

## Trópusi mezőgazdaság és a talajbiológia

Ellentétben a Föld keleti részén elterülő trópusi országokkal, Latin-Amerika számos olyan nagyterjedésű területtel rendelkezik, amelynek népsége alacsony, ugyanakkor mezőgazdasági termelésre alkalmas. Brazíliában, Venezuelában és Kolumbiában a központi fennsíkon több mint 2 millió ha "cerrado" típusú szavanna alkalmassá tehető gépesített mezőgazdasági termelésre. Megállapítást nyert, hogy a limitáló tényezők (felvehető foszfor, mész és nyomelemek hiánya) megszüntetése gazdaságosan megoldható (FREITAS, 1971).

A mezőgazdasági szakemberek részére jelentős feladatot jelent a szója-termesztés kiterjesztése ezekre a területekre, mivel a várható 30 millió tonna szójafehérje előállítását a világ jelenlegi népségének 25 %-át képes szójafehérjével ellátni az USA szintjén (100 g naponta és személyenként). E számítások - bár becsléseken alapulnak - jelzik a területek mezőgazdasági hasznosításában rejlő lehetőségeket. A füves szavannák ilyen irányú hasznosítása védelmet jelent az Amazonas mentén elterülő esőerdők számára, amelyeknek a jelentősége ökológiai szempontból felbecsülhetetlen. Mint ismeretes, ezek kiírtása a régió elsivatagosodásához vezethet.

Az egyes szavannatípusok közül az ún. edafikus szavannákon (Cerrado típus) legolcsóbb a mezőgazdasági termelés, mivel csapadékviszonyai kedvezőek, ellentétben a klimatikus szavannákkal (Caatinga típus), amelyeknél csak öntözéssel valósítható meg a termelés, s így ez jelentős többlet-költségekkel jár, s ezért csak magas színvonalú mezőgazdasági termelés körülményei között rentábilis.

Bár a természetes szavannának, mint legelőnek a gyepprodukcója viszonylag alacsony, ennek ellenére a Cerrado és Caatinga típusú szavannák 50 millió szarvasmarhát tartanak el.

A fent említett két szavannatípus legelő növényzetében a lágyszárú pillangósok aránya igen alacsony, ugyanakkor a pillangós fák és cserjék jelentős hányadát alkotják a vegetációnak, s a növényzet nitrogénszükségletét biztosítani képesek. A téli száraz évszakban több pillangós cserje - elsősorban a *Mimosa* és *Cesalpinioidea*-félék zöld felületei és hüvelyei jelentik a száraz gyenge gyeppálmány mellett az alapvető fehérjeforrást az állatok számára. Ilyen viszonyok között egy szarvasmarha életben tartására szükséges terület eléri vagy meghaladja a 10 ha-t. A nyári csapadékos időszakban a Cerrado-típusú szavannák többségére jelentős

mennyiségű, 1000 mm-t meghaladó csapadék hullik, amely a legtöbb mezőgazdasági kultúra termesztéséhez elegendő. Az utóbbi években Brazíliában számottevően növekedett a művelésbe vont Cerrado-típusú szavannafelszín, amely 1965-ben 1,4 millió ha volt, jelenleg már eléri a 11 millió ha-t (J. R. PEREZ, személyes közlés). Ez azt jelenti, hogy a volt Cerrado-típusú szavannák adják az ország szemes termény termelésének 27 %-át.

Az ilyen területek szántóföldi hasznosításánál fontos a pillangós virágú növények termesztése. Az ásványi nitrogénműtrágyák nem csupán jelentős többletköltség-tényezőt jelentenek a diazotróf szimbionta rhizobiumokat tartalmazó oltóanyag árához viszonyítva, de az esős időszakban a kimosódási veszteségek jelentősen fokozódnak.

#### *Biológiai alternatívák*

A mezőgazdaságban számos alternatíva lehetséges a talajbiológiai folyamatok széles körű hasznosítására, amelyek a különböző kemikáliák felhasználásának jelentős csökkentését eredményezik a növénytermesztésben. A vegyi anyagok egyoldalú nagytömegű felhasználása nem csupán a fejlett vegyiparral rendelkező országokra jellemző, de egyes fejlődő országok mezőgazdasági nagyüzemeiben is. Így trópusi körülmények között mechanikusan lemásolják a mérsékelt égövben folyó termelési technológiákat, jóllehet az éghajlati körülmények kedvező volta itt sokkal változatosabb agrotechnikai módszerek alkalmazását teszi szükségessé. Sajnálatosan, egyes latin-amerikai szakemberek olyan - tudományosan nem kellően igazolt - termelési

technológiát propagálnak, amelyek hosszabb távon nem alkalmazhatók az itteni körülmények között.

A mezőgazdaságban alkalmazott termelési technológiának minden szempontból megfelelő és reprodukálható kísérleti eredményekre kell épülnie. Sajnos, trópusi körülmények között az ilyen kísérletek száma kevés. Leginkább a vetésváltáson és az agroerdészeti rendszereken alapuló technológiáknak van létjogosultsága, amelyeket az intenzív kemizációt megelőzően széles körben alkalmaztak. Ilyen körülmények között a különböző nitrogénfixáló és a nyersfoszfátokat feltárni képes mikroorganizmusok tevékenysége maximálisan hasznosítható a növények táplálkozásában, ugyanakkor a gyökérgatógen mikroorganizmusok és rovarkártévők visszaszorulása következtében jelentősen csökkenthető a kémiai növényvédő szerek mennyisége. A vetésforgós termelési mód talajvédelmi szerepe is jelentős.

A vetésforgós, valamint az agroerdészeti rendszerek vizsgálata hosszú távú tartamkísérletekben valósítható meg. Az ilyen vizsgálatok költségigényesek, s ezért a latin-amerikai fejlődő országokban kevésbé elterjedtek. A vetésváltásos rendszer biztosítja a növényi tápanyagok maximális reciklizációját a talajban, amelyek felvehetővé válnak a növények számára. A bolygatlan klimax stádiumban lévő vegetációk - így a szavanna és az őserdő - zárt rendszereket képeznek. Ilyen körülmények között a tápanyagvesztés minimális. Amennyiben az ember a területeket szántóföldi kultúrák termesztésére veszi igénybe, az egyensúly felbomlik, s a tápanyagok mennyisége rohamosan csökken. Ilyen viszonyok között a lágyszárú és fás pillangósok

elszaporodása dúsítja a talaj N-tartalmát, s más elemekkel együtt elősegíti a talajtermékenység helyreállítását.

Trópusi körülmények között a talajok termékenységének intenzitását elsősorban az ásványi nitrogén kimosódása és a talaj szervesanyag-tartalmának gyors csökkenése határolják be. Közismert ugyanakkor, hogy a légkörben a nitrogén szinte korlátlan mennyiségben található. A magasabbrendű növények önmagukban nem képesek a gázalakú nitrogént hasznosítani, csak a különböző szimbiota és asszociatív nitrogénkötő baktériumok közreműködésével. A biológiai nitrogénfixáció jelentőségét támasztja alá az a tény, hogy a fejlődő országokban a mezőgazdasági termelési költségek 70 %-át a műtrágyaköltségek alkotják. Trópusi körülmények között a talajbiológiai folyamatok, így a biológiai nitrogénkötés hasznosítása, a kedvező éghajlati viszonyok következtében jóval intenzívebb, mint a mérsékelt égövben. Pillangós szakasszal rendelkező vetésforgós termelési rendszerekben, ahol a közvetlen hasznosításon kívül a pillangós növényt zöldtrágyaként is alkalmazják, az ásványi nitrogéntrágyázás nagymértékben csökkenthető. Mint ismert, a gyökérgümőkben élő rhizobiumok jelentős mennyiségű nitrogént kötnek meg, amelyet a pillangós növény hasznosít, s cserébe viszont ellátja az előbbieket szén- és energiaforrással.

A maghozam céljából termesztett pillangós takarmánynövényeknek fontos szerepük van a trópusi mezőgazdaságban. A kávé után a szója Brazília legfontosabb exportnövénye, s termőterülete állandóan bővül a Cerrado-típusú szavannák művelésbevitelével. Ez részben a növénytermesztés, részben pedig a rhizobiumos oltás eredménye. Bár az oltás során felhasznált kultúrák

gümőképzése intenzív volt, a nitrogénkötő aktivitásuk nem felelt meg a kívánalmaknak. Ezért új törzseket tenyésztettek ki, amelyek a termést jelentősen fokozták (NEVES et al., 1985). Alkalmazásukkal a szója szemtermésének növelése elérheti a 45 %-ot is a termés index számítások szerint (1. táblázat). Sajnos azonban a Cerrado talajokban nem versenyképesek a kevésbé aktív őshonos rhizobium populációval szemben. Kompetenciós képességük fokozása céljából vizsgálatok folynak.

A kerti bab (*Phaseolus vulgaris*) növénynél problémát jelent a specifikus rhizobiumok gümőképzést, a nitrogénkötést koordináló két géncsoport (NOD és FIX gének) genetikai instabilitása (MARTINEZ et al., 1988). A kutatók a gümőkben két rhizobiumcsoport - feltehetően két különböző faj - jelenlétét figyelték meg. Az első csoport kizárólag a bab gyökerén képez gümöket, s teljesítményét tekintve instabil. A másik csoport különböző fás pillangósok gyökérzetén, így a *Leucaena leucocephala* gyökerén is képes gümöket létrehozni. Ez utóbbi csoport NOD és FIX génjei két nagy plazmidon helyezkednek el, s ezért sokkal stabilabbak.

Trópusi körülmények között a magas hőmérséklet eltérő módon befolyásolja a különböző növények *Rhizobium* szimbiotáinak aktivitását. Így pl. kétszer 8 órás 38 °C-os hősoakk 10 napig megbénította a kerti bab (*Phaseolus vulgaris*) N-fixációját (HUNGRIA & FRANCO, 1988). Ugyanakkor egyes pillangós fajok (*Leucaena*, *Prosopis*) esetében a növekedés teljes periódusában alkalmazott napi 8 órás 38 °C-os hőkezelés nem váltott ki kedvezőtlen hatást. 18 pillangós faj (*Leu-*

1. táblázat  
A különböző Rhizobium törzsek hatása a szója nitrogénkötésére és a szemtermésre szabadföldi kísérletben

Törzs jele	Megkötött N <sub>2</sub> kg/ha	Gümőhatékony, mg N <sub>2</sub>	Magtermés kg/ha	Magtermés index
29 W	343 b/c	426 b	1863 c	60,1 b
DF 395	214 b	543 b	1468 cd	61,1 b
SM 16	204 e	491 b	1398 de	56,0 b
965	278 a	899 a	2898 a	86,5 a
CB 1809	239 b	1005 a	2682 a	82,2 a
DF 389	242 b	851 a	2284 b	82,0 a
Kontroll	0	-	948 f	49,1 bc

Megjegyzés: Az egy oszlopban szereplő értékek nem különböznek egymástól szignifikánsan ( $P = -0,005$ ) amennyiben utánuk azonos betű áll. a) maximális növényi nitrogéntartalomnál (109 d) az oltott és kontrollnövények össz-nitrogéntartalma közötti különbségből számítva; b) maximális gümősúlynál (74 d); c) N mag/össz-nitrogén x 100

2. táblázat  
Pillangós virágú fajok gümőiből kitenyészített három Rhizobium törzssel oltott babnövények gümőképzése és nitrogénfixációja

A törzsek eredete	Törzsek száma	Gümőszám/növény	Összes nitrogén mg/növény
<i>Gliricidia sp.</i>	BR 8801	8 c	15 d
	8802	20 cd	22 cd
	8803	12 c	14 d
<i>Leucaena sp.</i>	BR 814	46 b	41 ab
	816	40 c	41 ab
	817	68 a	52 a
<i>Lonchocarpus sp.</i>	BR 6609	14 de	28 c
	6610	60 ab	48 ab
	6611	20 cde	22 cd
<i>Phaseolus vulgaris</i>	146	2 c	12 d
<i>P. vulgaris</i> + 90 mg/növény		0	35 bc

*caena*, *Gliricidia*, *Lonchocareus*) gümőiből izolált több mint 100 *Rhizobium* törzs közül 14 hatékony gümőképzést és nitrogénfixációt eredményezett a kerti babnál. Az utóbbi törzsekkel kezelt babnövények közül egyesek képesek voltak a gümőképzés és nitrogénfixáció feltételeit biztosítani napi 8 órán át tartó 40 °C-os hőkezelés mellett. E növények hozamai elérték vagy felülmúlták az ásványi nitrogénnel trágyázott növények terméseredményeit. A Leonard-edényekben felnevelt növények adatait négy edény átlaga alapján a 2. táblázatban mutatjuk be (HUNGRIA & FRANCO, 1988).

*Zöldtrágyázás céljából alkalmazott pillangósok*

Számos trópusi pillangós növény

alkalmazható másodvetésként zöldtrágyázás céljából. Ezek részben megkötik a légkör gázalakú nitrogénjét, részben pedig elősegítik a foszfortápanyag felvételét a nehezen oldódó ásványi foszfor vegyületekből. SILVA és munkatársai (1985) kimutatták, hogy a *Stizolobium atterimum* azonos mértékben képes felvenni a talajoldatban lévő, valamint a nem vízoldható nyersfoszfátok foszfortartalmát. Ilyen formán a talajba bemunkált pillangós zöldtrágyanövények lebomlása során jelentős mennyiségű nitrogén és foszfor szabadul fel az utónövények részére. A fenti eredmények megalapozzák a zöldtrágyázás jelentőségét a vetésforgóban. A zöldtrágyázásos szakaszt magában foglaló vetésforgó gazdaságossági mutatóit a 3. táblázat tartalmazza (DUQUE & PENZANA, megjelenés alatt).

### 3. táblázat

A vetésforgó hatása a kukoricatermesztés gazdaságosságára 5 éves termesztési periódus alatt

Kezelés	Kukorica termés- hozam, kg/ha 1982/1983	Kukorica termés- hozam, kg/ha 1984/1985	Bevétel 5 év alatt, USD/ha
Kukorica monokultúrában	4480	1855	1178,51
Kukorica vetésforgóban (a)	3696	2703	1869,35
Ugyanaz nyersfoszfáttal	4808	2671	1780,38
Ugyanaz nyersfoszfáttal és zöldtrágyázással (b)	5283	3023	1575,24

a) 1981-1985 közötti vetésforgó növényei: bab, kukorica, földimogyoró, cassawa; b) zöldtrágya növény *Stizolobium*-mal történő oltással.

*Pillangós virágú erdei fák*

A legutóbbi időkig Braziliában nem vették figyelembe a természetes pillangós virágú fák szerepét az erdők újratelepítésénél. A legtöbb értékes keményfát adó faj és számos gyorsnövésű natív fa pillangósvirágú, gümőképző, azonban nitrogénkötő tulajdonságuk kevésbé ismert. Az északkeleti száraz régióban, az Amazonas menti őserdőkben, valamint Délkelet-Braziliában végzett felmérések számos, addig ismeretlen, gazdaságilag fontos nitrogénkötő fát fedeztek fel (4. táblázat). Így pl. a *Prosopis juliflora* fajtát a Kormány által koordinált tervek alapján telepítik az északkeleti régióban és 1982 óta az EMBRAPA által kifejlesztett kereskedelembe forgalmazott oltóanyaggal oltják (FARIA et al., 1987).

A 10 éves agroerdészeti periódusokra felépülő rotáció ellátja a farmot tüzelőanyaggal, száraz esztendőket okozta vészhelyzetekben energiával, védelmet nyújt a lejtős területeken az erózióval szemben, s a fehéjében gazdag erdei alomból képződik a talajtermékenységet fokozó szerves anyag.

*Gabona- és fűfélék*

A biológiai nitrogénkötés kiterjesztése a gabonafélékre és más pázsitfűvekre az elmúlt két évtized egyik alapvető kutatási területe volt. Mivel ezek a növények a pillangósoktól és néhány más magasabbrendű növénytől eltérően nem képesek szimbiózist létrehozni a nitrogénkötő baktériumokkal, a kutatások fő célkitűzése arra irányult, hogy a nitrogénfixációt koor-

dináló (Nif) génekkel részben a növények gyökérszónájában élő baktériumokba átvigyék, amelyeket később génszimbiozisi eljárásokkal szimbiózis kialakítására készítetnek a magasabbrendű növényre. A másik, távolabbi célkitűzés volt, hogy a Nif géneket a baktériumok megkerülésével közvetlenül a növényi sejtekbe ültetik át. Sajnos e területeken számottevő eredmények elérése még várat magára.

A fentiekkel szemben az elmúlt 15 év során számos új alternatíva nyílt a természetben előforduló, eddig ismeretlen, nitrogénkötő baktériumok felkutatása terén. Ezen az asszociatív nitrogénkötők sikerrel felhasználhatók a gabonafélék nitrogén-táplálkozásának javítása céljából. APP és munkatársai (1984) a Fülöp-szigeteken lévő Rizstermesztési Kutatási Központban végzett vizsgálataik alapján feltételezték, hogy a rizsnövény gyökérszónájában biológiai nitrogénkötés megy végbe. A szabadföldi kisparcellás tartamkísérleteik során, amelyeket 2 különböző helyen végeztek, 17 illetve 24 termés hozam betakarítása előtt és után növény- és talajanalízist végeztek, amelyek 103 illetve 79 kg pozitív N-mérleget mutattak hektáronként.

Mérsékelt égövi körülmények között Rothamstedben folytatott 82 éves monokultúrás búzatermesztési kísérletben az éves nitrogéngyarapodás 30 kg volt hektáronként (JENKINS & RAYNER, 1977).

Rövidebb időtartamú kísérletekben takarmányfűvekkel más kutatók hasonló nagyságrendű pozitív nitrogéngyarapodást állapítottak meg (WHITE et al., 1945, MOORE, 1963).

4. táblázat  
A braziliai erdei pillangós virágú fák gümőképzése

	Alcsaládok			Összesen
	<i>Mimoso- ideae</i>	<i>Papilon- ideae</i>	<i>Cesalpi- noideae</i>	
A vizsgált fajok száma	102	109	100	321
Gümős fajok száma	82	90	15	187
Elsőízben talált gümős fajok száma	39	55	13	107
Elsőízben talált gümős nemzetségek száma	2	6	2	10
Kitenyésztett <i>Rhizobium</i> törzsek száma	389	387	60	836

5. táblázat  
A különböző cukornádfajok és -fajták nitrogéntartalmának eredete a légköri nitrogént nem kötő *Brachiaria radicans* növényhez viszonyítva (<sup>15</sup>N tenyészedény-kísérlet, 3 vágás átlagában)

	Össz-N-tar- talom, kg/ha	Légkörből szár- mazó N, kg/ha	Az össz-N %- ában, kg/ha
<i>Saccharum officinalis</i>			
CB 45-3	258	164	60
CB 47-89	205	95	46
Na 56-79	193	83	43
Sp 70-1143	259	148	57
<i>Saccharum spontaneum</i>			
Krakatau	343	233	68
<i>Saccharum barberi</i>			
Chunee	110	0	0
<i>Brachiaria radicans</i>	110	0	0

Tenyészedényes növénykísérletben sokkal pontosabb adatok nyerhetők izotópindikációs módszer alkalmazásával. E vizsgálatoknál részben <sup>15</sup>N-el jelzett nitrogéngázt, részben pedig jelzett nitrogénműtrágyát alkalmaztak, s mérték a <sup>15</sup>N-beépülését a növénybe, illetve a talajba. A különböző növényeknél, így

a rizs (WATANABE & ROGER, 1984), cirok (WANI et al., 1984), valamint a takarmányfüvek (DE POLLI et al., 1977; BODDEY & VICTORIA, 1986) lényeges bár eléggé változó mértékű nitrogénfixációt mutattak ki izotópjelzéses módszerrel. Cukornáddal folytatott újabb vizsgálatok eredményei szerint a növény

nitrogéntartalmának több mint 50 %-a az atmoszférából származik (LIMA et al., 1987). Legutóbb egy 80 cm mély tenyészvényben végzett saját nitrogénmérleg-vizsgálatok (URUQUIAGA & DÖBEREINER, 1989; URUQUIAGA & BODDEY, megjelenés alatt) eredményei arra utalnak, hogy csupán foszforral és kálival trágyázott cukornád 200 t/ha termés elnyeréséhez szükséges nitrogén legnagyobb része a biológiai nitrogénfixáció eredménye (5. táblázat).

Az elmondottakból ismert, hogy a gabonafélékkel és más pázsitfűvekkel asszociációban élő baktériumok jelentős mennyiségű nitrogént képesek megkötni a légkör gázalakú nitrogénjéből. E jelenség élettanának ismerete elősegíti a nitrogénkötés hatékonyságának fokozását. Bár számos nitrogénkötő baktériumot tenyésztettek ki a gabonafélék gyökérszónájából, asszociációról azonban csak olyan esetekben beszélhetünk amennyiben a növény és a baktérium kölcsönhatást fejtenek ki egymásra. Patogén növény-baktérium asszociációk már régóta ismeretesek. Ezeknél a mikroorganizmusok hatása a növényi szövetek károsításában jelentkezik. Az ilyen asszociációknak jellemzője a faj vagy törzs szintű specifikusság. Ilyen körülmények között a rezisztenciára való nemesítés igen fontos mezőgazdasági kutatási feladat. A növények és a nitrogénkötő baktériumok közötti asszociáció fokozásánál a növénynemesítés célkitűzései ezzel ellentétesek, azaz a rezisztencia helyett a szenzibilitás fokozása a cél.

A félszilárd (alacsony agartartalmú) nitrogénmentes táptalajok alkalmazása alapvető jelentőségű volt az asszociatív, mikroaerofil, nitrogénkötő rhizoszféra baktériumok identifikációjára céljából.

Az eddig ismert fajok (négy *Azospirillum* faj, *Herbospirillum seropedicae*, *Bacillus azotofixans*, *Acetobacter diazotrophicus* és három nem teljesen identifikált *Pseudomonas* faj) közül hatot Braziliában fedeztek fel. Ez a táptalaj igen egyszerűen oldotta meg azoknak a baktériumoknak az azonosítását, amelyek oxigén jelenlétében tudnak lélegezni, illetve az ADP-ATP rendszert működtetni, ugyanakkor nitrogént fixálni csak anaerob feltételek között képesek. A félszilárd táptalajokban ezek a baktériumok, a kemo-taktikus vonzódás segítségével a kémcsőben lévő táptalajoszlopban aktív módon mozognak és abban a mélységi zónában koncentrálnak ahol a respirációs intenzitásuk egyenlő az oxigén diffúzió rátájával. Ebben a szintben biztosítva van az oxigénigényük, ugyanakkor az nem halmozódik fel a táptalajban, s így a molekuláris nitrogént, mint egyetlen nitrogénforrást értékesíteni képesek.

Ezeknek az asszociatív diazotrófoknak főbb jellegzetességeit a 6. táblázatban mutatjuk be.

Számos növényi magoltásos kísérletet végeztek a világ különböző régióiban az *Azospirillum brasilense* és *A. lipoferum* diazotróf baktériumfajokkal. Az újabban felfedezett fajokkal még nem rendelkezünk ilyen széles körű növénykísérletekkel. Az utóbbiak esetében az oltás eredményeként kialakult nitrogénmérleg egyértelműen pozitív volt, azonban nincsenek egyértelmű bizonyítékok arra nézve, hogy ez a biológiai nitrogénfixáció eredménye. Hormonális hatások (OKON, 1985), valamint a talaj nitrogéntartalmának hatékonyabb mobilizációjára (BODDEY et al.,



## 6. táblázat

## A növények gyökérzetével asszociációban élő újonnan leírt nitrogénkötő baktériumok összehasonlítása

(BALDINI et al., 1986; BARRAQUIO et al., 1983; CAVALCANTE &amp; DÖBEREINER, 1988; REINHOLD et al., 1987; SELDIN et al., 1984; TARRAND et al., 1978)

	<i>Azospirillum brasiliense</i> , <i>A. lipoferum</i>	<i>A. amazoniense</i>	<i>A. halopraeferans</i>	<i>Herbaspirillum seropedicae</i>
Növekedés levegőn	+	+	+	+
Mikroaerob N <sub>2</sub> -kötés	+	+	+	+
Növekedés N <sub>2</sub> -vel, mint kizárólagos N-forrással	+	+	+	+
Az N <sub>2</sub> -kötést 10 mM NO <sub>3</sub> nem befolyásolja	-	-	-	-
Saccharóz-felhasználás	-	+	-	-
Optimális pH	6,0 - 7,0	5,8 - 6,6	6,8 - 8,0	5,3 - 8,0
Optimális hőmérséklet, °C	35	35	41	35
Felületén sterilizett gyökérből izolálva	+	+	-	+
Szárból izolálva	+	+	-	-

  

	<i>Acetobacter diazotrophicus</i>	<i>Bacillus azotofixans</i>	<i>Pseudomonas diazotrophicus</i>
Növekedés levegőn	+	+	+
Mikroaerob N <sub>2</sub> -kötés	+	-	+
Növekedés N <sub>2</sub> -vel, mint kizárólagos N-forrással	+	+	-
Az N <sub>2</sub> -kötést 10 mM NO <sub>3</sub> nem befolyásolja	+	+	-
Saccharóz-felhasználás	+	-	-
Optimális pH	3,8 - 5,5	6,5 - 7,5	6,5 - 7,5
Optimális hőmérséklet, °C	30	32	30
Felületén sterilizett gyökérből izolálva	+	+	+
Szárból izolálva	+	-	+

1986; FERREIRA et al., 1987) látszanak a jelenség fő okának.

A lefolytatott vizsgálatok egy részénél a nitrogénmérleg alakulásáért felelős nitrogénfixáló baktériumok kimutathatók voltak, illetve a növény és a baktérium közötti asszociáció feltételei tisztázódtak. Mint ismeretes, a pillangós növények a *Rhizobium* infekcióra gümöket képeznek. A pázsitfűféléknél nem jelennek meg ilyen képződmények a gyökéren az asszociáció eredményeképpen. Az utóbbi esetben a baktériumok részben a gyökérszőrökhöz tapadnak (UMALI-GARCIA et al., 1980), más esetekben behatolnak a gyökér, sőt néha a szár szöveteibe s ott szaporodnak. Ilyen asszociáció figyelhető meg a különböző *Azospirillum* fajok és a *Herbaspirillum* esetében, valamint specifikusan a cukornádnál az újonnan felfedezett *Azotobacter diazotropicus* baktériumoknál (CALVACANTE & DÖBEREINER, 1988; GILLIS et al., 1989). Szabadföldön, ahol a talajban az *Azospirillum* fajok természetes populációi jelen vannak, a mesterségesen bevitt törzsek megtelepszenek bizonyos gabonanövények (búza, cirok) gyökéretén, illetve behatolnak a gyökerekbe.

Egyes kutatók (RAMOS-PEREIRA et al., 1988; BALDANI et al., 1987) a megnövekedett növényi nitrogéntartalmat a hatékonyabb tápanyag-mobilizációnak tulajdonítják, nem pedig a nitrogénfixációnak.

A kérdés, hogy miként fokozzuk a biológiai nitrogénfixációt a pázsitfűféléknél, még nem dőlt el, annak ellenére, hogy számos újonnan felfedezett diazotróf baktériumról tudunk, amelyek életközösségekben élnek az említett növényekkel. Modern biotechnológiai módszerek, a hagyományos növény-nemesítési és törzsszelekciós eljárások,

valamint az adaptáció további kutatása egyaránt szükségesek e cél elérhetősége érdekében.

### Irodalom

- APP, A. et al., 1984. Estimation of the nitrogen balance for irrigated rice and the contribution of phototrophic nitrogen fixation. *Field Crops Research*. **9**. (1) 17-28.
- BALDANI, V. L. D., BALDANI, J. I. & DÖBEREINER, J., 1987. Inoculation of field grown wheat with *Azospirillum* spp. in Brazil. *Biol. Fer. Soils*. **3**. 37-40.
- BALDANI, V. L. D. et al., 1986. Establishment of inoculated *Azospirillum* spp. in the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum. *Plant & Soil*. **90**. 35-45.
- BARRAQUIO, W. L., LADHA, J. K. & WATANABE, I., 1983. Isolation and identification of  $N_2$ -fixing *Pseudomonas* associated with wetland rice. *Can. J. Microbiol.* **29**. 867-873.
- BODDEY, R. M. & VICTORIA, R. L., 1986. Estimation of biological nitrogen fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using  $^{15}N$  labelled organic matter and fertilizer. *Plant & Soil*. **90**. 265-292.
- BODDEY, R. M. et al., 1986. Effect of inoculation of *Azospirillum* spp. on the nitrogen assimilation of field grown wheat. *Plant & Soil*. **95**. 109-121.
- CAVALCANTE, V. A. & DÖBEREINER, J., 1988. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated

- with sugarcane. *Plant & Soil*. **108**. 23-31.
- DE POLLI, H. et al., 1977. Confirmation of nitrogen fixation in two tropical grasses by  $^{15}\text{N}_2$  incorporation. *Soil Biol. Biochem.* **9**. 119-123.
- FARIA, S. H. DE et al., 1987. Nodulation of legume trees from South East Brazil. *Plant & Soil*. **99**. 347-356.
- FERREIRA, M. C. B., FERNANDES, M. S. & DÖBEREINER, J., 1987. Role of *Azospirillum* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. *Biol Fert. Soils*. **4**. 47-53.
- FREITAS, L. M. M. DE, 1971. Aducação de leguminosas tropicais. In: Seminario Sobre Metodologia e Planejamento de Pesquisa COM Leguminosas Tropicais. Anais...Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Agropecuaria do Centro-Sul. 193-210.
- GILLIS, M. et al., 1989. *Acetobacter diazotrophicus* sp. nov., a nitrogen fixing acetic acid bacterium associated with sugar cane. *Int. J. Syst. Bacteriol.* (megjelenés alatt)
- HUNGRIA, M. & FRANCO, A. A., 1988. Obtenção de estirpes de *Rhizobium* para inoculação do feijoeiro em condições de temperaturas elevadas. In: Congresso e Feira Nacional de Biotecnologia, 1. Rio de Janeiro. Secretario de Ciencia e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro. Area Focal. 4. Biotecnologia Vegetal e Agricola.
- JAIYEBO, E. O. & MOORE, A. M., 1963. Soil nitrogen accretion under different covers in a tropical rainforest environment. *Nature* (London). **197**. 317-318.
- JENKINSON, D. S. & RAYNER, J. H., 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil Sci.* **123**. (5) 298-305.
- LIMA, E., BODDEY, R. M. & DÖBEREINER, J., 1987. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugar cane using an  $^{15}\text{N}$  aided nitrogen balance. *Soil Biol. Biochem.* (megjelenés alatt).
- MARTINEZ, E. et al., 1988. *Rhizobium phaseoli* a molecular genetics view. *Plant & Soil*. (in press)
- NEVES, M. C. P. et al., 1985. *Rhizobium* strain effects on nitrogen transport and distribution in soybean. *J. Exp. Bot.* **36**. 1170-1192.
- OKON, Y., 1985. *Azospirillum* as a potential inoculant for agriculture. *Trends Biotechnol.* **3**. 223-228.
- RAMOS PEREIRA, J. A. et al., 1988. Field inoculation of sorghum and rice with *Azospirillum* spp. and *Herbaspirillum seropedicae*. *Plant & Soil*. **110**. 269-274.
- REINHOLD, B. et al., 1987. *Azospirillum halopraeferans* sp. nov., a nitrogen-fixing organism associated with roots of Kallar grass (*Leptochloa fusca* (L) Kunth). *Int. J. Syst. Bacteriol.* **37**. (1) 43-51.
- SELDIN, L., VAN ELSAS, J. D. & PENIDO, E. B. C., 1984. *Bacillus azotofixans* sp. nov. a nitrogen-fixing species from Brazilian soils and grass roots. In: *J. Syst. Bacteriol.* **34**. 451-456.
- SILVA, E. H. R. DA et al., 1985. Aducação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. *R. Bras. Ci. Solo*. **9**. (1) 85-88.
- TARRANT, J. J., KRIEG, N. R. & DÖBEREINER, J., 1978. A taxonomic study of the *Sprillum lipoferum* group with description of a

- new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. Can. J. Microbiol. 24. 967-980.
- UMALI-GARCIA, M. et al., 1980. Association of *Azospirillum* with grass roots. Appl. Environ. Microbiol. 39. 219-226.
- URQUIAGA, S. & DÖBEREINER, J., 1989. Fijacion biológica de nitrógeno asociada con gramíneas forrajeras, cereales y caña de azúcar. In: Nuevas tendencias em fijacion biologica de nitrógeno (Ed.: RODRIGUES BARRUECO, C.). C.S.I.C. Madrid. (megjelenés alatt).
- WANI, S. P., UPADHYAYA, M. N. & DART, P. J., 1984. An intact plant assay for estimating nitrogenase activity ( $C_2H_2$  reduction) of sorghum and millet plants grown in pots. Plant & Soil. 82. (1) 15-29.
- WATANABE, I. & ROGER, P. A., 1984. Nitrogen fixation in wetland rice field. In: Current Development in Biological Nitrogen Fixation (Ed.: SUBBA RAO, N. S.) 273-276. Oxford & IBH Publ. Co. New Delhi.
- WATANABE, I. et al., 1987. A new nitrogen-fixing species of pseudomonad: *Pseudomonas diazotrophicus* sp. nov. isolated from the roots of wetland rice. Can. J. Microbiol. 33. (8). 670-678.
- WHITE, J. W., HOLBEN, F. J. & RICHER, A. C., 1945. Maintenance level of nitrogen and organic matter in grassland and cultivated soils over periods of 54 and 72 years. J. Amer. Soc. Agron. 37. 21-31.

J. DÖBEREINER  
Országos Mezőgazdasági és  
Talajbiológiai Központ,  
Rio de Janeiro (Brazília)

Érkezett: 1991. november 17.