában nem, vagy pedig nagyon régen természetesen (MISUSZTIN és BERNARD [81]). Ez a megállapítás természetesen következik abból, hogy ilyen viszonyok között a rhizobiumok a talajban, vagy egyáltalában nem, vagy igen kis mennyiségben fordulnak elő és ezért nem képesek a pillangós virágú növény gyökérzetét megfelelő mértékben fertőzni.

BALASSA és ÖRDÖG [5] olyan talajokból tenyésztettek ki *Rhizobium meliloti* törzseket, amelyekben 10–12 éve nem természetesen lucernát. A törzsek aktivitása igen változó volt, nagy számban fordultak elő gyenge és közepes teljesítőképességűek.

2. Olyan viszonyok között, amikor a területen már előzőleg is termelték az adott pillangós növényt, az oltás eredményeképpen kapott termésmenökés kisebb. MISUSZTIN és BERNARD [81] szerint a Szovjetunióban a savanyú talajokon a rhizobiumos oltóanyag jóval effektívebb, mint a neutrális viszonyok között, mivel az előbbi esetben a talajba kerülő baktériumok igen gyorsan elvesztik aktivitásukat. Hasonló következtetésekhez jutottak, DE SPENCER [102], valamint JENKINS és munkatársai [50] is.

Az egyes talajtípusok, mint közismert, különböző geológiai, klímatis és biológiai tényezők hatására jöttek létre, ezért nemcsak fizikai és kémiai összetételükben különböznek egymástól, de döntő befolyást gyakorolnak a bennük előforduló mikroszervezetekre is. A rhizobiumokkal folytatott kutatómunkának is a baktérium és a talaj kölcsönviszonyán kell ala-

pulni. E két tényezőt nem szabad elszakítani egymástól. Ezért hatástalanok sok esetben azok a kísérletek, amikor a hazai viszonyoktól eltérő talajból kitenyésztett, külföldről behozott törzsekkel, vagy éppen külföldi oltóanyaggal próbálják a növények oltását megoldani. Feltétlenül tovább kell folytatni azon vizsgálatokat, hogy a különböző talajtípusokban miként érvényesülnek a rhizobiumos oltóanyagok. Meg kell vizsgálni azt is, hogy milyen tényezők gátolják az oltóanyag érvényesülését olyan viszonyok között, ahol nem figyelhető meg pozitív hatás. Ezek a tényezők többféle lehetnek: erősen savanyú, vagy lúgos talajkémhatás, a mikroszervezetre mérgezőleg ható herbicid, fungicid és inszektid szerek alkalmazása, egyes nyomelemek hiánya, rhizofágok elszaporodása stb. Azokat a káros tényezőket, amelyek megszüntethetők, ki kell küszöbölni. A rhizobium törzsek aktivitásának mesterséges úton történő fokozása ugyancsak megoldandó feladat. Egyes kísérleti adatok szerint (JORDAN [59], JEMCEV [49]) a radioaktív besugárzás jelentősen fokozza az egyes törzsek aktivitását. Ugyancsak megvizsgálandó az is, hogy miként tarthatók fenn a rhizobium törzsek laboratóriumi körülmények között, anélkül, hogy aktivitásuk jelentősen csökkenne. Ezért nagy érdeklődésre tarthatnak számot APPLEMAN és SEARS [2], IZRAILSZKIJ és munkatársai [47], BORODULINA [16], VINTIKOVA és munkatársai [115], MANNINGER [76] és más kutatók vizsgálatai a rhizobiumok liofilizálás útján történő eltartásával kapcsolatban.

A következőkben meg kell vizsgálnunk a szabadon élő nitrogénkötő baktériumok mezőgazdasági jelentőségét is. Ezen szervezetek között a különböző talajtípusokban az azotobacter a legelterjedtebb és leginkább tanulmányozott. Az azotobacter-al kapcsolatos irodalmi forrásmunkák mennyisége több ezerre tehető. Ezek az adatok azt dokumentálják, hogy az azotobacter az igen savanyú talajok kivételével a legkülönbözőbb talajtípusokban megtalálható. Több faja ismeretes, melyek közül a szántóföldi talajokban leginkább elterjedt *Azotobacter chroococcum*-nak van alapvető jelentősége. Az azotobacter nitrogénkötő aktivitását az határozza meg, hogy 1 g felhasznált glukózára mennyi nitrogént képes megkötni. A jó N-kötő törzsek 12–16 mg, a közepes nitrogénkötő képességgel rendelkező törzsek 6–10, a gyenge nitrogénkötők pedig 4–6 mg nitrogént kötnék meg 1 g glukóz felhasználásával (FEDOROV [27]).

Az azotobacter táplálékát a talajban az elbomló növényi maradványok bomlás-

termékeiként képződő organikus anyagok (cukrok, szerves savak stb.) képezik. Több szerzőnek sikerült összefüggést találni az azotobacter talajbéli aktivitása, valamint a növényi maradványok elbontása között. Ezek közül legérdekesebbek FEDOROV [27, 28] adatai, aki tenyészédeny kísérletei eredményeképpen rámutatott, hogy a szalmatrágyázással kombinált azotobacteres oltás hatására a vetés utáni második és harmadik évben jelentősen fokozódik a termés. Saját vizsgálataink (SZEGI és GULYÁS [108]) ugyancsak azt mutatják, hogy az azotobacter kiválóan értékesíti a cellulózbontó mikroszkopikus gombák és sugárgombák anyagszeretemekeit, amelyek egyes esetekben jelentős mennyiségű serkentő anyagot is tartalmaznak (SZEGI és TIMÁR [109]).

Az azotobacter készítményeket a Szovjetunióban és a Román Népköztársaságban baktériumos oltóanyagként alkalmazzák a mezőgazdasági üzemek. Hazánkban 1952-ben KROLL és ERDEINÉ [67], az elmúlt években pedig HELMECZI [41] folytatott szabadföldi kísérleteket azotobacter tartalmú oltóanyaggal. Több más országban a lefolytatott szabadföldi kísérletek nem zárultak elfogadható pozitív eredményekkel, ezért az azotobacter-es oltás nem terjedt el. A fentiekből következik, hogy a kutatók véleménye távolról sem egyezik meg az azotobacter-t tartalmazó oltóanyag felhasználását illetően. Egyes szovjet (BERJOZOVA [9], DOROSZINSKIJ [23]) és román (GHEORGIU [35]) kutatók az azotobacter-es oltóanyag hatékonyságát hangsúlyoztatják, addig mások (FEHÉR [34], RAJCSÉVA [96], MANNINGER és SZEGI [78]) saját viszonyaik között szűkségtelennek tartják ezen oltóanyag alkalmazását.

Nem tagadva az azotobacter óriási jelentőségét, a talaj nitrogénellátása szempontjából, az a véleményünk, hogy ilyen irányú készítmények alkalmazásának csak olyan javított savanyú, vagy lúgos talajok esetében van korlátolt jelentősége, amelyekben ez az organizmus javítás előtt nem volt kimutatható. Gyárfás [36] már 1908-ban óva intett attól, hogy az akkori időben rendkívül nagy számban előállított különböző baktériumokat tartalmazó készítmények eredménnyel használhatók fel a mezőgazdaságban. Ezt a nézetet tették magukévá később SURÁNYI [106], majd FEHÉR [34] is. Egyet kell értenünk FEHÉR-rel abban, hogy azokban a talajokban, ahol ez a baktérium előfordul, tevékenységének fokozása kizárólag agrotechnikai probléma. Megfelelő agrotechnika alkalmazásával (szervesanyagok leszántása, mélyszántás, savanyú talajok meszozása stb.) az azotobacter igen gyorsan

elszaporodik a talajban. Viszont, ha fejlődéséhez szükséges feltételek nincsenek meg, a vetőmag felületén a talajba juttatott néhány milliárd sejt nem képes arra, hogy megváltoztassa a talaj biodinamikáját. Mivel pedig sok szerző adatai azt mutatják, hogy — a kukorica és búza vonatkozásában legalábbis — az azotobacter nem fordul elő a rhizoszférában, tehát ilyen preparátumok alkalmazásával nem tudunk hatni a gyökérszónában élő organizmusok összetételére sem. Hasonló a véleményünk a foszfor és szilikát bontó baktériumok oltóanyagként történő alkalmazásával kapcsolatban is. Itt szeretnénk megemlíteni, hogy a Szovjetunióban, ahol ezeket a készítményeket a legnagyobb mértékben alkalmazták, mind több tudós bírálja ilyen készítmények előállításának célszerűségét, illetve használhatóságát.

A mezőgazdasági termelés fokozott kemizációja — amely a termelés fokozásának leggyorsabb és legracionálisabb útja —, nem csökkenti a talajban élő nitrogénkötő mikroorganizmusok óriási jelentőségét. Mivel a biológiai úton megkötött nitrogén rendkívül olcsó (1 kh-ra szükséges rhizobium oltóanyag 7 Ft) s a pillangós virágú növények legfontosabb nitrogénforrását képezi, mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy a talajban élő mikroorganizmusok minél nagyobb mennyiségű nitrogénnel gazdagítsák termőtalajainkat. A probléma jelentőségét alátámasztja az is, hogy a Biológiai Tudományok Nemzetközi Szövetsége (IUBS) és a Tudományos Dolgozók Nemzetközi Tanácsa (ISCU) az elmúlt évek során nemzetközi biológiai programot szervezett, amelynek egyik alapvető célkitűzése a biológiai nitrogénkötéssel foglalkozó kutatómunka nemzetközi szinten történő egybehangolása és fokozása.

Irodalom

- [1] ALLEN, O. N. & BALDWIN, I. L.: The effectiveness of rhizobia as influenced by passage through the host plant. *Wisconsin Agric. Exp. Sta. Bull.* **106**. 56. 1931.
- [2] APPELMANN, M. D. & SEARS, O. H.: Studies on lyophilized cultures. Lyophilic storage of cultures of *Rhizobium leguminosarum*. *J. Bact.* **52**. 209. 1946.
- [3] ARNAUDI, C. & CASTELLANI, E.: Sur le bacteriophage du *Rhizobium radiclecola*. *Bull. Sez. Ital. Soc. Intern. Microbiol.* **317**. 1934.
- [4] BALASSA, R.: Durch Desoxyribonucleinsäure induzierte Veränderungen an Rhizobien. *Naturwiss.* **43**. 133. 1956.
- [5] BALASSA, R. & ÖRDÖGH, F.: Pillangósvirágú takarmánynövények *Rhizobium-oltásáról*. *Agrártudomány* **5**. 528. 1953.
- [6] BEJERINCK, M. V.: Die Bakterien der Papilionaceae knöllchen. *Botan. Zeitung* **46**. 726. 1888.
- [7] BERGEY, D.: *Manual of determinative bacteriology*. 7th ed. Williams & Wilkins Baltimore. 1957.
- [8] BERGENSEN, F. J.: Biochemical pathways in legume root nodule nitrogen fixation. *Bact. Rev.* **24**. 246. 1960.
- [9] BERJOZOVA, E. F.: Szucsoszt' dejsztvija bakterial' nüh udobrenij. *Bakterial'nüe udobrenija*. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [10] BRÄLVE, G.: Inoculation trials of leguminous plants 1914—1948. *Lucerne and clover trials*. Kgl. Lantbr. Högsk. Ann. **16**. 385. 1928.
- [11] BLOM, J.: Hydroxylamin (NH₂OH) als Zwischenprodukt bei der Fixierung des Atmosphärestickstoffs. *Biochem. Z.* **134**. 385. 1928.
- [12] BLOM, J.: Ein Versuch die chemischen Vorgänge bei der Assimilation des molekularen Stickstoffs durch Mikroorganismen zu erklären. *Zbl. Bakt.* **84**. 60. 1931.
- [13] BOKOR, R.: Adatok az akénak a nitrogényfűjtő baktériumokkal történő oltásához. *Erdészeti Lapok*, (7—9) 1934.
- [14] BOND, J.: Fixation of nitrogen in non-legume root nodule plants. *Symp. Soc. Exp. Biol.* **13**. 59. 1959.
- [15] BONNIER, CH.: Symbiotic nitrogen fixation by legumes. *Ann. Gebloux*, **58**. 114. 1952.
- [16] BORODULINA, J. S.: Vüzusivanie klubenkövü bakterij sz celju polucesenija nitragina v szuhom vide. *Bakterial'nüe udobrenija*. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [17] BORTOMLEY, W. B.: The assimilation of nitrogen by certain nitrogen fixing bacteria in the soils. *Proc. Roy. Soc. London*. **82**. 627. 1910.
- [18] BUDINOV, L. I.: Klubenkövü bakterii i keleverotomlenie. *Vesztn. bakter. Agronom. sztancii*, (13) 17. 1907.
- [19] CHEN, H. & THORNTON, N.: The structure of ineffective nodules and its influence on nitrogen fixation. *Proc. Roy. Soc. London*. **12**. 208. 1940.
- [20] DHAR, N. R.: Nitrogen fixation by organic matter in soil improvement. *J. Indian Soc. Soil. Sci.* **10**. 75. 1962.
- [21] DEMOLON, A.: Contribution to the study of bacterial symbiosis in legumes. *Rev. Gén. Bot.* **58**. 489. 1951.
- [22] DEMOLON, A., DUNEZ, A.: Le Bact. radiclecola et son bacteriophage dans le développement de la luzerne. *C. R. Acad. Agric. France*. **20**. 659. 1934.
- [23] DOROSZINSKIJ, L. M.: Proizvodstvo primenenie i effektivnoszt' bakterial'nüh udobrenij v SSSR. *Bakterial'nüe udobrenija*. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [24] DUGGAR, J. F.: Soil inoculation for leguminous plants. *Alab. Agric. Exp. Sta. Bull.* **87**. 459. 1897.
- [25] ENDRES, G.: *Cit. Poehon, J. V Barjac, H.: Microbiologie du sol*. Dunod. Paris. 1958.
- [26] ERDMAN, L. W.: The future of preinoculated seed. *World*, March 10. 1961.
- [27] FEDOROV, M. V.: Vlijanie azotobaktera na azotnij balans pocsvü i uezsaj szel'szkohozajsztvennüh rasztenij pri udobrenii pocsvü szolomoj. *Mikrobiologija* **9**. 541. 1940.
- [28] FEDOROV, M. V.: Vlijanie azotobaktera i klubenkövü bakterij na azotnij balans pocsvü i uezsaj bobovüh i zlakov pri udobrenii pocsvü szolomoj. *Tr. Moszk. sz/h Akad. im. Timirjazeva* **30**. 57. 1945.
- [29] FEDOROV, M. V.: Biologiceszkaja fikszacija azota atmosferü. *Szel'hozgiz*. Moszkva. 1952.
- [30] FEDOROV, M. V. & USZPENSZKAJA, T. A.: Vlijanie prodolzitel'noszti oszvescsenija bobovüh rasztenij (goroha i szoj) na azotifiksziruzsucsaju aktivnoszt' klubenkövü bakterij. *Mikrobiologija* **24**. 291. 1955.
- [31] FEDOROV, M. V. & HLAVACKOVA, E.: Azotifiksziruzsucsaja szposzobnoszt' klubenkövü bakterij lucernü. *Izv. TSzHA*, (1) 61. 1956.
- [32] FEDOROV, M. V. & KALININSZKAJA, T. A.: Novüj vid azotifiksziruscsej mikobakterii i ego fiziologiceszkie oszobnoszti. *Mikrobiologija* **30**. 9. 1961.
- [33] FEDOROV, M. V. & ILINA, T. K.: Otnosenie otde'l' nüh form pocsvenüh aktinomocetov k raznüh isztocsnikam ugleroda pri roszte na nitratom i molekularnom azote. *Mikrobiologija* **29**. 495. 1960.
- [34] FEHER, D.: *Talajbiológia*. Akadémiai kiadó. Budapest. 1954.
- [35] GHEORGHIU, V.: Proizvodstvo, primenenie i effektivnoszt' nekotorüh biopreparatov v Rumünszköj. *Narodnoj Reszpublike*. *Bakterial'nüe udobrenija*. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [36] GYÁRFÁS, J.: A talajoltásról. *Közlelek*, **13**. 1071. 1908.
- [37] HAMATOVA, E.: A nitrazon baktériumos oltóanyag előállítása és a pillangós növényeknél való alkalm-

- zása a Csehszlovák Szocialista Köztársaságban. Agro-kémia és Talajtan 12. 661. 1963.
- [38] HAMATOVA, E.: Vliv záreční gama na fixaci aktivitu Rhizobium japonicum u dvou odrud soje. Véd. Práce Vyzk. Ust. Rostl. Vyr. CSAZV. 8. 155. 1964.
- [39] HARRISON, F. & BARLOW, B.: Cooperative experiments with nodule-forming bacteria. Ontario Dept. Agric. Bull. (148) 1. 1906.
- [40] HELLRIGEL, H. & WILFARTH, H.: Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Z. Ver. Rübenzucker Ind., Dtsch. Reich. 38. 234. 1888.
- [41] HELMECZI, B.: Az Azotobacter chroococcum felhasználási lehetőségei a mezőgazdaságban. Kandidátusi dissz. Debrecen. 1905.
- [42] HERKE, S.: Adatok a gyökérgumó baktériumok életműködéséhez, valamint a „Nitragin” és „Azotogén” bakteriológiai vizsgálatához. Kísér. Közl., 16. 312. 1913.
- [43] HILTNER, L.: Über die Impfung der Leguminosen mit Reinkulturen. Dtsche Landw. Presse, Hamburg. 29. 119. 1902.
- [44] HILTNER, L. & STRÖMER, K.: Neue Untersuchungen über die Wurzelknöllchen der Leguminosen und deren Erreger. Arb. K. Gesundheitsamt. Biol. Abt. (3) 151. 1903.
- [45] HORVÁTH J.: Mikrobiológia. Mezőgazd. kiadó. Budapest. 1962.
- [46] IZRAILSZKIJ, V. P. & ARTEMEJEVA, Z.: Virulentnoszt' i aktivnoszt' raznüh rassz klubenkovüh bakterij. Trudü VIUAA 2. 5. 1937.
- [47] IZRAILSZKIJ, V. P. & BORODULINA, J. S. & PANOVA, S.: Issledovanie kultur klubenkovüh bakterij dlja prigotovlenija szuhogo nitragina. Polucsenie i primenenie bakterial' nüü udobrenij. Tr. szovescs. bakt. udobrenija. Izd. AN USSR. Kiev. 1956.
- [48] JACOB, A.: Der Boden. Akad. Verl. Berlin. 1953.
- [49] JEMCOV, T. V.: Ispol'zovanie ionizirujucsih gamma izlucsenij dlja polucsenija vizskokoaktivnüh stammov klubenkovüh bakterij. Nauco. Konf. TSzHA 24. Moszkva. 1962.
- [50] JENSKINS, H., VINCENT, J. M. & LAWRIE, M.: The root nodule bacteria as factors in clover establishment in the red basaltic soils of the Lismore district. N. S. W. III. Field inoculation trials. Austr. J. Agric. Res. 5. 77. 1954.
- [51] JENSEN, B. et al.: A new nitrogen-fixing Bacterium Derixia gummosa nov. gen. nov. sp. Arch. Mikrobiol. 36. 182. 1960.
- [52] JORDAN, D. C.: Studies on the legume root nodule bacteria II. The production and behavior of colonial mutants produced by X-ray irradiation. Canad. J. Bot. 30. 125. 1952.
- [53] KECSKÉS, M., KOPASZ, M. & MANNINGER, E.: Adatok az akác (Robinia pseudoacacia L.) rhizobium oltásos szabadföldi kísérletéhez. Az Erdő 11. 462. 1962.
- [54] KEILIN, D. & WANG, Y. L.: Haemoglobin in the root nodules of leguminous plants. Nature 155. 227. 1945.
- [55] KEILIN, D. & SMITH, I. D.: Haemoglobin and nitrogen fixation in the root nodules of leguminous plants. Nature 159. 692. 1946.
- [56] KERPELY, A.: A szójabab eredményes termesztése of ás al. Kisalföldi Gazda 13. 1941.
- [57] KERPELY, A.: A rhizobiumos oltás, mint a lucerna terméseredményfokozásának egyik eszköze. Mosonmagyaróvári Mezőgazd. Kísér. Int. Évk. 49. 1942.
- [58] KERPELY, A.: Mezőgazdák talajismereti és trágyázási útmutatója. 2. kiad. Mezőgazd. kiadó. Budapest. 1964.
- [59] KERPELY, A., MANNINGER, E. & ZÁMORY, É.: Különböző rhizobium törzsek, valamint a szójabab por alakú oltóanyagának minősítése. OMMI Évk. 1954-1955. 3. 141. 1957.
- [60] KERPELY, A., ZÁMORY, É. & MANNINGER, E.: Inoculation of legumes with rhizobium strain lables with phosphorus-32. Nature 198. 1219. 1963.
- [61] KERPELY, K.: Légygyújtó növények és a talajoltás. Köztelek 6. 1839. 1896.
- [62] KLECZKOWSKA, J.: A study of phage resistant mutants of Rhizobium trifolii. J. Gen. Microbiol. 4. 298. 1950.
- [63] KOLAR, G. & GREENLAND, P.: Nitrogen balance of the Earth surface. Austr. J. Sci. 23. 290. 1961.
- [64] KRASZIL'NIKOV, N. A.: Novüj vid geteroautotrof-nüh azotifikszatorov. Ref. Nauco. isszled. rabot. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1947.
- [65] KRASZIL'NIKOV, N. A.: Opredeletel' bakterii i aktinomictov. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1949.
- [66] KREYBIG, L.: A talaj élete, javítása és trágyázása. biológiai szempontból. Egyetemi ny. Budapest. 1928.
- [67] KROLL, L. & ERDEI, S-né: Azotobacter oltási kísérlet takarmányrépával és lucernával. Agro-kémia és Talajtan 1. 369. 1952.
- [68] LAIRD, D. G.: Bacteriophage and the root nodule bacteria. Arch. Mikrobiol. 3. 159. 1932.
- [69] LIPMAN, J. G. & CONYBEARE, A. B.: Preliminary note on the inventory and balance sheet of plant nutrients in the United States. Bull. N. J. Agric. Exp. Sta. 607. 1936.
- [70] LONGLEY, B. I. et al.: Ability of rhizobia and Phytomonas tumefaciens induced by cultivating on media containing glycine. J. Bact. 33. 29. 1937.
- [71] LYON, T. L. & BIZZEL, J. A.: A comparison of several legumes with respect to nitrogen accretion. J. Amer. Soc. Agron. 26. 651. 1934.
- [72] MAKRINOV, I. A.: Bakterial'nüe zemleudobritel'nüe preparatü i ih prakticseszkoie primenenie. Moszkva 1915.
- [73] MALISZEVSZKA, W.: Proizvodsztyo i primenenie bakterial'nüh udobrenij v Polse. Bakterial'nüe udobrenija. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [74] MANIL, P.: Microbiology and Agronomy. Ann. Gembloux 59. 14. 1950.
- [75] MANIL, P. & BONNIER, C.: Symbiotic nitrogen fixation in lucerne. Bull. Inst. Agron. Gembloux 18. 89. 1950.
- [76] MANNINGER, E.: Tanulmányok a rhizobiumok biológijának köréből. Kand. dissz. Budapest. 1963.
- [77] MANNINGER, E. & SOÓS, T.: A rhizobium baktériumok hatása az akác növekedésére. Az Erdő 9. 238. 1960.
- [78] MANNINGER, E. & SZEGI, J.: A bakteriumtrágyák alkalmazásáról tartott nemzetközi koordinációs konferencia Leningrádban. Agro-kémia és Talajtan 11. 171. 1962.
- [79] MIGAHD, A. M., EL NADY, A. F. & ABDEL RAHMAN, A. A.: The effect of gamma radiation on bacterial nodule formation. Plant and Soil 11. 139. 1959.
- [80] MISUSZTIN, E. N.: Biologicseszkiy azot v szel'szsko hozajsztye i ispol'zovanie bakterial'nüh udobrenij. Bakterial'nüe udobrenija. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [81] MISUSZTIN, E. N. & BERNARD, V. V.: Nitragin i ego primenenie. Himizacija szel'szskogo zemledelija (11) 110. 1938.
- [82] MOTHES, K. & PIETZ, J.: Zur Physiologie der Leguminosensymbiose. Zbl. Bakt. Abt. II. 99. 1938.
- [83] NICHOLAS, D., SILVESTER, D. & FOWLER, J.: Use of radioactive nitrogen in studying nitrogen fixation in bacterial cells and their extracts. Nature 189. 634. 1961.
- [84] NITA, L.: A borsó és bükköny gyökérgumóiban élő baktériumok N-kötő aktivitása, valamint a nitrogén felhalmozódásának dinamikája a növényben. Agro-kémia és Talajtan 12. 647. 1963.
- [85] NITA, L.: A borsó és bükköny gyökérgumóiból izolált nagy nitrogénkötő képességgel rendelkező rhizobium törzsek fiziológiai sajátosságai. Agro-kémia és Talajtan 12. 655. 1963.
- [86] NOBBE, F. & HILTNER, L.: Wodurch werden die knöllchenbesitzenden Leguminosen befähigt, den freien atmosphärischen Stickstoff für sich zu verwerthen? Landw. Vers. Sta. 42. 459. 1893.
- [87] NOBBE, F. & HILTNER, L.: Über die Anpassungsfähigkeit der Knöllchenbakterien ungleichen Ursprungs an verschiedene Leguminosengattungen. Landw. Vers. Sta. 47. 257. 1896.
- [88] NUTMAN, P. S.: Variation within strains of clover nodule bacteria in the size of nodule produced and in the „effectivity” of the symbiosis. J. Bact. 51. 411. 1946.
- [89] NUTMAN, P. S.: Genetical factors concerned in the symbiosis of clover and nodule bacteria. Nature 157. 463. 1946.

- [90] NUTMAN, P. S.: Host factors influencing infection and nodule development in leguminous plants. Proc. Roy. Soc. London B. **139**, 176. 1952.
- [91] ÖRDÖDY, L.: Zöldtrágyázás a szabolcsmegyei homokon. Gazd. Lapok 484. 1907.
- [92] PETROSZJAN, A. P.: Ekologiceszkie oszobbenoszti klubenkovüh bakterij v Armjanszkój SSR. Izd. AN Arm. SSR. Erevan. 1954.
- [93] POCHON, J. et al.: Étude sérologique des Rhizobium. Application au problème de la „compétition” entre souches. Ann. Inst. Pasteur **79**, 758. 1950.
- [94] PRJANISNIKOV, D. I.: Azot v zszizni rasztenij i zemledelii. Szél'hozgiz. Moszkva. 1945.
- [95] RABOTNOVA, I. L.: Okiszlitel'no vossztanovitel'nüj potencial szredü v szvjazi uszvoniem molekularnogo azota. Mikrobiologija **10**, 526. 1941.
- [96] RAJCSÉVA, L.: Bakteriel'noe udobrenie v Bolgarii. Bakteriel'noe udobrenija. Izd. Kolosz. Moszkva. 1964.
- [97] RAZUMOVSZKAJA, Z. G.: K voproszu o klubenkovom bakteriofage. Arch. Biol. Nauk. **12**, 304. 1932.
- [98] RIPPEL-BALDES, A.: Grundriss der Mikrobiologie. Springer. Berlin. 1952.
- [99] SCHNEIDER, K. et al.: Nitrogen fixation by cell-free preparations from microorganisms. Proc. Nat. Acad. Sci. USA **46**, 726. 1960.
- [100] SCHREVEN, van D. A. et al.: Experiments on the cultivation of rhizobium in liquid media. A. Lecuwenhoek J. Microbiol. **19**, 300. 1953.
- [101] SOMSICH, B.: Talajoltási kísérletek. Kísérletügyi Közl. **1**, 290. 1898.
- [102] SPENCER, de D.: The effect of calcium and soil pH on nodulation of *T. subterraneum* L. clover on a yellow podsol. Aust. J. Agric. Res. **1**, 374. 1950.
- [103] SPICHER, G.: Investigations on the interactions between *Azotobacter chroococcum* and higher plants. Zbl. Bakt. **107**, 353. 1954.
- [104] STARKEY, R. & DE, F.: A new species of *Azotobacter*. Soil Sci. **47**, 329. 1939.
- [105] STRONG, T. H.: J. Agric. S. Aust. **41**, 542. 1938. Cit.: Pochon, J. & BARJAC, H.: Mikrobiologie du sol. Dunod. Paris. 1958.
- [106] SURÁNYI, J.: A talajoltás és a mai talajbiológiai tudomány. Köztelek **39**, 1608. 1928.
- [107] SÜCHTING, H.: Kritische Studien über die Knöllchenbakterien. Zbl. Bakt. II. **11**, 377., 417., 496. 1904.
- [108] SZEGI, J. & GULYÁS, F.: Egyes cellulózbontó mikroorganizmusok anyagcseretermékeinek hatása az *azotobacter* légzésére, valamint a lucernamagvak csírázására. Agrochimia és Talajtan **11**, 99. 1963.
- [109] SZEGI, J. & TIMÁR, E.: The effect of the metabolic products of cellulose decomposing organisms upon the growth of some other microorganisms. Acta Agron. Hung. **13**, 337. 1965.
- [110] THORNTON, H. G.: Problems presented by nodule bacteria and the legume host. Agric. Progr. **24**, 102. 1949.
- [111] THORNTON, H. G. & KLECZKOWSKA, J.: Use of antisera to identify nodules produced by the inoculation of legumes in the field. Nature **166**, 1118. 1950.
- [112] TURCSIN, F. V.: Novüe dannüe o mehanizme fikszacii atmosferного azota v klubenkah bobvüh rasztenij. Pocsvovedenie (10) **14**, 1959.
- [113] VANDECAVEYE, S. C. & KATZNELSON, H.: Bacteriophage as related to the nodule bacteria of alfalfa. J. Bact. **31**, 456. 1956.
- [114] VINCENT, J. M.: The root nodule bacteria of pasture legumes. Proc. Linn. Soc. NSW. **79**, 757. 1954.
- [115] VINTIKOVA, H., STRONGL, M. & SKRDLETA, V.: A contribution to the serological typization of the rhizobia. Folia Microbiol. **6**, 243. 1961.
- [116] VIRTANEN, A. I., HARALA, M. & JÄRVINEN, H.: Formation of oxime nitrogen in anaerobic nitrogen fixation. Suomen Kemistilehti **22B**, 23. 1949.
- [117] VIRTANEN, A. I. & LAINE, T.: Red brown and green pigments in leguminous root nodules. Nature **157**, 25. 1946.
- [118] WILSON, P. W.: Mechanism of symbiotic nitrogen fixation. Ergebn. d. Enzymol. **8**, 13. 1939.
- [119] WILSON, P. W. & BURRIS, R.: Biological nitrogen fixation. Ann. Rev. Microbiol. **7**, 415. 1953.
- [120] WINOGRADSKY, S.: Sur l'assimilation de l'azote gazeux de l'atmosphère par les microbes. C. R. Acad. Sci. France **116**, 1385. 1893.
- [121] WINOGRADSKY, S.: Sur la synthèse d'ammoniac par les *Azotobacter* du sol. C. R. Acad. Sci. France **190**, 661. 1930.
- [122] WRÓBEL, T.: Wyrob szczepionek i wyniki szczepionia nimii roślin motylkowych. Acta Microbiol. Polon. **8**, 321. 1959.
- [123] WRÓBEL, T. & MARSZEWSKA—ZIEMIECKA, J.: Wyniki doswiadczen polowiyh nad wplywem szcepiania roślin motylkowych na ich plony w latach 1954—1958. Roczn. Nauk Roln. **32A**, 1. 1960.
- [124] WÜNSCHIK, H.: Erhöhung der Wirksamkeit der Knöllchenerreger unserer Schmetterlingsblüther durch Passieren der Wirtspflanze. Zbl. Bakt. II. **64**, 395. 1925.

SZEGI JÓZSEF

Érkezett: 1967. január 6.