

A *Tolypothrix tenuis* algával történő oltás hatása a rizs termésére és a talaj nitrogénmérlegére

A. N. IBRAHIM, M. KAMEL és M. EL-SHERBENY

Al-Azhar Egyetem Mezőgazdasági Kar, Kairo (EAK)

A kék algákról ismert az, hogy résztvesznek a légköri nitrogén megkötésében. Ezek az algák a talajban történő elbomlásuk után felvehető nitrogént szolgáltatnak a növényeknek, befolyásolják a talaj nitrogén ellátását s ennél fogva bizonyos mértékben a talaj termékenységét is [2, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 23, 24, 29, 35, 36, 37].

Tehát alapvetően fontos a nitrogénkötő kék algákkal (nevezetesen a *Tolypothrix tenuis*) történő talajoltások hatásának tanulmányozása.

E vizsgálatokat ammónium szulfát alkalmazása mellett és anélkül végeztük. Tanulmányoztuk e tényezőknek a rizs termésére, a talaj nitrogéntartalmára és a nitrogénkötő szervezetek: azotobacterek és clostridiumok növekedésére, valamint a nitrifikáló szervezetekre gyakorolt hatását. Ezek a vizsgálatok gazdaságossági szempontból is jelentőséggel bírnak. Amennyiben beigazolódik az, hogy ezek az algák hatékonyan növelik a talaj nitrogéntartalmát, úgy a rizsültetvényeken jelentős mennyiségű nitrogéntrágya megtakarítható az algaoltás alkalmazásával.

Anyag és módszer

Az Al Azhar Egyetem Kísérleti Gazdaságából származó agyagos vályog talajt (szervesanyag-tartalom 1,04%, összes nitrogén: 0,039%, könnyen oldható nitrogén: 26,0 ppm, pH: 8,1) használtunk fel a kísérlet céljára.

A talajmintát légszáraz állapotba hoztuk, megőröltük, majd alaposan összekevertük. A homogenizált talajból 5–5 kg-ot mértünk be 25 cm Ø cserép edényekbe. A tenyészedényeket két csoportra különítettük és mindkét csoportnál az alábbi kezeléseket alkalmaztuk: 1. Kontroll, 2. 0,0 g N + P, 3. 0,25 g N + P, 4. 0,50 g N + P, 5. 1,00 g N + P, 6. 2,00 g N + P.

Az edények egyik csoportját alga-kultúrával oltottuk be, a másik csoport nem kapott oltást.

A kísérletet üvegházi viszonyok között folytattuk le, kezelésenként hat ismétlésben. A tenyészedényeket split-plot elrendezésben raktuk le.

Foszfórtárgyaként szuperfoszfátot alkalmaztunk és 0,40 g P_2O_5 hatóanyag tartalomnak megfelelő mennyiségben adagoltuk a talajminta részekhez. A szuperfoszfátot alaposan összekevertük a talajjal és csak ezután helyeztük be az edényekbe. A cserepekbe négy-négy db. egyformán 45 napos rizs palántát ültettünk. Az ültetés előtt a talajokat vízzel árasztottuk el.

Az algával történő oltásokat közvetlenül az ültetés után végeztük. A *Tolypothrix tenuis* nevű algát két hónapon át Erlenmeyer lombikokban előinkubáltuk WATANABE [37] által ismertett nitrogénmentes közegen. Két hónapos előinkubáció után a megfelelő tenyészedényekbe 10–10 ml algaszuszpenziót adagoltunk. Ez a mennyiség abszolút száraz anyagban kifejezve 0,04 g.

A nitrogént ültetés után három héttel adagoltuk az ammoniumsulfát vizes oldatának formájában.

A párolgásból származó vízvesztés naponta pótoltuk. A vízpótlás oly módon történt, hogy a cserepeken átszivárgott és a felfogó edényekben összegyűlt talajoldatot visszaöntöttük a cserepekbe és a párolgási veszteséget ezután a megjelölt szintig desztillált vízzel pótoltuk.

A termést érett állapotban takarítottuk be. A növényeket a talaj felszínénél levágtuk, majd a szemtermést elkülönítettük a szalmától. A szem- és szalmatermést 80 °C-on szárítottuk, mértük, majd örültük és elraktuk a nitrogénmeghatározás céljára.

A termés betakarítása után a cserépben levő talajt kiöntöttük, homogenizáltuk és a friss talajból mintákat vettünk a talajmikroflóra vizsgálatára (baktérium számlálások) és a könnyen felvehető nitrogén meghatározása végett. A maradék talajt légszáraz állapotba hoztuk, porítottuk és alapos összekeverés után újabb mintákat vettünk belőle össznitrogén meghatározás céljára.

1. táblázat

A *Tolypothrix tenuis* algával történő oltás hatása a rizs szem- és szalma-termésének alakulására g/edény

(1) Kezelések	(2) S z e m			(3) S z a l m a		
	(4) Oltatlan	(5) Oltott	(6) Oltásból eredő többlet %	(4) Oltatlan	(5) Oltott	(6) Oltásból eredő többlet %
Kontroll	10,45	10,89	4,2	20,42	24,37	19,3
0 g N + P	12,37	13,23	7,0	21,06	32,99	56,6
0,25 g N + P	20,15	21,61	7,2	28,45	47,52	67,0
0,50 g N + P	24,14	28,03	16,1	32,35	52,96	63,7
1,00 g N + P	36,44	39,20	7,5	44,98	62,77	39,5
2,00 g N + P	39,15	41,48	5,9	45,68	63,63	39,3
SzD _{5%}	1,97			14,56		

Az összbaktériumszám, az azotobacterek, clostridiumok és a nitrifikálók számának meghatározása céljából hígítási sorokat készítettünk a különböző talajmintákból vett 10–10 g friss talaj felhasználásával. Az összbaktériumszámot a hígítási lemezöntési eljárás alapján határoztuk meg az e célra megfelelő hígítási fokozatokból. A lemezöntéseket 3–3 ismétlésben végeztük. Más eljárást követtünk az aerob és anaerob nitrogénkötők, valamint a nitrifikáló szervezetek számának meghatározása céljából. Ennek az eljárásnak a lényege, hogy kémcsövekbe folyékony, ezen mikrobacsoportokra specifikus tápoldatokat adagoltunk. A steril folyékony kultúrközegbe a megfelelő hígítási sorokból 1–1 ml szuszpenziót adagoltunk (minden egyes hígítási fokozatból 5–5 kémcsőbe). Inkubáció után a mikroszervezeteknek a kémcső-

vekben való növekedését kiértékeltek. E munka során a mikrobacsoportok számának meghatározása céljából igénybe vettük a HOSKIN [15]-féle táblázatot

Az összbaktériumszám meghatározásánál a MAHMOUD [25] által módosított talajkivonat elesztő-agar közeget használtuk. Az azotobacterek számlálására a folyékony ALLEN-77 közeget (ALLEN [5]) használtuk, a clostridiumokat VINOGRADSKY közegen, a nitrifikálókat pedig Stephenson-féle közegen határoztuk meg. A lemezeket és a kémcsöveket 30 °C-on inkubáltuk. A lemezeken növekvő baktérium telepeket kéthetes inkubáció után számláltuk. A folyékony kultúrákban való növekedés mértékét háromhetes inkubáció után értékeltük. A mikroszervezetek számát 1 g abszolút száraz talajra vonatkoztattuk. A könnyen oldható nitrogén meghatározását JACKSON [20] és PIPER [26] módszere szerint végeztük, két lépcsőben előbb az NH₃ N-t, majd az NO₃ N-t mutattuk ki. Az össznitrogén meghatározását Kjeldahl-módszer alapján végeztük JACKSON [20] által ismertetett metodika szerint.

Eredmények

Az algával történő oltás hatására szignifikánsan emelkedett a rizs szem- és szalmatermése. Foszfor alkalmazása eredményeképpen a fentiekhez hasonló irányú változások mentek végbe, bár az algával történő oltás nagyobb mértékben fokozta a rizs termését, mint a foszfor. Foszfor alkalmazása nélkül végzett algaoltás esetében a szem- és szalmatermés 4,2, illetve 19,3%-kal emelkedett.

2. táblázat

A *Tolypothrix tenuis* algával történő oltás hatása a rizs nitrogéntartalmának alakulására

(1) Kezelések	(2) S z e m				(6) Oltásból eredő többlet %	(3) S z a l m a				(6) Oltásból eredő többlet %
	(4) Oltatlan		(5) Oltott			(4) Oltatlan		(5) Oltott		
	N %	Összes N, mg	N %	Összes N, mg		N %	Összes N, mg	N %	Összes N, mg	
Kontroll	0,85	88,9	0,93	101,3	14	0,44	89,5	0,46	118,0	32
0 g N + P	0,84	104,0	0,91	120,5	16	0,46	96,8	0,47	150,0	60
0,25 g N + P	0,93	187,4	0,98	211,8	13	0,48	83,0	0,54	121,7	47
0,50 g N + P	0,99	239,0	1,04	291,0	22	0,54	105,0	0,61	146,0	40
1,00 g N + P	1,03	375,3	1,11	433,1	15	0,60	127,6	0,68	174,5	37
2,00 g N + P	1,10	430,7	1,20	497,8	16	0,68	149,1	0,73	215,0	45

A foszfortrágyázással kombinált algaoltás hatására 7,0, illetve 56,6%-kal növekedett a rizs szem- és szalmatermése. Az algaoltás akkor volt a legeredményesebb, amikor foszforon kívül 0,50 g N-t is adagoltunk a tenyészedényekbe. Ebben az esetben az algaoltásból eredő terméstöbblet 16,1%-ot, illetve 63,7%-ot tett ki szem- és szalmatermésre vonatkoztatva.

Ettől eltérő nitrogén dózisok esetében az algaoltás hatékonysága csökkent (1. táblázat).

A rizs szem- és szalmatermésének nitrogéntartalma szignifikánsan emelkedett az oltás és a nitrogéntrágyázás hatására.

A termés összesnitrogéntartalma, azaz a felvett nitrogén mennyisége hasonló módon változik, mint a termés mennyisége. A foszfor alkalmazása

esetében fokozódott a nitrogén felvétel. A foszfortrágyázással alkalmazott algaoltásnál az előbbivel megegyező irányú változás volt megfigyelhető. Az alkalmazott nitrogén dózisokkal arányosan emelkedett a termés által felvett nitrogén mennyisége (2. táblázat).

A talaj összes és felvehető nitrogéntartalma az algával történő oltás hatására emelkedett, különösen akkor, ha foszfor trágyázást is kapott egyidejűleg.

A talaj nitrogéntartalmának növekedése egyrészt az alga nitrogénkötő aktivitásának tulajdonítható, másrészt a talajmikroorganizmusok, nevezetesen a nitrogénkötő szervezetek számbeli növekedésének. Nitrogén műtrágya alkalmazásánál hasonló tendencia volt megfigyelhető s tovább fokozódott a talaj összes és oldható nitrogéntartalma (3. táblázat).

3. táblázat

A *Tolypothrix tenuis* algával történő oltás hatása a talaj összes és oldható N-tartalmára

(1) Kezelések	(2) Oltatlan			(3) Oltott		
	(4) Összes N %	(5) Oldható N ppm		(4) Összes N %	(5) Oldható N ppm	
		NH ₃ -N	NO ₃ -N		NH ₃ -N	NO ₃ -N
Kontroll	0,032	4,9	4,0	0,034	6,6	5,0
0 g N + P	0,034	4,8	4,0	0,037	6,9	5,3
0,25 g N + P	0,035	7,6	5,9	0,036	8,5	7,3
0,50 g N + P	0,037	7,9	7,0	0,038	9,7	8,7
1,00 g N + P	0,039	8,6	7,2	0,039	11,8	9,5
2,00 g N + P	0,038	9,1	7,6	0,037	12,2	10,3

A talaj nitrogén mérlegének alakulását az algával történő oltás és a nitrogéntrágyázás hatására ugyancsak értékeltük. (4. táblázat). A nitrogén mérleget az alábbiak szerint készítettük:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Összes N tartalom a szem- és} \\ \text{szártermésben + a talajban} \\ \text{visszamaradt N} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{A talaj eredeti N tartalma +} \\ \text{bevitt N (alga oltóanyag +} \\ \text{palántanövény + N trágya)} \end{array} \right\}$$

4. táblázat

A talaj N mérlegének alakulása a *Tolypothrix tenuis* algával való oltás hatására

(1) Kezelések	Kontroll	0 g N	0,25 g N	0,50 g N	1,00 g N	2,00 g N
		+ 0,4 g foszfor P ₂ O ₅ -ben kifejezve				
a) Oltatlan	+0,318	+0,440	+0,363	+0,303	+0,134	-0,820
b) Oltott	+0,456	+0,663	+0,555	+0,551	+0,347	-0,651

Pozitív nitrogén mérleget kaptunk az oltott és az alacsonyabb nitrogén dózissal trágyázott kezelésekben. A legmagasabb nitrogén dózis alkalmazása esetében a nitrogén mérleg negatív volt. A pozitív nitrogén mérleg azt jelenti,

5. táblázat

Algaoltás hatása az összbaktériumszám, valamint azotobacterek, clostridiumok és nitrifikálók számának alakulására (millió/1 g abszolút száraz talaj)

(1) Kezelések	(2) Összbaktériumszám		Azotobacter		Clostridium		Nitrifikálók	
	oltatlan	oltott	oltatlan	oltott	oltatlan	oltott	oltatlan	oltott
Kontroll	81,3	85,2	2,0	2,8	1,1	1,1	0,017	0,046
0 g N + P	74,4	87,9	1,9	1,8	1,1	1,2	0,024	0,043
0,25 g N + P	86,2	97,8	1,7	2,1	1,1	1,4	0,026	0,063
0,50 g N + P	75,1	87,8	2,0	1,9	1,1	1,2	0,042	0,042
1,00 g N + P	80,3	97,8	2,1	3,1	1,2	1,9	0,042	0,065
2,00 g N + P	97,4	98,5	1,8	2,9	1,7	1,2	0,042	0,065

hogy a talajnak nitrogén többlete, a negatív pedig azt, hogy nitrogén vesztesége volt.

A nitrogéntöbblet a nem szimbionta nitrogénkötő szervezetek (algák, azotobacterek, clostridiumok) aktivitásából származik. A legnagyobb nitrogéntöbblet abban az esetben mutatkozott, amikor foszfor kezelés mellett alkalmaztuk az algaoltást. Ezekből világosan kitűnik, hogy a foszfor kedvező hatást gyakorolt a nitrogénkötésre és a növények fejlődésére egyaránt.

A nitrogénvesztesség túlnyomó részt a denitrifikációból származhat, mivel a cserepeken átszivárgó talajoldatot rendszeresen visszavittük a vízpótló eljárások során.

Az algaoltásnak az összbaktérium, valamint az azotobacterek, clostridiumok és nitrifikálók számára gyakorolt hatását az 5. táblázatban mutatjuk be. Az algaoltás nélküli kontroll mintában az összbaktériumszám 1 g abszolút száraz talajra számítva 81,3 millió volt. Algaoltás hatására a csíraszám 85,2 millióra emelkedett. Foszfortrágya alkalmazása fokozta az algaoltás hatását, amely az összbaktériumszám további emelkedésében nyilvánult meg.

Nitrogén trágyázás hatására általában emelkedett az összbaktériumszám a nitrogén dózissal többé-kevésbé arányosan. A nitrogéntrágyák a talajmikroflórát közvetlenül, vagy növény növekedésére gyakorolt kedvező hatásukon keresztül közvetve befolyásolhatják, mivel a növényi maradványok gyökértörmelékek és váladékok a talajmikroflóra számára energiaforrásként szolgálnak.

Az azotobacterek nagyszámban voltak kimutathatók a talajmintákból. Mindez egybe esik más szerzők azzal a korábbi megállapításaival, [ABDEL-HAFEZ [1], TAHA és munkatársai [30, 31] és IBRAHIM [18]], hogy az egyiptomi talajokban igen fontos szerepe van az azotobactereknek. Az algaoltás hatására az azotobacterszám jelentősen emelkedett. A sejtszám a nitrogénnel kezelt mintákban bizonyos mértékben még emelkedett. Magas nitrogén dózisok esetében az azotobacter a nitrogén felvétel könnyebb útját is választhatja, vagyis a talajban levő ásványi nitrogént hasznosítja elsősorban és jelentősen csökken a légkörből felvett nitrogén mennyisége. JENSEN [21, 22] megállapítása szerint az azotobacter által megkötött nitrogén mennyisége arányos az azotobacter gyarapodásával. Ez a megállapítás azonban csak nitrogén műtrágya alkalmazása nélkül lehet érvényes. Az azotobacterek ásványi nitrogén felvételét nem lehet egyértelműen negatív jelenségnek minősíteni, ugyanis az ily módon fel-

vett nitrogén szerves kötésbe megy át, amely megakadályozza az oldható ásványi nitrogén kilúgozódását a talajból. A mikrobiális protein mineralizációja után a nitrogén újra a növények rendelkezésére áll.

A clostridiumok igen magas számban voltak találhatóak minden egyes kezelésben. Ez várható is volt, mivel az edényekben anaerob körülmények uralkodtak. Az algaoltás és a nitrogénkezelés hatására számuk emelkedett. Úgy tűnik, jótékony hatással volt a clostridiumok növekedésére minden egyes kezelés, amely fokozta a rizsnövény termését, tehát a növényi maradványok mennyiségét. A növényi maradványokat a clostridiumok képesek erjeszteni, a mikroszervezetek e csoportjába kiváló erjesztők találhatóak. Ráadásul ezek hatékonyságát fokozza az, hogy az anaerob és aerob mikroszervezetek között együttműködési kapcsolat jön létre. Az aerob szervezetek oxigénfelvétele révén az anaerobok részére kedvező fejlődési körülmény jön létre. A vizsgálatokból egyértelműen kitűnik az, hogy az azotobacterek nagyobb számban vannak jelen, mint a clostridiumok. Ezzel ellentétes eredményekre jutott WAKSMAN és STARKEY [34], az ő talajviszonyaik között a clostridiumok száma felülmúlta az azotobacterekét. A mi vizsgálatainkkal megegyező eredményeket kapott egyiptomi talajokon ABDEL-HAFEZ [1], TAHA és munkatársai [30], valamint IBRAHIM [19] is.

A nitrifikálók nagymértékben reagáltak az algaoltásra, valamint a szervesetlen trágyákra, azonban a különböző kezelések között szignifikáns különbségeket nem sikerült kimutatni. Közismert az, hogy a nitrifikálók tevékenysége nagymértékben függ az ammonifikáló szervezetek által képzett ammonia mennyiségétől. Kísérleteinkben a nitrogén trágyázásra $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ot használtunk, tehát ammóniát jelentős mennyiségben tartalmazott. A nitrogént nem tartalmazó kezelésekben az algaoltás hatására számottevően emelkedett a nitrifikálók száma, ez arra mutat, hogy az alga-maradványok mineralizációjából elegendő ammónia szabadult fel a nitrifikáláshoz.

Eredmények megvitatása

Az utóbbi időben nagy figyelmet fordítottak a nitrogénkötő algák szerepének vizsgálatára, amelyek nagy tömegben fejlődnek a rizsföldeken.

RUSSEL [27] rámutatott arra, hogy ezek az algák fontos szerepet játszanak a nitrogén körforgalmában. Ezek közvetlenül résztvesznek a légköri nitrogén biológiai megkötésében, de emellett a közvetett hatásuk is fontos, elősegítik más nitrogénkötő szervezetek tevékenységét, az algák által fotoszintézis útján előállított szénhidrátok más nitrogénkötő szervezetek számára energiaforrásként szolgálhatnak a nitrogénkötő folyamatokban.

Az algaoltás kifejezetten kedvező hatással volt a rizs szalma- és szemtermésének alakulására, valamint azok nitrogéntartalmára. A 0,50 g N és 0,40 g P_2O_5 jelenlétében alkalmazott algaoltás hatására a rizs szem- és szalmatermése 16,1%, illetve 63,7%-kal fokozódott.

Korábban már WATANABE [35] is rámutatott az algák termésfokozó hatására. Az általa közölt adatok szerint az algaoltást követő négy évben 28%-kal több rizstermést eredményeztek az oltott parcellák, mint a kontroll kezelések. Hasonló eredményekre jutott HOSODA és TAKATA [16]. A közölt adatok szerint a rizs szem- és szalmatermése 10, illetve 6%-kal növekedett az algaoltás hatására. EL-NAWAWY és munkatársai [10], ABOUL-FADL

és munkatársai [2, 3], valamint SUBRAHMANYAN és SAHABY [29] ugyancsak rámutattak az algaoltás kedvező hatására, véleményük szerint a nitrogénhiányban nem szenvedő rizsföldeken az algaoltással eredményesen pótolható a nitrogén műtrágya. VENKATARAMAN és NEELAKANATAN [33] megállapításai szerint az algák által megkötött nitrogéneken kívül, a biológiailag aktív anyagoknak, mint pl. B₁₂ vitamin és auxinok – is szerepük van az algaoltás hatására mutató terméshozadékban. Az algákból kivont auxin-szerű anyagok – megállapításaik szerint – nagymértékben serkentették a rizspalánták növekedését.

Az algaoltás hatékonysága nagymértékben függ a műtrágyák alkalmazásától. Foszfor műtrágya hatására a rizs szem- és szalmatermése 7, illetve 56,6 %-kal növekedett, míg a foszfor alkalmazása nélkül a terméshozadék mértéke csak 4,2 és 19,3% volt. A foszforról közismert, hogy fontos szerepe van a proteinek és a nukleoproteinek képzésében. DE és MANDAL [8], valamint HERNANDEZ [14] a fentiekkel összhangban levő eredményeket kapott. A kísérleteikben alkalmazott foszfor műtrágya nagymértékben serkentette a légköri nitrogén biológiai megkötését, valamint a rizsnövények fejlődését. EL-NAWAWY és munkatársai [12] rámutattak arra, hogy a foszfor nagymértékben fokozta a kék algák nitrogénkötését.

Az algaoltás akkor eredményezte a legnagyobb terméshozadékot, ha fél gramm nitrogén dózist alkalmaztunk edényenként. Alacsonyabb és magasabb nitrogén dózisok esetén az oltásból eredő terméshozadék csökkent. A magas ásványi nitrogéntartalom gátolja az algák nitrogénkötő aktivitását. VENKATARAMAN [32], ELNAWAWY és IBRAHIM [11] megállapították, hogy a nitrogén műtrágya alkalmazása szignifikánsan gátolta a Calothrix genushoz tartozó algák nitrogénkötését. STEWART [28] megállapítása szerint a Calothrix és Nostoc genushoz tartozó algák jól növekedtek az elemi és a vegyi nitrogén jelenlétében egyaránt. Az algák növekedését a NO₃-N nem gátolta, az NH₃-N csak magas dózisban.

Az algaoltás terméshozadékot mellett kedvezően befolyásolta a talaj összes és oldható nitrogéntartalmát. Az algaoltás jelentőségét igazolja a nitrogénmérleg is. A pozitív nitrogénmérleg a talaj nitrogéntöbbletét, a negatív pedig a talaj nitrogénvesztését (a legmagasabb N dózis alkalmazásánál) mutatja szemléltetően.

A talaj nitrogéntöbblete kísérletünkben a szabadon élő nitrogénkötők – azotobacterek, clostridiumok és algák – tevékenységéből származhatott.

Nitrogénvesztésnek több oka lehet. Nitrogén távozik a rizstalajból kilúgozódási folyamatok, valamint biológiai nitrogénvesztés eredményeképpen. Nitrogénvesztés adódhat még a szulfátredukció során felszabaduló kénsavhidrogénnek a nitrogénkötő szervezetekre gyakorolt toxikus hatásából (ABOUL-FADL és munkatársai [2]).

A talajmintákban az NH₃-N nagyobb mennyiségben volt kimutatható, mint az NO₃-N. Ennek oka az, hogy a kísérletben ammonium szulfát nitrogénforrást alkalmaztunk, de adódhat abból is, hogy amíg az ammonifikációs folyamatok az anaerob viszonyok között is kielégítően mennek végbe, ugyanez a körülmény nem kedvez a nitrifikálóknak. TAHA és munkatársai [31] kimutatták, hogy a rizstalajokban a nitrát veszteség felülmúlja az NH₃-N veszteségét. Ennek oka az, hogy ammónia nitrogén szorosan kapcsolódhat az ásványokhoz, míg a nitrátok könnyen redukálódhatnak az uralkodó anaerob körülmények között.

Az algák kedvező hatását a talaj termékenységére először DE [7] és ALLEN [4] mutatták ki. HERNANDEZ [14] adatai szerint az algaoltás hatására szignifikánsan növekedett a talaj nitrogéntartalma. Hasonló eredményeket kapott FOGG és munkatársai [13], valamint LAPORTE és POURRIOT [24] és megállapították, hogy a kékes-zöld algáknak fontos szerepük van a talaj termékenységének fenntartásában.

Az algaoltás kedvező hatással volt a talaj mikroflórára, ezen belül a nitrogén körforgalomban résztvevő mikroszervezetekre úgyszintén. A foszfor és a nitrogén ugyanilyen irányban hatott. A műtrágyák hatására a növények növekedése meggyorsult, a növényre gyakorolt hatásán keresztül a műtrágyák kedvezően befolyásolták a mikroszervezetek szaporodását, mivel a mikroszervezetek számára a növényi szár- és gyökérmaradványok, valamint gyökérváladékok energia forrásként szolgálnak (IBRAHIM [17]). BJALFVE [6] arra hívta fel a figyelmet, hogy az algák szimbiózisba léphetnek más mikroorganizmusokkal. Kimutatta, hogy a *Nostoc calcicola* nitrogénkötését nagymértékben serkentette egyes mikroorganizmusok, nevezetesen *Bacillus megatherium*, *Agrobacterium radiobacter*, *Rhizobiumok* és a *Streptomyces albus* jelenléte. TAHA és munkatársai [31] megállapították a rizstalajokat borító víz felszínén nagyszámban található azotobacter. Ezek szimbiózisban élnek a víz felszínén növekedő algákkal. A szimbiota szervezeteken kívül az algák antagonistái is előfordulnak a rizsföldeken és számolni kell vele. IBRAHIM [19] kimutatta azt hogy az antagonistá sugárgombák és mikroszkopikus gombák nagymértékben gátolják a *Tolypothrix tenuis* növekedését és nitrogénkötését.

Összefoglalás

A szerzők tanulmányozták a *Tolypothrix tenuis* algával történő oltás, valamint a foszfor és nitrogén műtrágya hatását a rizsnövény szem- és szalma-termésére. Vizsgálták a nitrogénmérleg alakulását, a talajmikroflóra mennyiségi változását az alkalmazott kezelések függvényében. A kapott adatok alapján megállapították:

1. Az algaoltás kifejezetten előnyösen befolyásolta a rizs szem- és szalma-termését, valamint azok nitrogéntartalmát. Az algaoltás műtrágya nélkül 4,2, illetve 19,3%-kal növelte a rizs szem- és szalmatermését. Foszfor trágyázással együtt alkalmazott oltás 7, illetve 56,6% termésnövekedést eredményezett. Az oltásból származó terméstöbblet foszfor és tenyészeményenként 0,5 g nitrogén alkalmazásakor volt a legmagasabb (16,1, ill. 63,7%-kal növelte a szem- és szalmatermést).

2. Az algaoltás szignifikánsan növelte a talaj nitrogéntartalmát. A nitrifikációt nem fokozta, sőt gátolta azt.

3. Az algával oltott kezelésekben a nitrogénmérleg pozitív volt, ami jelzi az algaoltás kedvező hatását a talaj termékenységére. Pozitív volt a nitrogénmérleg az oltatlan kezelésekben is, de a nitrogéntöbblet ebben az esetben jóval kisebb volt.

A legmagasabb nitrogén dózis alkalmazásakor a nitrogénmérleg negatív volt. A nitrogén veszteség az ásványi nitrogén kimosódásából és denitrifikációjából származhat.

4. Az oltás kedvező hatása az öszbaktériumszám, valamint az azoto-

bakterek, clostridiumok, nitrifikálók számának növekedésében is megnyilvánult.

A foszfor és nitrogén műtrágyák alkalmazása ugyancsak növelte a mikro-szervezetek számát.

Irodalom

- [1] ABDEL-HAFEZ, A.: Seasonal variation of soil microflora and its effect on soil nitrogen. M. Sc. Thesis, Ain Shams Univ. Cairo. 1962.
- [2] ABOUL-FADL, M. et al.: Nitrogen fixation by the blue-green algae *Tolypothrix tenuis* as influenced by ammonium sulphate, compost, straw and superphosphate with special reference to its effect on rice yield. *J. Soil Sci., U. A. R.* **4**. 91–104. 1964.
- [3] ABOUL, M. et al.: The effect of nitrogen-fixing blue-green algae *Tolypothrix tenuis* on the yield of paddy. 1st. Conf. Microbiology. U. A. R. 1965.
- [4] ALLEN, M. B.: Photosynthetic nitrogen fixation by blue-green algae. *Sci. Month.* **83**. 100–106. 1956.
- [5] ALLEN, O. N.: Experiments in soil bacteriology. Burgess Pub. 1961.
- [6] BJALFVE, G.: Nitrogen fixation of algae and other microorganisms. *Physiol. Plant.* **15**. 122–129. 1962.
- [7] DE, P. K.: The role of blue-green algae in nitrogen fixation in rice field. *Proc. Roy. Soc. London.* **B.127**. 121–139. 1939.
- [8] DE, P. K. & MANDAL, L. N.: Fixation of nitrogen by algae in rice soils. *Soil Sci.* **81**. 453–458. 1956.
- [9] DUTTA, N. & VENKATARAMAN, G. S.: Study of the algae of some cultivated and uncultivated soils. *Indian J. Agron.* **3**. 109–115. 1959.
- [10] EL-NAWAWY, A. S. & LOUTFI, M. & FAHMY, M.: Studies on the ability of some blue green algae to fix atmospheric nitrogen and their effect on growth and yield of paddy. *Agric. Res. Rev.* **36**. 308. 1958.
- [11] EL-NAWAWY, A. S. & IBRAHIM, A. N.: Nitrogen fixation by *Calothrix* sp. as influenced by certain sodium salts and nitrogenous compounds. *Acta Agron. Hung.* **17**. 323–327. 1968.
- [12] EL-NAWAWY, A. S., KAMAL, M. & ABOUL-FADL, M.: Effect of phosphorus concentration on the growth and nitrogen fixation by algae *Tolypothrix tenuis*. The 4th Conf. Soil Sci., U. A. R. 1969.
- [13] FOGG, G. E. & STEWART, W. D.: Nitrogen fixation in blue-green algae. *Sci. Prog.* **53**. 191–201. 1965.
- [14] HERNANDEZ, S. C.: Studies on soil fertility in Hyderabad. *Indian J. Soil Sci. Soc. Philipp.* **8**. 19–22. 1956.
- [15] HOSKINS, J. K.: c. f. Porter, J. P. in *Bacterial Chemistry and Physiology*. pp 100. Wiley' New York. 1947.
- [16] HOSODA, K. & TAKATA, H.: *Trans Tottori Soc. Agric. Sci.* **10**. (1) 1956.
- [17] IBRAHIM, A. N.: Microorganisms and their activities in relation to soil fertility. Ph. D. Thesis, Ain Shams Univ. Cairo. 1964.
- [18] IBRAHIM, A. N.: Distribution of non-symbiotic nitrogen fixing organisms in soils of long-term fertilizer trials and rotation experiments. *Acta Agron. Hung.* In Press 1971.
- [19] IBRAHIM, A. N.: Growth inhibition of nitrogen fixers by antibiotics and certain antagonistic organisms. *Acta Societatis Bot. Polon.* **39**. 333–338. 1970.
- [20] JACKSON, M. L.: Soil chemical analysis. Constable and Co. London. 1958.
- [21] JENSEN, H. L.: Contributions to the nitrogen economy of Australian wheat soils. *Proc. Linnean Sci. N. S. Wales* **65**. 1–122. 1940.
- [22] JENSEN, H. L.: The Azotobacteriaceae. *Bact. Res.* **18**. 195–241. 1954.
- [23] KONISHI, C. & SEINO, K.: Maintenance of paddy soil fertility in nature. *Hokuriku Nogyo Shikerjo* **2**. 41–136. 1951.
- [24] LAPORTE, S. S. & R. POURRIOT: Fixation of atmospheric nitrogen by Cyanophyta. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* **4**. 81–112. 1967.
- [25] MAHMOUD, S. A. Z.: Spore formers occurring in soils. Their germination and biochemical activity. Ph. D. Thesis, Leeds Univ. 1955.
- [26] PIPER, C. S.: Soil and plant analysis. Univ. Adelaide. Australia. 1947.
- [27] RUSSELL, E. J.: Soil Conditions and Plant Growth. Longmans. Green & Co. London 1961.

- [28] STEWART, W. D.: The effect of available nitrate and ammonium on the growth of two nitrogen-fixing blue-green algae. *J. Expt. Bot.* **15**. 138—145. 1964.
- [29] SUBRAHAMANYAN, R. & SAHAY, M. N.: Observations on nitrogen fixation and organic matter produced by *Anabaena circinalis* Rabh and their significance in rice culture. *Proc. Indian Acad. Sci.* **61**. 164—169. 1965.
- [30] TAHA, S. M., MAHMOUD, S. A. Z. & IBRAHIM, A. N.: Effect of prolonged use of fertilizers on the chemical and microbiological properties of soil. *J. Microbiol. U. A. R.* **1**. 57—71. 1966.
- [31] TAHA, S. M., MAHMOUD, S. A. Z. & IBRAHIM, A. N.: Microbiological and chemical properties of paddy soil. *Plant and Soil.* **26**. 33—48. 1967.
- [32] VENKATARAMAN, G. S.: Studies on nitrogen fixation by blue-green algae. II. Nitrogen fixation by *Cylindrospermum sphaerica* under various conditions. *Proc. Nat. Acad. Sci. India.* **A 31**. 100—104. 1961.
- [33] VENKATARAMAN, G. S. & NEELAKANATAN: Effect of cellular constituents of the nitrogen-fixing blue-green algae, *Cylindrospermum muscicola* on the root growth of rice plants. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **13**. 53—61. 1967.
- [34] WAKSMAN, S. A. & STARKEY, R. L.: *The soil and microbes.* Wiley. London 1949.
- [35] WATANABE, A.: Nitrogen fixation by blue-green algae. *Int. Rice Comm. News Letter* (12) 13—15. 1954.
- [36] WATANABE, A.: Effect of nitrogen-fixing blue-green algae, *Tolypothrix tenuis* on the nitrogenous fertility of paddy soil and on the crop yield of rice plant. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **8**. 85—91. 1962.
- [37] WATANABE, A., NISHIGAKI, S. & KONISHI, C.: Effect of nitrogen-fixing, blue-green algae on the growth of rice plants. *Nature*, **168**. 748—749. 1951.

Érkezett: 1971. május 8.

Effect of Inoculation with Alga *Tolypothrix Tenuis* on the Yield of Rice and Soil Nitrogen Balance

IBRAHIM, A. N., KAMEL, M. and M. EL-SHERBENY

Faculty of Agriculture, Al-Azhar University, Cairo (UAR)

Summary

The effect of inoculation with nitrogen-fixing bluegreen algae *Tolypothrix tenuis* and that of phosphorus and nitrogen fertilization on the yield of rice grains and straws soil nitrogen balance and the densities of soil microflora were studied. Results could be summarized as follows:

1. Inoculation with alga showed a definite beneficial effect on the yield of rice grains and straw and their N contents. Algal inoculation without the application of any fertilizer, increased the yield of rice grains and straw by 4,2 and 19,3%. This reached 7,0 and 56,6% in the presence of phosphorus. The yield increase, due to inoculation, reached its maximum when phosphorus and 0,5 g N per pot was applied: Yield increase of rice grains and straw was 16,1 and 63,7%, respectively.

2. Nitrogen content of the soil was significantly increased by algal inoculation. Nitrification process showed no acceleration even it was retarded. $\text{NH}_3\text{—N}$ was found to be higher than $\text{NO}_3\text{—N}$.

3. Nitrogen balance was found to be positive in the algal inoculated treatments, denoting the beneficial effect of algal inoculation on soil fertility. Positive but lower values were found in the uninoculated treatments showing the activities of nitrogen fixers.

In the case of applying the highest N dose, N balance was found to be negative. N loss can be due to the leaching or/and biological processes.

4. Inoculation significantly increased the total microbial count and encouraged the development of azotobacter, clostridia, nitrifiers. Their growth was also stimulated by phosphate and nitrogen fertilizers. In this respect plant residues, root debris and secretion served as a source of energy for soil microflora.

Table 1. Effect of inoculation with alga *Tolypothrix tenuis* on the yield of rice grains and straw, g/pot. (1) Treatments. (2) Grains. (3) Straw. (4) Uninoculated. (5) Inoculated. (6) Increase in %, due to inoculation.

Table 2. Effect of inoculation with alga *Tolypothrix tenuis* on the N content of rice grains and straw. Signs see Table 1.

Table 3. Effect of inoculation with alga *Tolypothrix tenuis* on total and soluble N content of soil. (1) Treatments. (2) Uninoculated. (3) Inoculated. (4) Total N content, %. (5) Soluble N, ppm.

Table 4. Effect of inoculation with alga *Tolypothrix tenuis* on N balance of soil. (1) Treatments. *a)* Uninoculated. *b)* Inoculated.

Table 5. Effect of inoculation with alga *Tolypothrix tenuis* on the total microbial count and count of azotobacter, clostridia and nitrifiers (million/l g absolute dry soil). (1) Treatments. (2) Total microbial count.

Über die Wirkung der Impfung mit Algen (*Tolypothrix tenuis*) auf den Reisertrag und auf die Stickstoffbilanz des Bodens

A. N. IBRAHIM, M. KAMEL und M. EL-SHERBENY

Landwirtschaftliche Fakultät der Al-Azhar Universität, Kairo, V. A. R.

Zusammenfassung

Es wurde die Wirkung der Impfung mit Algen (*Tolypothrix tenuis*), sowie der Phosphor- und Stickstoffdüngung auf den Korn- und Strohertrag des Reises, und die Gestaltung der Stickstoffbilanz, sowie die quantitativen Umgestaltungen in den Bodenmikroflora als Folge der Behandlungen untersucht. An Hand der erhaltenen Daten konnte festgestellt werden:

1. Die Impfung mit Algen erhöhte den Korn- und Strohertrag und den Stickstoffgehalt des Reises. Der Korn- und Strohertrag des Reises stieg um 4,2%, bzw. 19,3% ohne Phosphordüngung und um 7%, bzw. 56,6% mit P-Düngung an. Die Ergänzung der Behandlungen mit 0,5 g N/Gefäß ergab den höchsten Ertragsanstieg (16,1% bzw. 63,7%).

2. Die Impfung mit Algen vermehrte den Stickstoffgehalt des Bodens signifikant. Dadurch wurde aber die Nitrifikation nicht gesteigert, sondern eher verhindert.

3. In den mit Algen geimpften Versuchsgliedern war die Stickstoffbilanz positiv, was für die positive Auswirkung der Impfung in Hinsicht auf die Bodenfruchtbarkeit spricht. Die Stickstoffbilanz war auch in den Varianten ohne Impfung positiv, wenn auch in einem weit geringen Ausmass.

Bei Anwendung der höchsten Stickstoffdosis gestaltete sich die Stickstoffbilanz negativ. Die N-Verluste könnten aus der Auswaschung des mineralischen Stickstoffes und aus der Denitrifikation herrühren.

Tab. 1. Wirkung der Algenimpfung (*Tolypothrix tenuis*) auf die Gestaltung des Korn- und Strohertrages bei Reispflanzen (g/Gefäß). (1) Varianten. (2) Korn. (3) Stroh. (4) Ungeimpft. (5) Geimpft. (6) Mehrertrag der geimpften Varianten, in %.

Tab. 2. Wirkung der Impfung mit Algen (*Tolypothrix tenuis*) auf die Gestaltung des Stickstoffgehaltes bei Reispflanzen. (N% und gesamtes N mg.). Bezeichnungen: s. Tab. 1.

Tab. 3. Wirkung der Impfung mit Algen (*Tolypothrix tenuis*) auf den gesamten und leichtlöslichen Stickstoffgehalt des Bodens. (1) Varianten. (2) Ungeimpft. (3) Geimpft. (4) Gesamtes N%. (5) Leichtlösliches N, ppm.

Tab. 4. Gestaltung der Stickstoffbilanz des Bodens nach der Impfung mit Algen (*Tolypothrix tenuis*). (1) Varianten. *a)* Ungeimpft. *b)* Geimpft.

Tab. 5. Wirkung der Impfung mit Algen auf die Gestaltung der Gesamtbakterienzahl, sowie der Anzahl der Azotobakter, Clostridium und nitrifizierenden Bakterien (Million/ l g abs. trockener Boden). (1) Varianten. (2) Gesamtbakterienzahl.

Влияние водорослей *Tolypothrix tenuis* на урожай риса и на азотный баланс почвы

ИБРАХИМ, А. Н., КАМЕЛ, М. и М. ЕЛ-ШЕРБЕНЬ

Сельскохозяйственный Факультет Университета Ал-Азхар, Каир, О. А. Р.

Резюме

Авторы изучали влияние водорослей *Tolypothrix tenuis*, а также влияние внесения фосфорных и азотных минеральных удобрений на урожай зерна и соломы риса. Изучали как складывается баланс азота, как изменяется количество почвенной микрофлоры в зависимости от проведенных обработок. Данные анализов позволили сделать следующие заключения:

1. Водоросли в значительной степени повлияли на урожай зерна и соломы риса и на содержание в них азота. В вариантах с водорослями без внесения минеральных удобрений урожай зерна повысился на 4,2%, а урожай соломы риса — на 19,3%. В вариантах с водорослями и с внесением фосфорных удобрений урожай зерна повысился на 7%, а урожай соломы на 56,6%. Самая высокая прибавка урожая наблюдалась в варианте с водорослями и с внесением фосфора и 0,5 г азота в каждый вегетационный сосуд (пробавка урожая зерна — 16,1%, соломы 63,7%).

2. Водоросли достоверно увеличивали содержание азота в почве. Процесс нитрификации не усиливали, в отдельных случаях тормозили.

3. В вариантах с водорослями азотный баланс был положительным, что обозначает благоприятное влияние водорослей на плодородие почвы. Положительным был и азотный баланс на контрольных вариантах, но прибавка азота в этом случае была гораздо меньше.

При внесении самой высокой дозы азота азотный баланс был отрицательным. Потеря азота могла произойти в результате вымывания минерального азота и процесса денитрификации.

Табл. 1. Влияние водорослей *Tolypothrix tenuis* на формирование урожая зерна и соломы риса в г/сосуд. (1) Варианты. (2) Зерно. (3) Солома. (4) Без водорослей. (5) С водорослями. (6) Прибавка урожая под влиянием водорослей, в %.

Табл. 2. Влияние водорослей *Tolypothrix tenuis* на содержание азота в рисе. (N % и общий N в мг). Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 3. Влияние водорослей *Tolypothrix tenuis* на содержание в почве общего и усвояемого азота. (1) Варианты. (2) Без водорослей. (3) С водорослями. (4) Общий азот в %. (5) Усвояемый азот в мг/кг.

Табл. 4. Формирование азотного баланса почвы под влиянием водорослей *Tolypothrix tenuis*. (1) Варианты. а) Без водорослей. б) С водорослями.

Табл. 5. Влияние водорослей на общее число бактерий, а также на число *Azotobacter*, *Clostridium* и нитрифицирующие микроорганизмы (в млн/1 г абсолютно сухой почвы). (1) Варианты. (2) Общее число бактерий.