

## Az Azospirillum-növényoltás lehetőségei

Az Azospirillum-növény asszociáció felfedezése (DÖBEREINER & DAY, 1976) óta megnőtt az igény, hogy ezeket a hasznos  $N_2$ -kötő baktériumokat, mint oltóanyagokat használják fel az egyszikű növények, elsősorban a füvek és a gabonafélék zöldtömegének vagy magtermésének fokozására. Az azóta hatalmas méretűre duzzadt szakirodalomban az eredményesség bizonyítása mellett mégis nagyon sok esetben találunk hivatkozásokat az oltás vélhetően kedvező hatásának az elmaradásáról is.

Szükséges tehát az Azospirillumokkal való növényoltás eddigi kísérleti hivatkozásait lényegileg összegezni, és meghatározni azokat a legfontosabb paramétereket, amelyek az említett aszociatív szimbiózist ökológiai és ökonómiai szempontból kedvezővé tehetik.

*A magoltás eddigi eredményei a búza és a kukorica példáján (üvegházi kísérletek)*

A szakirodalomban a már klasszikusnak számító *Digitaria decumbens* sikeres azospirillumos magoltása (SMITH et al., 1976) után kezdetben főleg újabb fűfélék, majd a főbb mezőgazdasági szemes termények (rizs, köles, búza, kukorica) esetében is kiterjedten ellenőrizni kezdték az oltást különféle *Azospirillum* baktériumokkal

Ezek hatása a két legfontosabb hazai szemes termény, a búza és a kukorica példáján bemutatva az 1. és 2. táblázatban látható az oltóanyag-törzsek, a különféle műtrágyaadagok és a növényfajták befolyásoló szerepét példaként kiemelve.

Az azospirillumos növényoltás kísérletes ellenőrzését leginkább a búzával valósították meg. A számos irodalmi hivatkozás közül a különböző növényfajták, a N-műtrágyaadagok, az oltóanyag-mennyiség és a törzsek hatását az 1. táblázat mutatja be néhány példán.

RENNIE és LARSON (1979) tíz búzafajtát oltott az *Azospirillum brasilense* klasszikus, Sp 7-es jelű törzsével. Megállapította, hogy a magtermés 7, a gyökértömeg 5 búzafajtánál lett jelentősen nagyobb a kontrollhoz viszonyítva. A növények N-felvétele is szignifikánsan javult a kezelésnél. A gyökértömeg-gyarapodás és a magtermés között azonban a várákozással ellentétben pozitív korrelációt nem talált. Eredményei alapján a C-R2d jelű búza hibrid az azospirillum oltásra több mint kétszeres szemterméssel és N-felvétellel "válaszolt".

HEGAZI 1982-es vizsgálatait során két *Azospirillum brasilense* törzset tesztelt 500 kg/ha N-műtrágyával és anélkül. Annak ellenére, hogy az  $E_gW_2$  és  $W_gG_1$  jelű törzsek jelentős acetilénredukciós aktivitást mutattak, mégis a biológiaiilag

1. táblázat  
 Búza (*Triticum aestivum* L.) azospirillum-ollásának üvegházi eredményei (különböző szerzők vizsgálatai alapján)

Növényfajta	Baktérium	Ollás	Műtrágya kg N/ha	Termés	Gyökértömeg	N <sub>2</sub> kötés	N-felvétel	N-tartalom	Hivatkozás
<i>T. aestivum</i> cadet C-R2a	<i>A. brasilense</i> Sp 7	-	100	287	101		14,88		RENNIE & LARSON, 1979
		+	100	436	172*		22,51*		
		-	100	256	116		12,9		
		+	100	543*	185*		28,00*		
		-	100	408	160		28,00		
		+	100	748*	136		32,60*		
rescue R-C2a		-	100	372	134		20,14		
		+	100	349	156		18,11		
		-	100	509	81		21,80		
		+	100	429*	146*		20,34		
<i>T. aestivum</i>	<i>A. brasilense</i> EgW2 WgG1 EgW2 WgG1	-	0	1,10	0,73	25,2		0,43	HEGAZI, 1982
		+	0	1,10	0,83	177,0*		0,41	
		+	0	1,20	0,95	307,6*		0,41	
		+	500	1,89	0,65	39,2		1,19	
		+	500	1,87	0,69	44,2		1,11	
		-	0	712					
<i>T. aestivum</i>	<i>A. brasilense</i> Sp 107	10 <sup>9</sup> /ml	0	640					LETHBRIDGE & DAVIDSON, 1983
		10 <sup>9</sup> /ml	0	804*					
		10 <sup>11</sup> /ml	0	1024*					
<i>T. aestivum</i>	<i>A. lipoferum</i> ISO 1	-	0	4,7				108	RAI & GAUR, 1988
		+	0	6,7*				186*	
		-	40	15,7				396	
		+	40	17,9*				468*	
		-	80	20,0				629	
		+	80	22,1*				686*	
		-	120	25,7				789	
		+	120	25,8				781	
<i>T. durum</i>	<i>A. brasilense</i> Sp 6 Sp M 7918	-	0		13,36	0		44,0	BARBERI, 1991
		+	0		22,36	0,869		56,2*	
		+	0		17,56	0,983		37,5*	

megkötött nitrogénnel nem a növény, "csak" az ökoszisztéma gyarapodott. A N-műtrágya a magtermést is és az N-beltartalmat is növelte, de a biológiai N-kötés mértéke az oltatlan kontroll színvonalára esett vissza. Az azospirillummal való magoltás tehát csak egy minimális, a növény kezdeti növekedését segítő, ún. "starter" N-adaggal lehet sikeres.

LETHBRIDGE és DAVIDSON (1983) eredményeiből az oltóanyag baktérium-sejt-számának a hatásáról értesülhetünk. A ml-enként  $10^9$  élő sejtet tartalmazó oltóanyag még nem, de a  $10^{10}$ - $10^{11}$  sejt/ml tartalmú szuszpenzió már statisztikailag igazoltan növelte a szemtermést.

RAI és GAUR (1988) a különféle műtrágyaadagok hatásáról tájékoztat. Megállapította, hogy már 40 kg N/ha hatóanyag jelentősen növeli a termést és a N-felvételt, ugyanakkor az azospirillummal való oltás is pozitív eredményt adott. 120 kg N-értéknél azonban a baktériumos magoltás hatástalan maradt. Fontos tehát a különféle talajok kezdeti N-tartalmához beállított "starter" N-dózis pontos megállapítása is a biológiai N-kötésre képes oltóanyagok alkalmazásához.

BARBIERI és munkatársai (1991) szintén a fitohormonok gyökérgyarapodásra kifejtett hatását ellenőrizte. Az általuk szelektált SpM 7918 jelű, Indolécetsav termelésre képtelen mutáns az oltatlan kontrollhoz hasonlóan az oldalgyökerek száma és hossza nem változott. Hasonló eredményeket kapott ugyanabban az évben a Baggio vezette másik olaszországi kutatócsoport is, teljes egészében tisztázva ezzel, hogy az oltás sikerességéhez az oltóanyag baktériumok növényi növekedést serkentő hormontermelése is hozzájárul.

A kukorica vonatkozásában az asszociatív  $N_2$ -kötőkkel való növényoltás feltérképezése már kevésbé részletes. A 2. táblázatból a különböző oltóanyag-törzsek, a N-műtrágyaadagok és a növényfajta oltást befolyásoló hatását követhetjük nyomon.

NUR, OKON és HENIS (1980) négy különböző *Azospirillum brasilense* törzssel oltottak, de közülük csak kettővel kaptak terméstoöbbletet.

COHEN és szerzőtársai (1980) 40 és 80 kg/ha N-műtrágyának a hatását vizsgálták. Megállapították, hogy az oltott változatban is mindkét adag kedvező, de a biológiai  $N_2$ -kötés mértéke igen jelentősen lecsökken.

O'HARA és munkatársai (1981) két kukoricafajtát oltottak az Sp 7 és az SpBr 14 jelű *Azospirillum brasilense* törzsekkel. Eredményeik szerint a "sweet September" nevű fajta némileg eredményesebb volt. Szerzők egy másik munkájukban (O'HARA et al., 1987) nem találtak különbséget az aktív *Azospirillum* törzses sejtmentes szűrletével, a hővel előlt oltóanyaggal vagy az aktív, mosott baktérium-szuszenzióval való növényoltás után. Ezt, a búzánál említett eredményeknek megfelelően szintén azzal magyarázták, hogy a növény-*Azospirillum* kapcsolatban a baktériumok által a közegbe kiválasztott növény-növekedést segítő hormonok fontos szerepet játszanak a termésmennyiség fokozásában. FULCHIERI és munkatársai (1991) ezt a megállapítást közvetett módszerrel bizonyították. Az általuk izolált Op 33 jelű, kimagasló gibberellin bioszintézisére képes törzssel elért gyökértömeg a közegbe juttatott 400 pg/ml gibberellin hatásától statisztikailag nem különbözött.

2. táblázat  
 Kukorica (*Zea mays* L.) Azospirillum oltásának üvegházi eredményei (különböző szerzők vizsgálatai alapján)

Növény-fajta	Baktérium	Oltás	Műtrágya kg N/ha	Termés	Gyökér- lőmög	N <sub>2</sub> - kötés	N-fel- vétel	N-tar- talom	Hivatkozás
<i>Zea mays</i>	<i>A. brasilense</i>	-	0	1,470			10,23	0,712	NUR et al., 1980
	Cd	+	0	1,759			14,08*	0,801	
	Sp 7	+	0	1,538			11,24	0,731	
	Cd-1	+	0	1,828			13,56	0,742	
	Cd-3	+	0	1,650			11,80	0,715	
<i>Zea mays</i>	<i>A. brasilense</i>	-	0	0,59	0,27	0			COHEN et al., 1980
	Sp 7	+	0	0,85*	0,36	200			
		-	40	1,19	0,53	0			
		+	40	1,73*	0,76	156			
		-	80	2,09	0,86	0			
<i>Zea mays</i> "Sweet September" "John Innes"	<i>A. brasilense</i>	+	80	2,81*	0,97	10			O'HARA et al., 1981
	Sp 7	-	10	2,68		8,8	14,2	0,53	
	BpBr 14	+	10	3,95*		25,1	16,9*	0,42	
		+	10	3,56*		53,3	16,0*	0,44	
	Sp 7	-	10	2,619		2,0	12,9	0,49	
<i>Zea mays</i>	SpBr 14	+	10	4,00*		25,1	22,3*	0,55	O'HARA et al., 1987
	<i>A. brasilense</i>	-	10	3,02		0	15,7*	0,52	
	Sp 107 st	+	0	44,8		8,8			
	autoklávózott sejtmentes szűrlet	+	0	37,5		8,4			
	mosott baktériumok	-	0	41,1		0			
<i>Zea mays</i>	<i>A. lipoferum</i>	-	0	46,6		0			FULCHIERI et al., 1991
	Op 33	+	0	46,8	16,30	0			
	GA <sub>3</sub> -400 pg/ml	+	0		27,52*				

Az említett eredményeken kívül számos olyan található még, melyek szintén a törzsek, a műtrágyaadagok, a növényi hormok, vagy a növényfajták együttes vagy külön-külön hatására vonatkoznak.

Ezek eredményeit egy-egy ország helyi viszonyaira kell extrapolálni, megkeresve az adott egyszikű növényfajhoz és talajhoz "illő", kedvező hatású *Azospirillum* mikroszimbiontát.

### Az oltás eredményességét befolyásoló tényezők

#### A. Táplálkozási hatások

##### 1. $N_2$ -kötés

Az acetilénredukciós technika és az  $N^{15}$ -izotópos mérések alkalmazása után lehetővé vált a növénytömeg *Azospirillum* oltásra bekövetkező N-gyapodásának a megállapítása is. Meglehető módon azonban kiderült, hogy bár a szemtermés vagy a növényi biomassza sok esetben nagyobb lett, mégis ezek N-tartalma alacsonyabb, vagy ugyanannyi volt az oltatlan kontrollhoz viszonyítva. Ez azt jelezte, hogy a baktériumok által kötött nitrogén egy része felvehetetlen volt a növény számára.

OKON, HEYTLER és HARDY (1983) szerint az *Azospirillum brasilense* által kötött nitrogénnek csak 5 %-a épült be a növénybe. RAO és munkatársai (1987) ezt az értéket már 10-25 %-nak találták rizs esetében. BODDEY és szerzőtársai (1986) szerint a növény N-gyapodása nem a biológiai  $N_2$ -kötés, sokkal inkább a megnövekedett nitrát-asszimiláció miatt következik be. A biológiai úton a növénybe került nitrogén mennyiségét

OKON, HEYTLER és HARDY (1983) is jelentéktelennek, kevesebb, mint 1 kg/ha/tenyészidő értéknek találták.

Ezekkel a véleményekkel ellentétben MALIK és munkatársai (1987) megállapították, hogy a kallarfűben (*Leptochloa fusca* L.) 30-60 % nitrogén volt biológiai eredetű. A cukornádra vonatkozóan is hasonlóan magas, 50 % körüli értékeket kaptak (LIMA et al., 1987).

Úgy tűnik tehát, hogy a trópusokon és a vízzel jól ellátott melegebb területeken a növénynek közvetlenül nagyobb nyeresége van a biológiai  $N_2$ -kötésből, a mérsékelt égövön azonban elsősorban az ökoszisztéma N-tartalmának emelésével az asszociatív szimbiózis közvetett hatása.

A kérdés egyértelműbb tisztázása napjainkban folyik nitrátlégzésre képtelen ( $nir^-$ ), denitrifikáló ( $nir^+$ ),  $N_2$ -kötésre képtelen ( $fix^-$ ) és egyéb mutánsok, valamint az említett analízáló technikák alkalmazásának a segítségével.

##### 2. Nagyobb mértékű N-, P- és K-felvétel *Azospirillum* oltás hatására

Az *Azospirillum* gyenge pektinbontó képessége (TIEN et al., 1979) miatt a baktériumokkal benépesült gyökerek kéregsejtjeinek kismértékű hidrolízise következik be. A kéregszövet gyengülése mikroszkópi felvételeken is jól látható és ezáltal mintegy "szivacs-hatásként" nőhet az ásványi anyagok felvétele.

Kukoricánövényeket *Azospirillum brasilense*-vel oltva a nitrát-, kálium- és foszfátfelvétel 30-50 %-kal nőtt, a kéregszövet külső 4-5 rétegének a megváltozása miatt (OKON, 1982; KAPULNIK et al., 1985). A gyökérmorfológiában bekövetkező elváltozás azonban

erősen *Azospirillum* törzstől függő sajátosság, így tehát előfordulhat akár kismértékben csökkent, vagy az oltatlan növényével azonos P- és K-felvétel is (JAIN & PATRIQUIN, 1984). Sok esetben az oltás sikertelenségének ez is oka lehet.

### 3. A növény vízháztartásának változása

Szintén a szivacshatással magyarázható az is, hogy a növény az oltás hatására több talajvizet tud kivonni a mélyebb rétegekből, mert egyúttal a gyökérszőrök mennyisége is gyarapszik (OKON et al., 1988; SARIG et al., 1988).

A talajnedvesség jobb hasznosítása is hozzájárul tehát a növényoltás eredményességéhez.

### B. Növénynövekedést szabályozó anyagok

Az azospirillumok különböző fitohormonok, így gibberellin- és citokinin-szerű anyagok és auxinok előállítására

is képesek, különösen a gyökér által kiválasztott triptofánt felhasználva (TIEN et al., 1979). Ezen hormonok hatására megváltozik a gyökér tömege és felszívóképessége is.

BARBIERI és munkatársai (1986) kimutatták, hogy a legnagyobb mennyiségű auxin a  $N_2$ -kötés állapotában képződött. KOLB és MARTIN (1985)  $10^{-9}$  g/l auxint a gyökérszónába permetezve szignifikáns gyökértömeggyarapodást mért, hasonlóan ahhoz, mintha azospirillummal oltottak volna. Ez tehát közvetett bizonyítékát adta a fitohormonok képződésének.

TIEN és munkatársai (1979) három növényi hormont (auxin - IAA, gibberellin -  $GA_3$ , kinetin) együttesen alkalmaztak, melynek eredményeként szintén nőtt a gyökértömeg, de szinergista hatást nem sikerült kimutatni. VENKATESWARLU és RAO (1983) megállapította azonban, hogy a növényi hormonok termelése tiszta kultúrában erősebb, mint a szabadföldön, és ez a képesség nincs korrelációban a  $N_2$ -kötés mértékével.

### 3. táblázat

**Azospirillum brasilense törzsek hatása a durumbúza gyökértömegére és az auxintermelődésre (BARBIERI et al., 1986)**

Törzs	$N_2$ -kötés	IAA (g/A670/hét)	Oldalgökök	
			száma	hossza
Oltatlan <sup>a</sup>	-	0	8,25	5,78
Sp 6 <sup>b</sup>	++	7,0	15,67	18,80
SpF 103 <sup>b</sup>	--	71,0	14,16	22,67
SpF 57 <sup>a</sup>	--	0,4	4,2	3,2

a, b = 0,05 valószínűségi szinten nincs a kezelések között különbség

BARBIERI és munkatársai bebizonyították, hogy az auxin-termelésre és/vagy  $N_2$ -kötésre nem képes mutánsokkal az oltott gyökér hossza és tömege nem változik (3. táblázat).

### C. Az *Azospirillum* törzsszelekció jelentősége

A homológ (ugyanannak a növénynek a steril felszínű gyökeréről izolált és szelektált) törzs iránti igény jól megalapozott, mivel az egyéb helyről és más növényekről származó törzsek kevésbé voltak hatásosak (BALDANI & DÖBEREINER, 1980; PATRIQUIN et al., 1983; REYNDERS & VLASSAK, 1982). Az azonos növénynek a hisztoszférajából izolált törzs iránti igényt jelzi az is, hogy az említett baktériumok versenyképesebbek a gyökér belső szöveteinek a beépítésében és mivel erős pozitív korreláció van a hisztoszféra *Azospirillum*-száma és az akkumulálódott nitrogén mennyisége között, ez a tény korántsem elhanyagolható. CHRISTIANSEN-WENIGER és mások (1985) azt is kimutatták, hogy a gyökér belsejéből izolált törzsek növényoltással eredményesebbek, mint a talajból vagy a külső rizoszférából származók. BALDANI és munkatársai (1986) ezt továbbfejlesztve azt is bebizonyították, hogy az oltás sikere a homológ, jó kompetíciós képességgel rendelkező törzs mellett még a növény genotípusától (fajtától) is függ, de ez a kölcsönkapcsolat is nagymértékben változhat a környezeti tényezők hatására.

Ezek az ismeretek a hazai ökológiai tényezők és ökonómiai igények figyelembevételével végzett kutatások fontosságára hívják fel a figyelmet a bio-

lógiai  $N_2$ -kötő mikroorganizmusok növényoltásra való felhasználását illetően.

### Irodalom

- BALDANI, V. L. D. & DÖBEREINER, J., 1980. Host plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum spp.* Soil Biol. Biochem. 12. 433-439.
- 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. 35-46.
- BARBIERI, P. et al., 1986. Wheat inoculation with *Azospirillum brasilense sp* and some mutants altered in nitrogen fixation and indole-3-acetic acid production. FEMS Microbiol. Lett. 36. 87-90.
- BARBIERI, P. et al., 1991. *Azospirillum-gramineae* interaction: effect of indole-3-acetic acid. In: Nitrogen fixation. (Eds.: POLSINELLI, M., MATERASI, R. & VINCENCINI, M.) 161-169. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London.
- BAGGIO, C. et al., 1991.  $NO_3^-$  and  $Fe^{++}$  uptake in durum wheat is affected by *Azospirillum brasilense* inoculation. In: Nitrogen fixation. (Eds.: POLSINELLI, M., MATERASSI, R. & VINCENCINI, M.) 327-329. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht-Boston-London.
- BODDEY, R. M. et al., 1986. Effect of inoculation of *Azospirillum spp.* on nitrogen accumulation by field grown wheat. Plant & Soil. 95. 109-121.
- CHRISTIANSEN-WENIGER, C., BODDEY, R. M. & DÖBEREINER, J., 1985.

- Evaluation of nitrogen fixation in sorghum cultivars inoculated with different strains of *Azospirillum* spp. In: *Azospirillum*. III. Genetics, physiology, ecology. (Ed.: KLINGMÜLLER, W.) Springer-Verlag, Berlin.
- COHEN, E. et al., 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *Setaria italica* associated with nitrogen fixing *Azospirillum* spp. *Plant Physiol.* **66**. 746-749.
- DÖBEREINER, J. & DAY, J. M., 1976. Associative symbioses in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: *Proc. 1st Int. Symp. on N<sub>2</sub>-fixation*. (Eds.: NEWTON, W. E. & NYMAN, C.J.) Washington Univ. Press, Pullman, WA.
- FULCHIERI, M., LUCANGELI, C. & BOTTINI, R., 1991. Effect of *Azospirillum lipoferum* and GH<sub>3</sub> on root growth in corn. In: *Nitrogen fixation*. (Eds.: POLSINELLI, M., MATERASSI, R. & VINCENZINI, M.) 296-298. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht - Boston - London.
- HEGAZI, N. H., 1982. Contribution of *Azospirillum* spp. to asymbiotic N<sub>2</sub>-fixation in soils and on roots of plants grown in Egypt. In: *Azospirillum* III: Genetics, physiology, ecology. (Eds.: KLINGMÜLLER, W.) Springer-Verlag, Berlin.
- JAIN, D. K. & PATRIQUIN, D. G., 1984. Root hair deformation, bacterial attachment and growth in wheat-*Azospirillum* associations. *Appl. Environ. Microbiol.* **48**. 1208-1213.
- KAPULNIK, Y., GAFNY, R. & OKON, Y., 1985. Effect of *Azospirillum* spp. inoculation on root development and nitrate uptake in wheat (*Triticum aestivum* Cv. *Miriam*) in hydroponic systems. *Canad. J. Bot.* **63**. 627-631.
- KOLB, W. & MARTIN, P., 1985. Response of plants to inoculation with *Azospirillum brasilense* and to application of indole acetic acid. In: *Azospirillum* III: Genetics, physiology, ecology. (Ed.: KLINGMÜLLER, W.) Springer-Verlag, Berlin.
- LETHBRIDGE, G. & DAVIDSON, M. S., 1983. Root-associated nitrogen-fixing bacteria and their role in the nitrogen nutrition of wheat estimated by <sup>15</sup>N isotope dilution. *Soil Biol. Biochem.* **15**. 365-374.
- LIMA, E., BODDEY, R. M. & DÖBEREINER, J., 1987. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugarcane using a <sup>15</sup>N-aided nitrogen balance. *Soil Biol. Biochem.* **19**. 165-170.
- MALIK, K. A. et al., 1987. Use of <sup>15</sup>N isotope dilution for quantification of N<sub>2</sub>-fixation associated with roots of kallar grass (*Leptochloa fusca*). *Biol. Fertil. Soils.* **4**. 103-108.
- NUR, I., OKON, Y. & HENIS, Y., 1980. An increase in nitrogen content of *Setaria italica* and *Zea mays* inoculated with *Azospirillum*. *Canad. J. Microbiol.* **26**. 482-485.
- O'HARA, G. W., DAVEY, M. R. & LUCAS, J. A., 1981. Effect of inoculation of *Zea mays* with *Azospirillum brasilense* strains under temperate conditions. *Canad. J. Microbiol.* **27**. 871-877.
- O'HARA, G. W., DAVEY, M. R. & LUCAS, J. A., 1987. Effect of nitro-



- gen on the yield response of *Penisetum americanum*, *Triticum aestivum* and *Zea mays* to inoculation with *Azospirillum brasilense* under temperate conditions. *Biol. Fertil. Soils.* **4.** 67-72.
- OKON, Y., 1982. Azospirillum: Physiological properties, mode of association with roots and its application for the benefit of cereal and forage crops. *Israel J. Bot.* **31.** 214-220.
- OKON, Y., HEYTLER, P. G. & HARDY, R. W. F., 1983. N<sub>2</sub>-fixation by *Azospirillum brasilense* and its incorporation into host *Setaria italica*. *Appl. Environ. Microbiol.* **46.** 694-697.
- OKON, Y., KAPULNIK, Y. & SARIG, S., 1988. Field inoculation studies with *Azospirillum* in Israel. In: *Biological Nitrogen Fixation: Recent Developments.* (Ed.: SUBBA RAO, N. S.) Gordon and Breach. New York.
- PATRIQUIN, D. G., DÖBEREINER, J. & JAIN, D. K., 1983. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. *Canad. J. Microbiol.* **29.** 900-915.
- RAJ, S. N. & GAUR, A. C., 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azospirillum* and *Azotobacter* as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. *Plant & Soil.* **109.** 131-134.
- RAO, V., JENA, P. K. & ADHYO, T. K., 1987. Inoculation of rice with nitrogen fixing bacteria problems and perspectives. *Biol. Fertil. Soils.* **4.** 21-26.
- RENNIE, R. J. & LARSON, R. I., 1979. Dinitrogen fixation associated with disomic chromosome substitution lines of spring wheat. *Canad. J. Bot.* **57.** 2771-2775.
- REYNDERS, L. & VLASSAK, K., 1982. Use of *Azospirillum brasilense* as biofertilizer in intensive wheat cropping. *Plant & Soil.* **66.** 217-223.
- SARIG, S., BLUM, A. & OKON, Y., 1988. Improvement of the water status and yield of field grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. *J. Agric. Sci. Camb.* **110.** 271-277.
- SMITH, R. L. al., 1976. Nitrogen fixation in grasses inoculated with *Spirillum lipoferum*. *Science.* **193.** 1003-1005.
- TIEN, T. M., GASKENS, M. H. & HUBBELL, D. H., 1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Penisetum americanum* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* **37.** 1016-1024.
- VENKATESWARLU, B. & RAO, A. V., 1983. Response of pearl millet to inoculation with different strains of *Azospirillum brasilense*. *Plant & Soil.* **74.** 379-386.

BÍRÓ BORBÁLA  
MTA Talajtani és Agrokémiai  
Kutató Intézet, Budapest