

Karbamid vegyületek hidrolízise sugárgombák által

A. N. IBRAHIM és M. H. MAHMOUD

*Al-Azhar Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar,
Mezőgazdasági Növénytan Tanszék, Kairó (E. A. K.)*

A karbamidot az egyik legkoncentráltabb nitrogénhordozót széles körben alkalmazzák a rizstermesztésben, de egyre inkább terjed műtrágyaként való felhasználása más növénykultúrák termesztésében is (GASSER [14]). A karbamid hidrolízisét a talajban, a mikroszervezetek által kiválasztott ureáz ferment katalizálja. A karbamidbontó mikroorganizmusok tanulmányozása során elsősorban ún. karbamidbontó baktériumokra irányult nagy figyelem. A karbamidbontó baktériumokat ALEXANDER [2] két baktérium típusra: a kokkusok és pálcikák (bacillusok) csoportjára különítette. Más mikroorganizmusok karbamidbontó tevékenységéről viszonylag kevés információ van.

Vizsgálataink során célul tűztük ki a sugárgombák szerepének tanulmányozását a karbamid és karbamid származékok, nevezetesen a karbamidformaldehid és a biuret hidrolízisében. Indokolta célkitűzésünket az a körülmény is, hogy korábbi vizsgálataink során olyan eredményre jutottunk, amelyek arra mutatnak, hogy a Streptomycetáknak nagy szerepe lehet e folyamatban, mivel ezek a szervezetek a talaj mikroflórájának jelentős részét alkotják, sőt domináns előfordulásúak, különösen a száraz és félszáraz klimatikus viszonyok között kialakult talajokon.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat 60 *Streptomyces* izolátummal folytattuk le, amelyek 12 *Streptomyces* szériába sorolhatók, és ureáz aktivitást mutattak korábbi vizsgálataink során (IBRAHIM [16]).

Karbamid vegyületek: kristályos karbamid, 46% N-tartalommal, karbamidformaldehid: 39% N- és 28% C-tartalommal (a karbamid és formaldehid mól aránya 1 : 1), valamint biuret 47,5% N-tartalommal. A karbamid vegyületet a Kairói Mezőgazdasági Kutató Központ Talajtani és Vízgazdálkodási Kutató Intézete bocsátotta rendelkezésünkre. A karbamid vegyületekből készített vizes oldatokat Seitz-EK szűrőn történő filtrálással sterilizáltuk.

Talajok: A Ghiza és Tahrir tartományban levő Növénykísérleti Állomások agyagos vályog, illetve homok talajának felső 0–20 cm-es rétegéből gyűjtöttünk be vizsgálati mintákat. A kísérletbe vont talajok főbb kémiai vizsgálati adatait az 1. táblázatban ismertetjük.

I. táblázat

A kísérletben alkalmazott talajok főbb kémiai jellemzői

(1) A vizsgált talaj megnevezése, származási helye	(2) Szerves anyag	(3) Összes N	(4) Összes oldható só	CaCO ₃	pH
	%				
a) Agyagos vályog (Ghiza)	0,79	0,16	0,15	3,0	8,0
b) Homok (Tahrir)	0,77	0,06	0,14	4,5	8,1

Agyagásványok: Montmorillonit, kaolinit és vermikulit eltérő kationcserélő és vízkapacitással, különböző kémhatással és diszperziós fokkal. Az agyagásványok kationcserélő kapacitása: 96, 12, 116 mg_{eq}/100 g agyagásvány, kémhatása pH 8,2; 6,2; 7,0 a felsorolás sorrendjében. Az agyagásványokat a General Co. for Trading and Chemicals kairói cégtől kaptuk.

Módszerek

Az ammónia extrakciója a talajokból ALLAM [3] módszere szerint történt 1%-os K₂SO₄ oldat segítségével. A talaj és az extraháló oldat aránya 1 : 5 volt. Harminc percig tartó rázatás után az oldatot szűrés útján elválasztottuk a talajtól, és a szűrlet azonos mennyiségeiből kolorimetrikus úton RUSSEL [31], NAGUIB [26] által módosított eljárása szerint meghatároztuk a lecsérélhető és oldható ammónia mennyiségét.

A talajok és a kísérleti növények „összes” nitrogén tartalmát félmikro-Kjeldahl módszerrel határoztuk meg JACKSON [18] és PIPER [30] szerint.

Az ureázaktivitás meghatározása

A talajok ureáz aktivitását CONRAD [8] módszerével határoztuk meg. Sterilizálás céljából 10 g talajhoz 2 ml toluolt adagoltunk. A toluollal kezelt talajmintákat 15 percig állni hagytuk, majd 20 ml 0,04%-os karbamid oldatot adtunk hozzá és termosztátban 30 °C-on 24 órán át inkubáltuk. Az inkubáció befejeztével a mintákhoz 0,2 g CaSO₄-ot mértünk, majd rázattuk és centrifugáltuk. A felülúszóból BROADBENT és munkatársai [6] szerint, p-dimetilaminobenzaldehid segítségével kolorimetrikus úton mértük a visszamaradt karbamid mennyiségét. A mérési adatokból számítás útján határoztuk meg a hidrolizált karbamidot.

Ezt abszolút száraz anyagra vonatkoztatva a bevitt karbamid %-ában fejeztük ki.

Agyagásványokat tartalmazó szuszpenziók ureáz aktivitását PINCK és ALLISON [29] módszerével határoztuk meg. A szuszpenziókhoz 200 mg karbamidot adagoltunk. Egy óras rázatás után a karbamidtartalmú agyagásvány szuszpenziókat 24 óráig 28 °C-os termosztátban inkubáltuk. Inkubáció után a szuszpenziók kémhatását pH 7-re beállítottuk és centrifugáltuk. A felülúszóból kolorimetrikus úton határoztuk meg (RUSSELL [31] és NAGUIB [26]) a képződött ammónia mennyiségét. A visszamaradt karbamid meghatározását

az előzőekben leírt metodika szerint végeztük. Az ureáz aktivitást a 24 óra alatt képződött ammónia ppm egységekben kifejezett számértékeivel jellemeztük.

Vizsgálati eredmények és azok értékelése

a) *Effektív karbamidbontó sugárgomba törzsek szelekciója*

Módosított összetételű, folyékony, steril Pridham—Gottlieb-féle (SHIRLING és GOTTLIEB [32]) tápközegbe oltottuk be a tanulmányozott sugárgombákat (60 törzs). Az 50 ml tápoldat egyedüli C- és N-forrásként karbamidot tartalmazott, 560 ppm karbamid N-tartalommal. Beoltás két hetes kultúrákból készített spóraszuszpenzió bevitelével történt. Inkubáció 28 °C-on történt és a beoltástól számított 24, 48, 72 és 96 órában meghatároztuk a tápoldatok ammónia nitrogéntartalmát. Az eredményeket a 2. táblázatban közöljük. Az ada-

2. táblázat

A különböző *Streptomyces* szériákba tartozó sugárgombák karbamidbontó képessége. (A 24 óra alatt kiválasztott ammónia—nitrogén mennyisége mg/100 ml tápoldat)

(1) <i>Streptomyces</i> series	(2) Az izolált sugár- gomba törzsek száma	(3) Törzsek az összes izolátum %-ában kifejezve	(4) A képződött ammónia-N mennyisége	
			Ammóniaprodukción	Átlag
			mg	
<i>Alboniger</i>	3	5,0	12,3—12,6	12,5
<i>Antibioticus</i>	9	15,0	12,1—15,2	13,1
<i>Cinereoruber</i>	2	3,3	12,8—13,6	13,2
<i>Roseus</i>	6	10,0	11,2—14,2	12,2
<i>Griseus</i>	10	16,7	11,5—15,9	13,1
<i>Aureofaciens</i>	19	31,7	11,4—18,0	13,3
<i>Violaceoruber</i>	3	5,0	12,5—16,7	14,0
<i>Lavendulae</i>	1	1,7	11,9	11,9
<i>Purpurascens</i>	1	1,7	10,6	10,6
<i>Chartreusis</i>	4	6,7	10,7—15,7	13,2
<i>Cyanoglomerus</i>	1	1,7	13,5	13,5
<i>Viridans</i>	1	1,7	14,4	14,4

tokból kitűnik, hogy ugyanazon szériába tartozó törzsek karbamidbontó képessége is jelentősen különbözik. A legaktívabb karbamid hidrolizáló sugárgomba törzsek az *Aureofaciens*, *Antibioticus*, *Griseus*, *Chartreusis* és *Violaceoruber* szériából kerültek ki. A maximális ammóniaképződés általában az inkubáció 3. napján volt mérhető. Ezt követően az ammóniaprodukción csökkent. Az inkubáció első napján igen lassú volt a karbamid hidrolízise. Hasonló megfigyeléseket tettek DAS és KHAN [9], valamint IBRAHIM és munkatársai [17]. A csökkenés oka: párolgás útján történő ammóniaveszteség, de közrejátszhat az a körülmény is, hogy a karbamid hidrolízis termékei (ammónia) gátolják a mikroorganizmusok tevékenységét.

b) *A sugárgombák karbamid-tűrő képessége*

A karbamidbontó sugárgombák előzetes vizsgálata során legaktívabbnak mutatózó négy törzs bevonásával tanulmányoztuk, milyen mértékben befolyásolja tevékenységüket a növekvő karbamid koncentráció. A vizsgálatokat módosított összetételű Pridham-Gottlieb tápoldatban folytattuk le, a karbamidot eltérő dózisban 0,2–0,4–0,8–1,6–3,2–6,4% egyedüli C- és N-forrásként alkalmazva. A steril tápoldatok beoltása spóraszuszpenzió bevitelével történt. Az inkubáció 28 °C-on 7 napon át tartott. Ennek befejeztével meghatároztuk a tápoldatok ammóniatartalmát és a visszamaradt karbamid mennyiségét. Ez utóbbi adat ismeretében számítás útján kaptuk meg az átalakított karbamidot. Az eredményeket a 3. táblázatban közöljük. A bemutatott adatokból

3. táblázat

A sugárgombák ammóniaprodukciója (mg ammónia-N/100 ml kultúrközeg) és a karbamid átalakításának mértéke (%) növekvő karbamid koncentrációjú tápoldatokban

Karbamid-N, %	Aureofaciens 519		Antibioticus 33		Griseus 118		Chartreusis 328	
	NH ₃ -N, mg	N, %	NH ₃ -N, mg	N, %	NH ₃ -N, mg	N, %	NH ₃ -N, mg	N, %
0,1	43,2	94,0	24,7	53,6	12,3	26,7	9,8	21,4
0,2	85,8	93,3	65,4	71,1	32,8	35,6	32,2	35,0
0,4	163,6	88,9	152,7	83,0	102,3	55,6	98,1	53,3
0,8	228,9	62,2	175,9	47,8	122,5	33,3	118,5	32,2
1,6	233,3	31,7	179,6	24,4	122,9	16,7	134,7	18,3
3,2	333,3	22,8	244,2	16,7	114,7	7,8	134,7	9,2
6,4	479,5	16,4	333,3	11,4	137,4	4,7	137,4	4,7

kitűnik, hogy a karbamid koncentráció növelésével általában emelkedett a közeg ammóniatartalma. S ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy a nagyobb koncentrációjú tápoldatokban egyre inkább csökken a karbamid átalakításának mértéke. Mindez jelzi azt, hogy a vizsgált sugárgombák eltérő mértékben érzékenyek a közeg növekvő karbamid tartalmával szemben. Az *Aureofaciens* 519. sz. és az *Antibioticus* 33. sz. törzse mutatkozott leginkább toleránsnak, amelyek a karbamid 16,4 illetve 11,4%-át hidrolizálták a legmagasabb koncentrációjú tápoldatban. Az eredményekből arra következtethetünk, hogy a karbamidot jól hidrolizáló sugárgombák jobban elviselik a közeg magas karbamid tartalmát.

c) *Karbamid vegyületek hidrolízise a talajban*

Agyagos vályog- és homoktalajból 250 g-ot mértünk be zárható lombikokba. A talajmintákat a maximális vízkapacitás 30–60–90%-ának megfelelően nedvesítettük. A karbamidot, illetve karbamidformaldehidet 150 és 300 ppm N-dózisnak megfelelő mennyiségben alkalmaztuk. Beoltás spóraszuszpenzióval történt. A vizsgálatokat az előkísérletek során legaktívabbnak bizonyult négy sugárgomba törzssel folytattuk le. A karbamidból képződött ammónia mennyiségét az inkubáció 3., 7. és 14. napján, a karbamidformaldehid esetében pedig a 7., 21. és 35. napon határoztuk meg. Az inkubációs hőmérséklet 30 °C volt. A képződött ammónia mennyiségét ppm-ben, abszolút száraz anyagra

vonatkoztatva adjuk meg, levonva a kontroll (karbamid anyagokkal nem kezelt) talajokban mért ammónia tartalmat. A kísérleti periódus során képződött ammónia mennyiségek a lineáris regressziós modellt követik. Ennek alapján számítottuk a napi ammónia produkció értékét. Az inkubáció befejeztével kiszámíthattuk a karbamid vegyületek átalakításának mértékét a talajba bevitt karbamid vegyület N-tartalmának %-ában kifejezve.

A napi ammónia produkciót, valamint az inkubáció folyamán átalakított karbamid mennyiségeket a 4. táblázatban ismertetjük. A 4. táblázat adataiból

4. táblázat

A karbamid hidrolízisének mértéke különböző talajokban eltérő nedvességtartalom mellett

(1) Talajtípus és nedvesség- tartalom, [*] %	(2) Adott karba- mid-N, ppm	Aureofaciens 519		Antibioticus 33		Griseus 118		Chartreusis 328	
		NH ₃ -N, ppm	N, %	NH ₃ -N, ppm	N, %	NH ₃ -N, ppm	N, %	NH ₃ -N, ppm	N, %
a) <i>Agyagos vályog</i>									
30	150	15,1	85,7	13,6	76,3	13,3	76,5	13,6	82,0
	300	28,0	84,0	20,5	66,5	27,2	71,3	23,7	67,5
60	150	16,2	92,8	14,3	88,2	15,1	83,7	14,7	88,4
	300	29,2	83,7	26,0	75,0	27,9	82,8	28,4	83,7
90	150	14,3	80,7	12,6	77,2	13,0	72,5	13,3	82,5
	300	24,0	66,3	22,9	68,5	23,5	68,5	24,3	60,1
b) <i>Homoktalaj</i>									
30	150	12,7	68,3	11,6	58,1	12,0	68,3	12,1	63,0
	300	20,8	45,7	19,1	49,8	22,8	63,2	21,5	56,4
60	150	13,0	76,5	12,4	66,5	13,0	73,1	12,8	72,2
	300	24,7	66,5	22,9	61,3	24,9	63,3	23,2	64,8
90	150	12,6	70,6	12,0	67,4	12,1	66,2	12,1	71,5
	300	24,4	66,5	23,8	67,4	22,1	63,3	22,1	50,6

* A maximális vízkapacitás %-ában.

látható, hogy a vizsgált sugárgombák napi ammónia produkciója mérsékelte, nem ér el olyan magas értékeket, mint a hasonló körülmények között tanulmányozott karbamidbontó baktériumok: *B. pasteurii*, *B. sphaericus*, *B. lentus* és *B. subtilis* esetében tapasztaltuk (IBRAHIM és munkatársai [17]). Mindezek alapján úgy ítélnénk meg, hogy a sugárgombák a karbamidbontó baktériumokhoz viszonyítva kevésbé aktív karbamid hidrolizálók.

A sugárgombák nagyobb ureáz aktivitást mutattak azonos kísérleti körülmények között az agyagos vályog talajban, mint a homokban. A képződött ammónia mennyisége és a karbamid-N átalakításának mértéke is alacsonyabb volt az utóbbi esetben. Mindezek arra mutatnak, hogy a vizsgált talajok eltérő fizikai és kémiai sajátosságai és ezekben is kifejeződő különböző termékenységük nagy mértékben befolyásolják a karbamid oldhatóságát. Hasonló következtetésre jutottak STOJANOVIC [35], ANDERSON [4], CARPENA és munkatársai [7], valamint ZAYED [38], akik megállapították, hogy a karbamid hidrolízise lassú volt homok talajban és sokkal intenzívebb termékeny talajokban.

A kísérleti körülmények között a talaj nedvességtartalma csak kis mértékben befolyásolta a sugárgombák karbamidbontó tevékenységét. Az adatokat

5. táblázat

A karbamidformaldehid hidrolízisének mértéke különböző talajokban eltérő nedvességtartalom mellett

(1) Talajtípus és nedvesség- tartalom, ^a %	(2) Adott karbamid-N, ppm	Aureofaciens 519		Antibioticus 33		Griseus 118		Chartreusis 328	
		NH ₂ -N, ppm	N, %	NH ₂ -N, ppm	N, %	NH ₂ -N, ppm	N, %	NH ₂ -N, ppm	N, %
a) Agyagos vályog									
30	150	2,9	78,5	2,4	57,1	3,5	59,4	4,5	47,2
	300	3,9	40,3	2,8	29,4	4,0	35,5	4,2	44,2
60	150	3,6	85,3	3,9	67,8	4,3	74,0	3,8	73,0
	300	4,9	50,9	4,5	56,8	5,1	46,4	4,8	44,2
90	150	3,5	72,7	3,6	63,0	3,4	62,0	3,1	60,8
	300	3,1	40,3	3,4	36,6	3,8	41,1	3,3	44,2
b) Homoktalaj									
30	150	2,0	46,8	1,7	38,2	2,0	33,8	2,1	43,3
	300	2,3	32,1	1,9	26,1	2,4	30,5	3,1	31,2
60	150	3,0	53,9	2,2	41,0	2,7	44,8	3,3	63,1
	300	2,5	33,4	2,6	30,0	4,2	44,7	2,8	35,3
90	150	3,3	52,9	2,5	47,5	3,4	63,7	2,6	48,1
	300	2,3	20,2	1,9	16,5	3,7	32,8	3,2	28,0

* A maximális vízkapacitás %-ában.

összevetve mégis úgy tűnik, hogy a talaj víztartóképesége 60%-ának megfelelő nedvesség volt az optimális a karbamid hidrolízise szempontjából. Mindez meg-egyeznek ERNST és MASSEY [12], SIMPSON és MELSTED [34], DELAUME és PATRICK [10], LOW és PIPER [22], SIDDARAMAPPA és RAO [33] adataival, akik megállapították, hogy a karbamid jól hidrolizálódott a légszáraz állapothoz kö-zeli nedvességtartalomtól a vízzel telített állapotig. Kísérletünkben 90%-os ta-lajnedvesség szinten nagyobb mértékben csökkent a karbamid átalakításának mértéke, mint az alacsony nedvességtartalom mellett. Ez várható is volt sugár-gombák esetében, amelyekről közismert, hogy jól tűrik a szárazságot. WANG és munkatársai [36] szerint a vízzel telített talajokban csökkent a karbamid hid-rolízise, de nem befolyásolta azt a talaj levegőzöttsége. Ugyanakkor GASSER [14] a karbamid gyors hidrolízisét tapasztalta elárasztott talajokban.

A 4. táblázat adataiból kitűnik, hogy magasabb karbamid dózisok mellett növekedett az ammónia formájában kiválasztott N-mennyisége, de ugyanakkor csökkent a karbamid átalakításának mértéke a kisebb dózisokhoz viszonyítva. Ennek okai az alábbiak lehetnek:

a) a sugárgombák által kiválasztott ureáz ferment nem elegendő a maga-sabb karbamid dózis teljes hidrolíziséhez;

b) a magasabb karbamid dózis gátolja a mikroszervezetek tevékenységét;

c) párolgás révén bekövetkező ammónia veszteség, különösen alacsony talajnedvességi szint esetében.

OVERREIN és MOE [27] megállapítása szerint az ammónia veszteség ará-nyosan emelkedik a karbamid dózis növelésével, amennyiben az ureázkoncent-ráció a talajban megfelelő. WANG és munkatársai [36] úgy találták, hogy az ala-csony koncentrációban (50 ppm) alkalmazott karbamid veszteség nélkül hidro-lizálódott a talajban. A karbamidformaldehid átalakításának ammónia produk-

ció értékeit és a kísérleti időszak végéig átalakított karbamidformaldehid mennyiségét az 5. táblázatban ismertetjük. Szembetűnő, hogy a karbamidformaldehid lassabban mineralizálódik a sugárgombákkal beoltott talajban, mint a karbamid. A karbamid 14 napig tartó inkubáció alatt nagyobb mértékben hidrolizálódott, mint a karbamidformaldehid 35 napos inkubációja során.

Bár a karbamidformaldehid jóval lassabban alakul át ammóniává a talajban, az 5. táblázaton bemutatott mennyiségi mutatók hasonló tendencia szerint változnak, mint a karbamid esetében.

A vizsgált sugárgombák aktívabbak voltak a karbamidformaldehiddel szemben agyagos vályog talajban, mint a homokban. A legintenzívebb hidrolízis a vízkapacitás 60%-ának megfelelő talajnedvesség mellett volt mérhető. Az alacsonyabb dózisban alkalmazott karbamidformaldehid nagyobb mértékben alakult át ammóniává, mint a magasabb adag. MÜLLER és HEISIG [25], valamint VERTRAETE és munkatársai [37] rámutattak arra, hogy a karbamidformaldehiddel kezelt talajok ureáz aktivitása általában gyenge, de magas dózisai hatására átmenetileg szünetelhet is.

A karbamidformaldehid mint nehezebben hidrolizálódó anyag, lassabban felvehető nitrogénforrás s éppen ezen sajátosságánál fogva számos növény esetében műtrágyaként való alkalmazása elsőrendű jelentőséggel bír. Figyelemre méltó az a körülmény is, hogy a karbamidformaldehid hidrolízise folyamán részlegesen sterilizálódik a talaj, többek között gátolja a gyapot gyökér rothasztó gombák növekedését, amely révén kedvezően befolyásolja a növény fejlődését. E tekintetben EL-SHERBINI [11] közölt részletes tanulmányt.

d) Ureáz aktivitás trágyázott talajokban

Részletesen tanulmányoztuk az eltérő módon trágyázott talajok ureáz aktivitását. A talajmintákat e célból az 1912 óta működő Bahtem-i trágyázási tartamkísérlet parcelláiról gyűjtöttük be. A talajmintákból 50 g-ot mértünk be, bedugaszolt üvegumbikokba, a nedvességet a maximális vízkapacitás 60%-ának megfelelő értékre állítottuk be, majd sterilizáltuk. A beoltás a vizsgált sugárgombák spóra-szuszpenziójával történt. Az inkubációs hőmérséklet 28 °C volt. Az ureáz aktivitást az inkubáció 7., 14., 28. napján határoztuk meg. Az eredményeket az 1. ábrán ismertetjük. A diagramok a 24 óra alatt átalakított karbamid mennyiségét szemléltetik a bevitt karbamid %-ában kifejezve. N műtrágya: kalciumnitrát, P műtrágya: szuperfoszfát, K műtrágya: káliumszulfát formájában volt alkalmazva.

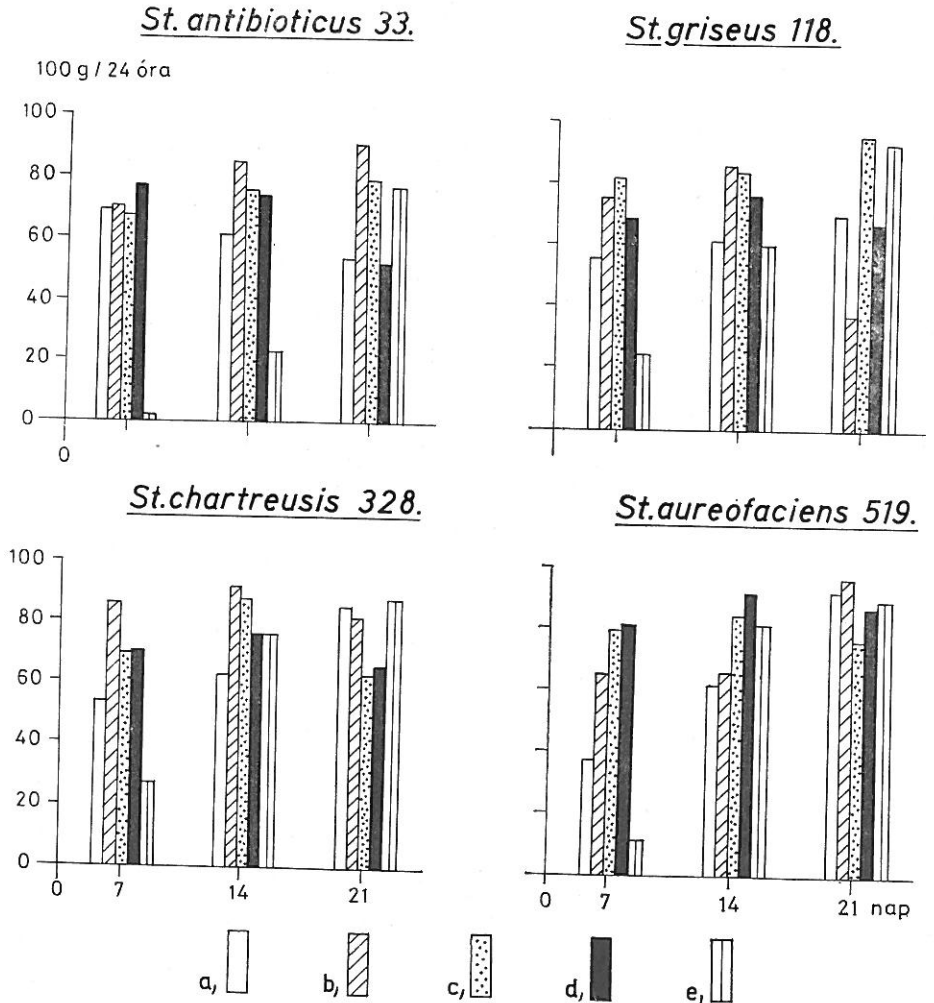
Az 1. ábra adataiból kitűnik, hogy a N, NP és NPK műtrágyázott parcellákról begyűjtött talajminták ureáz aktivitása szignifikánsan felülmúlta a kontroll mintákét. Ugyanakkor az istállótrágyázott parcellákról származó minták ureáz aktivitása szignifikánsan csökkent a kontrollhoz viszonyítva. A tartamkísérletben folyamatosan istállótrágyázott parcellák talajának humusztartalma 2,51%, míg a kontrollé 1,08 volt, az összes nitrogén tartalom is jelentősen eltér 0,153%, míg a kontroll talajban, 0,072% volt. A sugárgombákról közismert, hogy heterotróf szervezetek, így feltételezhető, hogy az istállótrágyázott viszonyok között tevékenységük a könnyen felvehető szervesanyagok transzformációjára irányul.

A szakirodalomban eltérő adatok találhatóak a talajszervesanyag és ureáz aktivitás kapcsolata vonatkozásában. Egyes szerzők úgy találták, hogy az elegendő mineralizálható szervesanyag serkenti a karbamid hidrolízisét CONRAD

[8], GALSZTJAN [13], BALICKA és munkatársa [5], ABD-EL-MALEK [1], HOFMAN és KESSEBA [15], míg mások úgy vélik, hogy a talaj szervesanyag-tartalma nem befolyásolja a karbamid lebontását (KUPREVIC és munkatársai [20]).

e) *Agyagásványok hatása az ureáz aktivitásra*

Nemcsak a talaj tápanyagtartalma, hanem fizikai összetétele, nevezetesen agyagásványtartalma is befolyásolja a talaj ureáz aktivitását. E kérdés tanulmányozása céljából három agyagásvánnyal — montmorillonit, kaolinit és vermikulit — folytattunk vizsgálatokat. Nagyméretű centrifuga csövekbe 50 ml karbamidot tartalmazó módosított összetételű Pridham—Gottlieb-féle



1. ábra

A sugárgombákkal oltott steril talajminták ureázaktivitásának alakulása. Függőleges tengely: Ureáz aktivitás a hidrolizált karbamid %-ában kifejezve, 100 g talaj/24 óra. Vízszintes tengely: inkubációs idő napokban. a) Kontroll; b) Mútrágya; c) NP műtrágya; d) NPK műtrágya; e) Istállótrágya.

6. táblázat

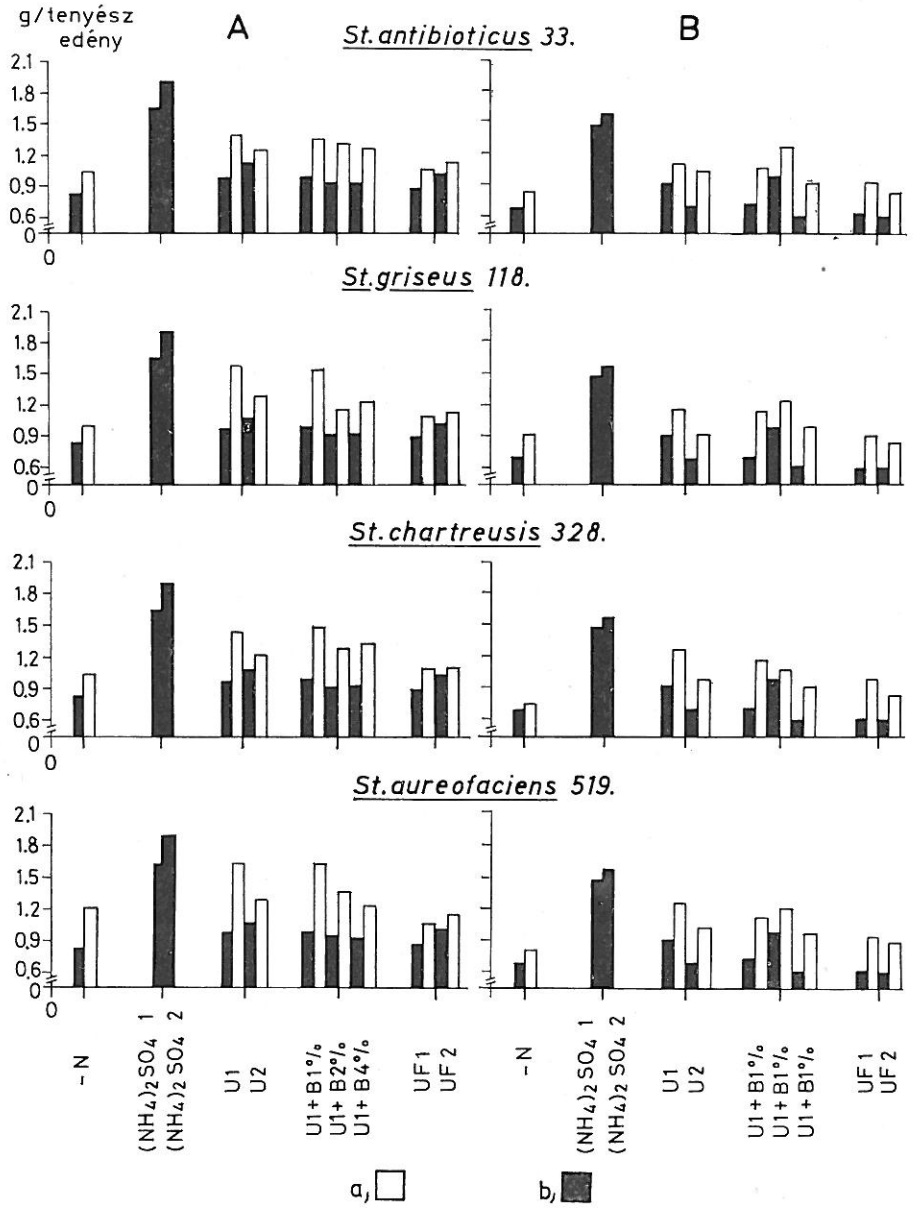
Az agyagásványok hatása a karbamid mineralizációjára.
 A *Streptomyces aureofaciens* 519 törzs kultúrközegének és a reszuszpendált agyagásványok vizes kivonatainak ureáz aktivitása

(1) Agyagásványok		(2) Tenyészfolyadék (felülészó) I. kivonat		(3) A reszuszpendált agyagásványok vizes kivonatai			
megnevezése	mennyi nyis- ge, %	maradék karbamid ppm	I	II	III	IV	
			NH ₃ -N ppm/24 ^h				
Montmorillonit	2	268,0	58,2	131,2	144,3	131,5	
	4	295,5	46,8	89,8	138,6	120,5	
	8	311,8	26,8	65,5	90,3	86,6	
Kaolinit	2	182,7	85,2	125,7	122,9	120,8	
	4	250,2	56,5	95,8	121,6	120,4	
	8	198,6	31,9	80,0	99,6	49,4	
Vermiculit	2	245,8	40,0	143,9	143,7	95,5	
	4	248,5	26,9	134,3	134,3	114,9	
	8	208,3	24,1	126,0	132,4	126,1	

táppoldatot adagoltunk. A táppoldatokba 2, 4, 8% (W/V) mennyiségben agyagásványokat vittünk be. Az így elkészített inkubációs közeghez 2 ml 3,57%-os hexametfoszfát oldatot adagoltunk diszpergáló ágensként, majd három egymást követő napon 100 °C-on 10 percen át sterilizáltuk. A steril közeget a sugárgombák spóra-szuszpenziójával beoltottuk és két héten át 28 °C-on inkubáltuk. Az inkubáció befejeztével meghatároztuk a közegben a visszamaradt karbamid mennyiségét, majd a centrifuga csöveket 18 órán át ráztattuk. Centrifugálás útján elválasztottuk a táppoldatot az agyagásványtól. A felülészó ureáz aktivitását és a visszamaradt karbamid mennyiségét meghatároztuk, az agyagásványokat tartalmazó részt pedig desztillált vízben reszuszpendáltuk, 18 órás ráztatás után e szuszpenziót újból centrifugáltuk, s a felülészót felhasználtuk ureáz aktivitás meghatározásához. E műveletet még két alkalommal megismételtük. A vizsgálati eredményeket a 6. táblázatban ismertetjük. A legmagasabb ureáz aktivitás az agyagásványok harmadik extrakciója során nyert reakcióoldatban volt mérhető. Az agyagásványok negyedik kivonatában az ureáz mennyisége csökkent és kevesebb volt az ammónia formájában kiválasztott nitrogén mennyisége is. A táppoldatokban az agyagásványtartalom növelésével mérséklődött az ureáz aktivitás. A montmorillonit és a kaolinit mennyiségének duplázása esetén a fermentaktivitás szignifikánsan csökkent. Vermikulit jelenlétében a tápközeg ureáz aktivitása mérsékeltebben változott. Ezek összhangban vannak MORTLAND és GIESEKING [24], PINCK és ALLISON [29] azon megállapításaival, hogy az agyagásványok hatására az ureáz aktivitás eltérő mértékben csökken az agyagásványok típusától és adszorpciós kapacitásától függően.

f) *A karbamid vegyületek hatása az árpa növekedésére sugárgombákkal oltott és oltatlan talajokban*

Agyagos vályog és homok talajból 750 g-ot mértünk be üveg tenyészedényekbe. Minden talajmintába 0,5 g szuperfoszfátot homogenizáltunk. A talajokat megnedvesítettük és sterilizáltuk. A megfelelő variánsokat beoltottuk a



2. ábra

A sugárgombákkal oltott árpa növekedése tenyészedény kísérletben karbamid vegyületekkel trágyázott talajokon. Vegetációs időszak: 45 nap. Függetlenes tengely: Az árpa száraztermés-súlya, g/tenyészedény. A) Agyagos vályog. B) Homok talaj. a) Sugárgombákkal oltott talaj. b) Oltatlan talaj. N = Kontroll; 1. 150 ppm N; 2. 300 ppm N; U = karbamid; B = biuret; UF = karbamid formaldehid.

sugárgombák spóra-szuszenziójával. Az oltást követő hetedik napon a tenyész-edényekbe 8 szem árpát vetettünk. Vetés után egy héttel steril oldatok formájában 150, illetve 300 ppm nitrogén dózisnak megfelelő ammóniumsulfát, karbamid, karbamidformaldehid kezelést alkalmaztunk. Külön biuret kezelést nem végeztünk, hanem 150 ppm karbamidot, karbamidformaldehydet szennyeztünk 1, 2 és 4% biurettel. Kezelésenként négy ismétléssel beállított kísérletet üvegházban folytattuk le. A vízpótlást a szükségletnek megfelelően végeztük a 45 napos vegetációs periódus folyamán. A 45. napon a növényeket a talaj felszínén levágtuk és 12 órán át 70 °C-on szárítottuk, mértük a növény száraztermés-súlyát. Az eredményeket a 2. ábrán szemléltetjük.

A 2. ábrán bemutatott eredményekből látható, hogy a különböző sugárgomba törzsek elősegítették az árpa növény számára szükséges nitrogén tápanyag felvételét a karbamid vegyületekből. Karbamid vegyületekkel trágyázott talajokon az árpa szárazsúlya szignifikánsan emelkedett a sugárgombákkal történő oltás hatására. Az egyes törzsek hatása között szignifikáns különbség nem volt. Az ammóniumsulfát könnyebben felvehető volt az árpa növény számára, mint a karbamid vagy a karbamidformaldehid.

A 150 ppm nitrogén hatóanyagot tartalmazó karbamid trágyázás kedvezőbb hatással volt a kísérleti növény termésére, mint a 300 ppm hatóanyagot tartalmazó dózis. Ennek magyarázatát abban látjuk, hogy alacsonyabb koncentrációban alkalmazott karbamid nagyobb mértékben és gyorsabban alakul át ammóniává, mint a magasabb karbamid műtrágya adag. Feltételezhetően a vizsgált talajokban nem volt elegendő ureáz ferment a nagyobb karbamid dózis gyors átalakításához, erre mutatnak előzőekben bemutatott részletes elemzések adatai, és a viszonylag magasabb karbamid tartalom toxikus lehet a talajban fejlődő növényekre. MAHMOUD [23] megállapításai szerint a karbamid 300 ppm N-hatóanyagot tartalmazó dózisa szignifikánsan csökkentette a rizs száraztermés-súlyát és nitrogéntartalmát.

A diagramból kitűnik, hogy a karbamidformaldehid a vizsgált talajokon nehezebben felvehető volt, mint a 4% biurettel szennyezett karbamid. PÁNTOS-NÉ—DERIMOVA, T. és PÁNTOS [28], valamint KNOP [19] rámutatott arra, hogy a karbamidformaldehid nehezebben hidrolizálódik, és nehezebben felvehető, mint a karbamid. LEE [21] közlései szerint, amennyiben növeljük a karbamid molekuláris arányát a formaldehydhez viszonyítva, úgy javul a karbamidformaldehid felvehetősége.

A biuret agyagos vályog talajon nem befolyásolta szignifikánsan az árpa növekedését és nitrogénfelvételét. Csupán laza homoktalajon csökkent szignifikánsan a 4% biurettel szennyezett karbamid hatására a kísérleti növény szárazanyag-produktuma.

Low és PIPER [22] rámutattak arra, hogy a biuret elsősorban a természet növényre gyakorol toxikus hatást. Vizsgálataik szerint eltérő körülmények között 2,5—8,6% biuret jelenlétében jelentkezhethet a gátló hatás. Ugyanakkor megállapításaik szerint az ureáz aktivitás mértékét a szennyező biuret koncentrációk nem befolyásolták.

A vizsgálati eredmények alapján a karbamid vegyületek felvehetősége tekintetében az alábbi sorrend állapítható meg: Ammóniumsulfát > karbamid > biurettel szennyezett karbamid > karbamidformaldehid.

Összefoglalás

A sugárgombák 12 szériájába tartozó 60 törzs hidrolizálta a karbamid vegyületeket. Egyazon szériába tartozó sugárgombák karbamidbontó képessége jelentősen különbözött. A legaktívabb törzsek az *Aureofaciens*, *Antibioticus*, *Griseus*, *Chartreusis* és a *Violaceoruber* szériákból kerültek ki. A magas karbamid dózissal szemben az *Aureofaciens* 519. sz. és az *Antibioticus* 33. sz. törzs volt a leginkább toleráns. A legaktívabb karbamidbontó törzsek gyorsabban hidrolizálták a karbamidot és karbamidformaldehidet agyagos vályog talajban, mint laza homokban. Alacsonyabb dózisban alkalmazott karbamid vegyületek nagyobb mértékben hidrolizálódtak ammóniává, mint a magasabb dózissal. A karbamid hidrolízisét a talaj eltérő nedvességtartalma csak mérsékelten befolyásolta. A maximális vízkapacitás 60%-ának megfelelő nedvesség volt az optimális.

A karbamidformaldehid lassabban mineralizálódott, mint a karbamid.

Rendszeresen alkalmazott komplett műtrágyák szignifikánsan serkentették a karbamidbontó sugárgombák ureáz aktivitását. Az egyedül adott kalcium-nitrát is szignifikánsan fokozta a karbamid hidrolízisét. Rendszeres szerves trágyázás szignifikánsan csökkentette az ureáz aktivitást.

Agyagásványok jelentős mértékben befolyásolták az ureáz aktivitást, mennyiségük növelésével csökkent a ferment aktivitás az agyagásványok típusától és adszorpciós kapacitásától függően.

Karbamidbontó sugárgombákkal történő oltás hatására szignifikánsan emelkedett a karbamid vegyületekkel trágyázott talajokon természetett árpa légszáraz súlyban kifejezett szervesanyag-hozama. A 4% biurettel szennyezett karbamid nem volt szignifikánsan toxikus az árpa növényre.

A karbamid vegyületek felvehetősége tekintetében az alábbi sorrend állapítható meg: Ammóniumsulfát > karbamid > biurettel szennyezett karbamid > karbamidformaldehid.

Irodalom

- [1] ABD-EL-MALEK, S. M.: Enzymatic activities in soils as indicators of fertility. M. Sc. Thesis. Cairo Univ. 1973.
- [2] ALEXANDER, M.: Introduction to Soil Microbiology. Wiley. London. 1961.
- [3] ALLAM, F.: The Koenig method for the determination of available soil nitrogen. *Analyt. Agric. Chem. Part 1. (in Arabic)* 1951.
- [4] ANDERSON, J. R.: Inhibition of soil urea hydrolysis. *Imperial Chem. Indust. Ltd. Brit. J.* (142): 245. 1962.
- [5] BALICKA, N. & SOCHACKA, Z.: Zagadnienie acywnosci biologicznej gleb lekkih. *Zesz. Problem. Poster. Nauk. Roln.* **21**. 257–265. 1959.
- [6] BROADBENT, F. E., HILL, G. N. & TYLER, K. B.: Transformations and movement of urea in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **22**. 303–307. 1958.
- [7] CARPENA, A. O., ORTUNO, M. A. & COSTA, Y. F.: Hydrolysis and nitrification of urea in soil. *Agrochimica.* **10**. 305–321. 1966.
- [8] CONRAD, J. P.: Hydrolysis of urea in soils by thermolabile catalysis. *Soil Sci.* **49**. 253–263. 1940.
- [9] DAS, A. C. & KHAN, J. A.: Ureolytic bacteria in soil. 11. Their prevalence and activity in different soils of Bihar. *Technology India.* **3**. 22–28. 1965.
- [10] DELAUME, R. D. & PATRICK, W. H.: Urea conversion to ammonia in waterlogged soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **34**. 603–607. 1970.
- [11] EL-SHERBINT, M. A.: Effect of root exudates and various nitrogen sources on the growth of fungi which cause Verticillium wilt of cotton. Ph. D. Thesis. Leningrad 1974.

- [12] ERNST, J. W. & MASSEY, H. F.: The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in soil. *Soil Sci. Amer. Proc.* **24**. 87-90. 1960.
- [13] GALSZTJAN, A. S.: Fermentativnaja aktivnoszt' nekotorih tipov pocsv Armenii. Szobscsenie IV. Ob aktivnoszti ureazü v pocsve. *Dokladü AN Arm. SSR.* **25**. (5) 29-32. 1958.
- [14] GASSER, J. K.: Some factors affecting losses of ammonia from urea and ammonium sulphate applied to soils. *J. Soil Sci.* **15**. 258-272. 1964.
- [15] HOFMAN, E. & KESSEBA, A.: Untersuchungen über Enzyme in Ägyptischen Boden. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenkd.* **99**. 9-20. 1962.
- [16] IBRAHIM, A. N.: Streptomycetes population of the soil and rhizosphere of berseem and lucerne. *Al-Azhar Bull. of Agric. Sciences. Cairo.* 1976.
- [17] IBRAHIM, A. N., OMAR, M. A. & MAHMOUD, M. H.: Occurrence and activity of ureolytic bacilli in soils. *Zbl. Bakteriöl. Abt. II.* **129**. 669-674. 1974.
- [18] JACKSON, M. L.: *Soil Chemical Analysis.* Prentice-Hall of Indian Private Ltd., New Delhi. 1973.
- [19] KNOP, K.: Einfluss des Harnstoffes und der Harnstoff-Formaldehyd-Verbindungen (Ureaforme) auf den Ertrag und die Qualität einiger Feldfrüchte. *Albrecht-Thaer-Archiv.* **9**. 1011-1022. 1965.
- [20] KUPREVIC, V. F., SCSEBAKOVA, T. A. & CJUPA, G. P.: Ureaz aktivnoszt' pocsv. *DAN BSSR.* **10**. 336-338. 1966.
- [21] LEE, C. C.: The application of ureaformaldehyde on the sandy paddy field of the tidal land in Taiwan. *Soils Fert. Taiwan* 80-81. 1970.
- [22] LOW, A. J. & PIPER, F. J.: The ammonification and nitrification of urea with and without biuret. *J. Agric. Sci.* **75**. 301-309. 1970.
- [23] MAHMOUD, H. M.: Chemical and microbiological studies in paddy soils. Hydrolyzation of urea. M. Sc. Thesis. Al-Azhar Univ. Cairo. 1973.
- [24] MORTLAND, M. M. & GIESEKING, J. E.: The influence of clay minerals on the enzymatic hydrolysis of organic phosphate compounds. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **16**. 11-13. 1952.
- [25] MÜLLER, G. & HEISIG, W.: Zur Freisetzung von auslaugbarem Stickstoff aus Ureafoim durch Mikroorganismen. *Zbl. Bakt. II.* **125**. 23-38. 1970.
- [26] NAGUIB, M. I.: On the colorimetry of nitrogen components of plant tissues. *Bull. Fac. Agric. Sci. Cairo Univ.* **43**. 1-5. 1969.
- [27] OVERREIN, L. N. & MOE, P. G.: Factors affecting urea hydrolysis and ammonia volatilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **31**. 57-61. 1967.
- [28] PANTOSNÉ DERIMOVA, T. & PÁNTOS, Gy.: „Ureaform” készítmények mineralizálódása a kukorica gyökérszónájából izolált baktériumok hatására. *Agrokémia és Talajtan.* **8**. 313-320. 1959.
- [29] PINCK, L. A. & ALLISON, F. E.: Adsorption and release of urease by and from clay minerals. *Soil Sci.* **91**. 183-188. 1961.
- [30] PIPER, C. S.: *Soil and Plant Analysis.* The Univ. of Adelaide. Australia. 1947.
- [31] RUSSELL, J. A.: Colorimetric estimation of small amounts of ammonia by phenol hypochlorite reactions. *J. Biol. Chem.* **156**. 457. 1944.
- [32] SHIRLING, E. B. & GOTTLIEB, D.: Methods for characterization of Streptomyces species. *Intern. J. System. Bact.* **16**. 313-340. 1966.
- [33] SIDDARAMAPPA, R. & RAO, T. S.: Mineralization of urea in some soils of Mysore State. *Mysore J. Agr. Sci.* **5**. (2) 150-158. 1971.
- [34] SIMPSON, D. M. & MELSTED, S. W.: Urea hydrolysis and transformation in some Illinois soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **27**. 48-50. 1963.
- [35] STOJANOVIC, B. J.: Hydrolysis of urea in soil as affected by season and by added urease. *Soil Sci.* **88**. 251-255. 1958.
- [36] WANG, C. H., TSENG, Y. I. & PUH, W. S.: Urea in Taiwan soils. *Taiwan Agric. Res. Inst. Taiwan Soils Fert.* 14-25. 1966.
- [37] WERTHAETE, W. et al.: The influence of Croctodur, Isodur and Nitroform on some microbiological populations and processes. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenkd.* **135**. 258-265. 1973.
- [38] ZAYED, M. N.: Effect of moisture reaction and soil type on nitrification and loss of nitrogen. *Zbl. Bakt. Abt.* **126**. 610-614. 1971.

Érkezett: 1976. október 29.

Hydrolysis of Urea Compounds by Streptomyces

A. N. IBRAHIM and M. H. MAHMOUD

Department of Agricultural Botany, Faculty of Agriculture, Al-Azhar University, Cairo (U.A.R.)

Summary

Sixty strains of *Streptomyces* belonging to 12 series were able to hydrolyze urea in solutions. *Aureofaciens*, *Antibioticus*, *Griseus*, *Chartreusis* and *Violaceoruber* contained the most active strains in this respect. *Aureofaciens* 519 followed by *Antibioticus* 33 were found to be the most tolerant strains to the high doses of urea. Hydrolyzation rates of urea and ureaformaldehyde, by the most active strains, were found to be more higher in the clay loam than in the sandy soil.

More urea-N was converted with the lowest dose than the highest doses of added urea-compounds. Ureaformaldehyde showed a slower rate of mineralization than urea.

Continuous application of a complete mineral fertilizer, significantly stimulated, the continuous application of farm-yard manure and significantly depressed the ureolytic activity.

Urease activity of *S. aureofaciens* 519 was greatly affected by the highest rate of clay minerals.

Inoculation with the uro-*Streptomyces* significantly increased the dry matter yield and nitrogen uptake by barley plants grown in the clay loam and sandy soils. No significant difference was recorded between the different strains in this respect. The higher doses of urea-compounds were found to be less effective in this respect.

Urea contaminated with biuret, even at 4%, showed no significant toxicity on plant growth. The availability of urea-compounds could be arranged in the following decreasing order: Ammonium sulphate > urea > urea contaminated with biuret > ureaformaldehyde.

Table 1. Main chemical characters of the investigated soils. (1) Nomination and origin of soil: a) Clay loam. b) Sand. (2) Organic matter. (3) Total-N. (4) Total soluble salt.

Table 2. Ureolytic activity of ray fungi belonging to different *Streptomyces* series, (NH₃-N, mg/100 ml medium/24 hr). (1) *Streptomyces* series. (2) Number of the strains of ray fungi. (3) % of total isolates. (4) Amount of the formed NH₃-N: NH₃ production and average.

Table 3. NH₃ production of ray fungi (NH₃-N, mg/100 ml medium) and the rate of urea hydrolysis (%) in nutrient solution with increasing concentration.

Table 4. Rate of urea hydrolysis in soils under different levels of moisture. (1) Soil type and moisture content in % of the maximal water capacity. a) Clay loam. b) Sandy soil. (2) Urea-N ppm added.

Table 5. Rate of ureaformaldehyde analysis in soils under different levels of moisture. Notes see: Table 4.

Table 6. Effect of clay minerals on the mineralization of urea. Urease activity of medium of *Streptomyces aureofaciens* 519 strain and the water extracts of the resuspended clay minerals. (1) Nomination and quantity of clay minerals. (2) Nutrient liquid (supernatant) I. extract. Rest of urea ppm. (3) Water extracts of the resuspended clay minerals.

Fig. 1. Urease activity of sterile soil samples inoculated with ray fungi. Vertical axis: Urease activity expressed in % of urea, 100 g soil/24 hrs. Horizontal axis: Incubation time in days. a) Control.; b) Fertilizer; c) NP-fertilizer; d) NPK-fertilizer; e) Farmyard manure.

Fig. 2. Growth of barley inoculated with ray fungi in pot experiment on soils fertilized with urea compounds. Vegetation period: 45 days. Vertical axis: Dry matter yield of barley, g/pot. A) Clay loam. B) Sandy soil. a) Soil inoculated with ray fungi. b) Uninoculated soil. N = Control. 1. 150 ppm N. 2. 300 ppm N. U = Urea. B = Biuret. UF = Ureaformaldehyde.

Hidrolisis de los compuestos de urea por los hongos de rayo

A. N. IBRAHIM y M. H. MAHMOUD

Departamento de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Al-Azhar, Cairo, Egipto

Resumen

60 cepas de los hongos de rayo pertenecientes a 12 especies de *Streptomyces* eran capaces de hidrolizar el urea en solución. Las más activas eran las cepas de las especies de *S. aureofaciens*, *S. antibioticus*, *S. griseus*, *S. chartreusis* y *S. violaceoruber*. Las más toleran-

tes eran las cépas de *S. aureofaciens* 519 y *S. antibioticus* 33 frente a las elevadas dosis de urea. La hidrólisis de urea y ureaformaldehído ocurrió más rápido en el suelo loam arcilloso que en el suelo arenoso.

Los compuestos de urea aplicados en dosis baja se hidrolizaron al amoníaco en más alto grado que las dosis más elevadas.

El ureaformaldehído se mineralizó más lentamente que el urea.

La actividad ureolítica era estimulada significativamente por los fertilizantes completos aplicados sistemáticamente y al contrario la fertilización orgánica significativamente disminuyó la actividad ureolítica. La ureasa actividad de *S. aureofaciens* 519 influida considerablemente por la dosis más elevada de los minerales de arcilla (8%).

En consecuencia de la inoculación con hongos de rayo capaces de decompone el urea, la producción de materia seca de la cebada y la absorción del nitrógeno aumentó significativamente en los suelos loam arcilloso y arenoso fertilizados con urea.

El urea contaminado con 4% biuret no tenía ningun efecto toxico al desarrollo de la cebada.

Para la absorción de los compuestos de urea se puede establecer el siguiente orden de sucesión disminuyente: Sulfato de amonio > urea > urea contaminado con biuret > ureaformaldehído.

Tabla 1. Características químicas más importantes de los suelos investigados. (1) Denominación y origen del suelo. a) Loam arcilloso; b) Suelo arenoso. (2) Materia orgánica. (3) Total-N. (4) Sales solubles totales.

Tabla 2. Actividad ureolítica de los hongos de rayo pertenecientes a las distintas especies de Streptomycetos ($\text{NH}_3\text{-N}$, mg/100 ml del medio/24 h). (1) Especie de Streptomycetos. (2) Numero de cepas de los hongos de rayo separadas. (3) Expresado en % del total. (4) La cantidad de $\text{NH}_3\text{-N}$ formado: producción de NH_3 y promedio.

Tabla 3. La producción de NH_3 por los hongos de rayo ($\text{NH}_3\text{-N}$, mg/100 ml del medio) y el grado de la transformación de urea (%) en soluciones de creciente concentración.

Tabla 4. El grado de la hidrólisis del urea en los distintos suelos con diferente contenido de humedad. (1) El tipo de suelo y el contenido de humedad en % de la capacidad máxima al agua. a) Loam arcilloso; b) Suelo arenoso. (2) Urea-N añadido, ppm.

Tabla 5. El grado de la hidrólisis del ureaformaldehído en los distintos suelos con diferente contenido de humedad. Notas segun la Tabla 4.

Tabla 6. El efecto de los minerales de arcilla sobre la mineralización de la urea. Ureasa actividad del medio vegetativo de la cepa *S. aureofaciens* 519 y de los extractos de agua de los minerales de arcilla resuspendidos. (1) Denominación y cantidad de los minerales de arcilla. (2) Medio vegetativo (sobrenadante). Extracto I. Urea residual, ppm. (3) Extractos de agua de los minerales de arcilla resuspendidos.

Figura 1. La ureasa actividad de las muestras de suelo estériles inoculadas con hongos de rayo. Eje vertical: Ureasa actividad expresada en % de la urea hidrolizada, 100 g de suelo/24 h. Eje horizontal: Tempo de incubación en días. a) Sin tratamiento; b) Fertilizante; c) Fertilizantes NP; d) Fertilizantes NPK; e) Abono orgánico.

Figura 2. El crecimiento de la cebada inoculada con los hongos de rayo en macetas en los suelos fertilizados con los compuestos de urea. Período de la vegetación: 45 días. Eje vertical: Materia seca de la cebada g/maceta. A) Loam arcilloso; B) Suelo arenoso; a) Suelo inoculado con hongos de rayo; b) Suelo sin inoculación N = Sin tratamiento I. N 150 ppm. S. N 300 ppm. U = Urea, B = Biuret, UF = Ureaformaldehído.

Гидролитическое расщепление соединений мочевины лучистыми грибами

А. Н. ИБРАХИМ и М. Х. МАХМУД

Университет Ал-Азхар, Сельскохозяйственный факультет, кафедра сельскохозяйственного растениеводства, Каир (А. Р. Е.)

Резюме

Изучали гидролитическое расщепление соединений мочевины 60 штаммами лучистых грибов, относящихся к 12 рядам *Streptomyces* sp. Лучистые грибы одного ряда весьма различались по своей способности разлагать мочевины. Самые активные штаммы относились к *Aureofaciens*, *Antibioticus*, *Griseous*, *Chartreosis*, *Violaceoruber*.

Толерантными к высоким дозам мочевины оказались штаммы *Aureofaciens* 519 и *Antibioticus* 33. Самые активные мочевиноразлагающие штаммы на песчаной почве быстрее гидролизуют мочевину и мочевиновый формальдегид, чем на тяжелосуглинистых почвах. Соединения мочевины, вносимые в малых дозах, в более значительной степени гидролизуются до аммиака по сравнению с высокими дозами. Влажность почвы оказала весьма незначительное влияние на гидролитическое расщепление соединений мочевины. Оптимальной являлась влажность, составляющая 60 % от максимальной влагоемкости. Минерализация мочевинового формальдегида проходила медленнее минерализации мочевины.

Систематическое внесение комплекта минеральных удобрений достоверно стимулировало уреазную активность лучистых грибов, разлагающих мочевину. Нитрат кальция достоверно повышал гидролиз мочевины.

Систематическое внесение органических удобрений достоверно снижало уреазную активность.

Глинистые минералы оказали значительное влияние на активность уреазы, с увеличением их содержания снижалась ферментативная активность в зависимости от типа глинистых минералов и от ёмкости поголощения.

Под влиянием инокуляции лучистыми разлагающими мочевину достоверно повысился урожай сухой массы ячменя, выращенного на почвах удобренных мочевиной. Мочевина, содержащая 4% биурета, не оказала достоверного токсического влияния на растения ячменя.

В отношении усвояемости соединений мочевины можно установить следующий ряд: сульфат аммония > мочевина > мочевина, содержащая 4% биурета > мочевиновый формальдегид.

Табл. 1. Основные химические свойства почв, использованных в опытах. (1) Название почвы, место нахождения. а) Тяжелый суглинок. б) Песок. (2) Органическое вещество. (3) Общий азот. (4) Общее содержание растворимых солей.

Табл. 2. Способность лучистых грибов, относящихся к различному ряду *Streptomyces*, разлагать мочевину (количество аммиачного азота, выделенного за 24 часа в мг/100 мл питательного раствора). (1) Серия *Streptomyces* (2) Число изолированных штаммов лучистых грибов. (3) Штаммы в % от всего изолятума. (4) Количество образованного аммиачного азота: выход аммиака и среднее.

Табл. 3. Продуцирование аммиака лучистыми грибами (мг аммиачного азота/100 мл культуральной среды) и величина преобразования мочевины (%) в питательной среде повышающейся концентрации.

Табл. 4. Гидролиз мочевины в различных почвах при различной влажности. (1) Тип почвы и влажность в % от максимальной влагоемкости. а) Тяжелый суглинок. б) Песчаная почва. (2) Азот внесенной мочевины в п.м.

Табл. 5. Гидролиз мочевинового формальдегида в различных почвах при различной влажности. Обозначения смотри в таблице 4.

Табл. 6. Влияние глинистых минералов на минерализацию мочевины. Уреазная активность культуральной среды штамма *Streptomyces aureofaciens* 519 и водной вытяжки ресуспендированных глинистых минералов. (1) Название глинистых минералов и их количество. (2) Культуральная жидкость (плавающая на поверхности). 1. вытяжка. Остаток мочевины в п.м. (3) Водные вытяжки ресуспендированных глинистых минералов.

Рис. 1. Уреазная активность стерильных почвенных образцов инокулированных лучистыми грибами. По вертикальной оси: уреазная активность выраженная в % от гидролизованного карбамида, 100 г почвы/24 часа. По горизонтальной оси: время инкубирования в днях. а) Контроль. б) Минеральное удобрение. с) N P минеральное удобрение. д) NPK минеральное удобрение. е) Навоз.

Рис. 2. Рост и развитие ячменя, инокулированного лучистыми грибами, в вегетационных опытах на почвах удобренных мочевиной. Вегетационный период: 45 дней. По вертикальной оси: Сухой вес урожая ячменя, г) сосуд. А) Тяжелый суглинок. В) Песчаная почва. а) Почва инокулированная лучистыми грибами. б) Почва без инокуляции. N = контроль. 1. 150 п.м N. 2. 300 п.м N. U = мочевина. В = биурет. UF = мочевиновый формальдегид.