

Homokpusztagyepék természetvédelmi restaurációja a talaj-nitrogén immobilizációjával

1. Laboratóriumi inkubációs vizsgálatok

¹ SZILI-KOVÁCS TIBOR, ¹ TÓTH TIBOR, ² HALASSY MELINDA és
² TÖRÖK KATALIN

¹ MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest és
² MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót

A talaj mikrobiális közösségének fontos szerepet tulajdonítanak az ökoszisztémák fejlődésében, azonban az eddigi szórványos kutatások eredményei eléggé ellentmondásosak (CLARHOLM, 1985; CHANWAY et al., 1991). Míg a szántóföldi növénytermesztésnél a magas terméshozamok biztosítása érdekében mesterséges N-bevitelre van szükség, a stabil és diverz gyepvegetációnál a nagy ásványi-N-tartalom kedvezőtlen, mivel ez gyakran a természetvédelmi szempontból értéktelen, sok esetben káros gyomok elszaporodásának kedvez.

A növényi produkciót gyakran a talajban felvehető nitrogén mennyisége korlátozza, ami trágyázatlan területeken szinte kizárólag a mikrobiális mineralizáció sebességétől függ. Ezzel szemben a mikrobiális produkció a talajban lebontható szerves-C-vegyületek mennyiségétől függ, amit elsősorban a talajba került elhalt növényi részek mennyisége határoz meg. Ez mutatja a primer producens és dekomponáló rendszerek kölcsönös függését. A talaj felvehető N-tartalmának összefüggéseit a hazai talajok szervesanyag-tartalmával régóta tanulmányozzák (NÉMETH, 1996). A talaj felvehető N-formáiban és mennyiségében megmutatkozó különbségek összefüggést mutatnak a növényfajok életstratégiájával (WESTMAN, 1981; SMITH & RICE, 1983; TILMAN, 1987; INOUE et al., 1987; ZAK & PREGITZER, 1988) és a közösségek szukcessziós helyzetével (TITLYANOVA, 1982; ROBERTSON et al., 1988; MCLENDON & REDENTE, 1992). Amennyiben a talaj felvehető N-tartalma az ökoszisztémán belül nem válik limitáló tényezővé, akkor a fajgazdagság jelentősen lecsökken (VERMEER & BERENDSE, 1983) és tartós gyomvegetáció alakul ki. A talaj ásványi-N-tartalmának csökkentése céljából MCLENDON és REDENTE (1992) könnyen hasznosítható szénforrást (szacharózt) alkalmaztak szabadföldi kísérletben. Megállapították, hogy a korai szukcessziós gyomok dominanciája csökkenthető, a szukcesszió menete pedig az eredeti életközösség irányában gyorsítható a talaj ásványi-N-tartalmának mesterséges manipulációjával, a N-immobilizáció fokozásával.

A talajokba juttatott szerves anyagok lebomlásának tanulmányozása magyarázatot adhat a talaj ásványi-N-tartalom alakulására, az immobilizációs és mineralizációs folyamatok dinamikájára (GULYÁS et al., 1990; GULYÁS & FÜLEKY, 1994; SZEGI et al., 1984, 1988). Ezek a folyamatok nagymértékben függnnek az abiotikus tényezőktől, melyek közül a talajnedvesség hatását (SZEGI, 1962; AZAM et al., 1988; WILSON & GRIFFIN, 1975), a hőmérsékletét (DE NEVE et al., 1996), illetve a kettő kombinációját (WILDUNG et al., 1975) intenzíven tanulmányozzák. Szénhidrátokkal kezelt talajok esetében (1 g/kg talaj glükóz, szacharóz és cellulóz) AZAM és munkatársai (1988) azt tapasztalták, hogy cukrok hatására a kezdeti gyors N-immobilizáció után 2 héttel megindult a remineralizáció, míg cellulóz alkalmazása esetén, 8 hét elteltével sem indult meg az ásványi-N-tartalom növekedése a talajban. A búzaszalma a talajban a talajnedvességtől és a felvehető N mennyiségétől függően fokozta a N-immobilizációt szabadföldi kísérletben (ANDRÉN et al., 1993). Alacsony talajnedvesség esetén a mikrobiális aktivitás is alacsony maradt és ez kismértékű N-immobilizációt eredményezett. A nagy nedvességtartalom (az öntözés hatására) viszont lecsökkentette a felvehető N mennyiségét a talaj felső rétegében és ezáltal csökkent a búzaszalmát kolonizáló mikroorganizmusok által immobilizált nitrogén mennyisége.

A Kiskunsági Nemzeti Park fülöpházi területén a néhány évvel korábban felhagyott szántók területe jelenleg erősen elgyomosodott. Közvetlen közelben megtalálhatók azok a növénytársulások, ahonnan az eredeti fajok visszatelepülése megindulhat. Ez valószínűleg természetes úton is bekövetkezik, de a folyamat gyorsítása érdekében a talaj N-transzformációs folyamataiba beavatkozunk a mikrobiális N-immobilizáció fokozásával.

Feltételeztük tehát, hogy a talaj ásványi-N-tartalmának alacsony szinten tartásával növelhetjük a terület eredeti növénytársulását alkotó növényfajok kompetíciós képességét az r-stratégista egynyári gyomokkal szemben. Ennek érdekében arra kerestük a választ, hogy különböző szénforrások hogyan befolyásolják a N-immobilizáció mértékét laboratóriumi körülmények között eltérő talajnedvesség-tartalom mellett. A szénforrások kiválasztásának szempontja a különböző lebomlási sebesség mellett a szabadföldön történő alkalmazhatóság volt. Azt feltételeztük, hogy a gyorsan lebomló szénforrások (szacharóz, keményítő) alkalmazásával rövid ideig tartó, de nagymértékű N-immobilizáció érhető el. Tartós, de ugyanakkor kisebb mértékű N-immobilizációt feltételeztünk a lassabban lebomló (cellulóz és fűrészpor) C-források esetében.

A kísérlet további célja a szabadföldi körülmények között alkalmazható szénforrások kiválasztása és az alkalmazandó mennyiség meghatározása volt.

Anyag és módszer

A Kiskunsági Nemzeti Park fülöpházi területén található felhagyott tanyáról (Fabóktanya) a talaj felső 20 cm-es rétegeből vettünk nagy tömegű mintát a la-

boratóriumi inkubációs kísérlet céljaira. A mintavételi területet meszes, alacsony szervesanyag-tartalmú homoktalaj jellemzi (SZILI-KOVÁCS et al., 2000).

A N-immobilizáció hatékonyságának ellenőrzésére különböző szénforrások alkalmazásával laboratóriumi kísérletet állítottunk be. A szénforrásokat úgy választottuk ki, hogy lebomlási sebességük eltérő legyen. Egy gyorsan lebomló (répacukor), egy közepes sebességgel lebomló (MAVICELL cellulózgyöngy) és egy lassan lebomló természetes (faforgács) szénforrást választottunk ki és hatásukat külön-külön és kombinációikban vizsgáltuk. A MAVICELL cellulózgyöngy 3-4 mm átmérőjű gömbölyű, mikrocellás szerkezetű, cellulóz alapanyagú termék.

Az ortogonális polinomok módszerével (BICZÓK et al., 1994) négyfaktoros talajinkubációs kísérletet állítottunk be, valamennyi vizsgált tényező öt eltérő szintjének megfelelően. A kísérlethez kvadratikus modellt választottunk, mivel korábbi vizsgálataink alapján esetleges kvadratikus hatásokkal számoltunk (SZILI-KOVÁCS et al., 1993).

A kvadratikus modell:

$$N = B_0 + B_1 \cdot Su + B_2 \cdot Ce + B_3 \cdot Sd + B_4 \cdot M + B_5 \cdot M \cdot Su + B_6 \cdot M \cdot Ce + B_7 \cdot M \cdot Sd + B_8 \cdot Sd \cdot Su + B_9 \cdot Sd \cdot Ce + B_{10} \cdot Ce \cdot Su + B_{11} \cdot Su^2 + B_{12} \cdot Ce^2 + B_{13} \cdot Sd^2 + B_{14} \cdot M^2$$

ahol N = a számított felvehető N (mg/kg talaj) mennyisége egy adott időpontban, B₀-B₁₄ = a modell paraméterek, Su = répacukor (g/kg), Ce = cellulóz (g/kg), Sd = fűrészpor (g/kg), M = talajnedvesség (súly %).

A vizsgált faktorok szintjei a következők voltak:

1. talajnedvesség: 1,20; 2,40; 4,80; 7,18 és 9,58 súly %-ban,
2. répacukor : 0, 1, 2, 3 és 4 g/kg mennyiségben,
3. MAVICELL-cellulózgyöngy: 0, 1, 2, 3 és 4 g/kg mennyiségben,
4. akácfa fűrészpor: 0, 1, 2, 3 és 4 g/kg mennyiségben.

A modell alapján készített kísérleti tervben összesen 36 beállítás szerepelt, ezen belül 1-16-ig az ún. közbülső pontok (az 1 és 3 g/kg szénforrás, valamint a 2,40 és 7,18 % talajnedvesség értékek), 17-24-ig a minimum és maximum pontok (0 és 4 g/kg szénforrás, valamint 1,20 és 9,58 % talajnedvesség), 25-36-ig a középponti kezelések (2 g/kg szénforrás, valamint 4,80 % talajnedvesség, mivel ezek azonos beállítások, ezért egyben ismétlések is).

A négyfaktoros kvadratikus kísérletet kibővítettük a következő kezelésekkel, melyeknél a talajnedvességet egységesen 4,80 %-ra állítottuk:

1. kontroll, C-forrás és nitrát nélkül
 2. kontroll, C-forrás nélkül nitrát hozzáadásával
 3. szacharóz+ cellulózgyöngy + fűrészpor (2-2-2 g/kg) nitrát hozzáadása nélkül
 4. csak szacharóz (2 g/kg) + nitrát
 5. csak cellulózgyöngy (2 g/kg) + nitrát
 6. csak fűrészpor (2 g/kg) + nitrát
- 7-9. u.a. mint a 4-6. de a szénforrásokat nem kevertük a talajba, hanem a felszínre adagoltuk.

10. keményítő (2 g/kg)
11. keményítő (2 g/kg) + nitrát
12. keményítő + szacharóz (2–2 g/kg) + nitrát
13. keményítő + fűrészpor (2–2 g/kg) + nitrát
14. keményítő + szacharóz + fűrészpor (2–2–2 g/kg) + nitrát

500 gramm talajt mértünk be egy-egy 600 cm³-es, 7 cm átmérőjű műanyag edénybe. A szénforrásokat és ezek kombinációit különböző, állandó talajnedvességszintek között, 22 °C-on inkubáltuk. A talajminta eredeti felvehető N-tartalma 3–8 mg/kg talaj között volt. Annak érdekében, hogy a különböző típusú és eltérő mennyiségben alkalmazott szénforrások hatása között jól mérhető különbségeket kapjunk, KNO₃ hozzáadásával (50 mg N/kg talaj) megnöveltük a talaj felvehető N-tartalmát. A talaj szükséges mértékig történő nedvesítése is a KNO₃-oldat hozzáadásával történt (kivéve a nitrátmentes variánsokat, ahol desztillált vizet alkalmaztunk).

A talaj ammónium- és nitrát-N-tartalmát az inkubáció 1., 3., 8., 15., 29., 42. és 78. napján mértük vízgőz desztillációs módszerrel (BREMNER, 1965). A talajnedvességet kétnaponta ellenőriztük és az elpárolgott vizet pótoltuk.

Eredmények

A négyfaktoros talajinkubációs kísérlet paramétereit valamennyi időpontra meghatároztuk (1. táblázat). A modell determinációs koefficiensei minden esetben 0,8 felettiak voltak.

A modellben elsősorban a B0–B4 lineáris tagok regressziós paramétereit voltak szignifikánsak, kivéve a MAVICELL-cellulózgyöngyhöz tartozó paramétert, míg a kölcsönhatás és kvadratikus tagok általában nem. A kvadratikus tagok közül csak a szacharóz paramétere volt szignifikáns, elsősorban az inkubáció kezdeti szakaszában. A mért értékek átlagai és a modell alapján becsült értékek a legtöbb esetben jó egyezést mutattak, a szórványosan előforduló nagyobb eltérések nem mutattak összefüggést semmilyen kezeléssel, így ezek mintavételi vagy mérési hibából származhattak.

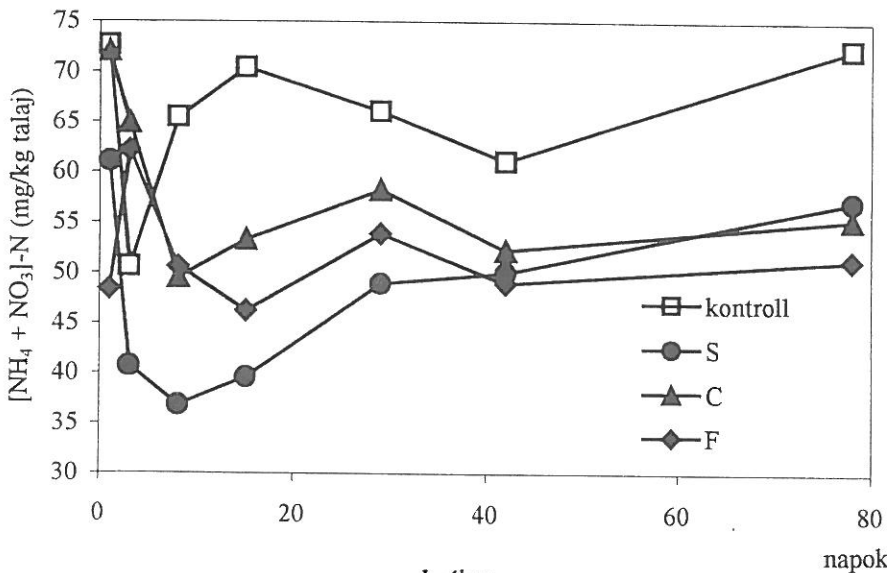
Valamennyi szénforrás talajhoz történő hozzáadása csökkentette a talaj felvehető N-tartalmát (1. ábra), de a hatás mértéke és időbeli kiterjedése a szénforrás típusától függött.

A felvehető N az inkubáció első 8 napján gyors csökkenést mutatott, de ezt követően lassú emelkedés volt megfigyelhető az immobilizált nitrogén remineralizációja miatt. A szénforrások közül a szacharóz hatására az inkubáció 3. és 8. napja között volt a legnagyobb az immobilizáció, míg a cellulózgyöngy és a fűrészpor hatására a felvehető N lassabban és kisebb mértékben csökkent, ugyanakkor hosszabb ideig maradt immobilizált állapotban. E tény ezen anyagok lassabb lebomlásával magyarázható (1. ábra).

1. táblázat
A kvadratikus modell paramétereit

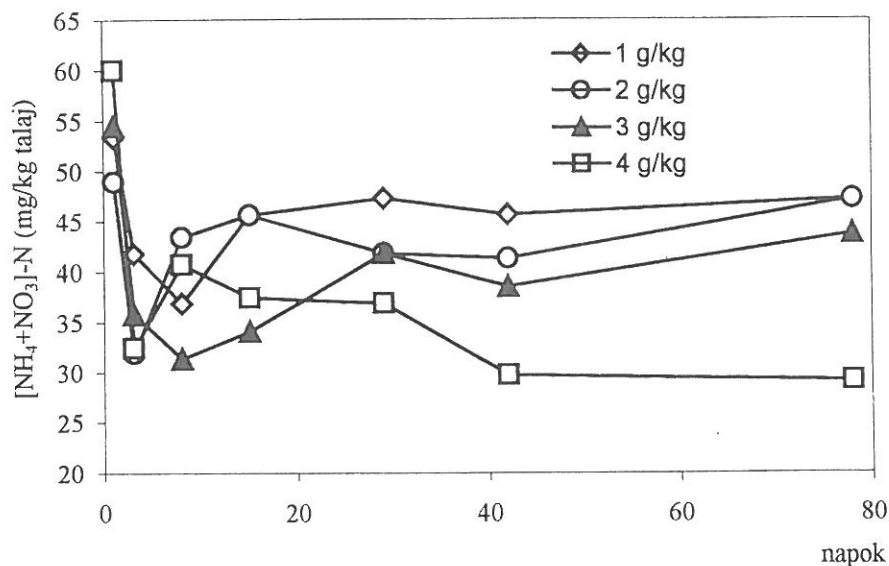
(1) Para- méter	(2) Inkubációs napok						
	1.	3.	8.	15.	29.	42.	78.
B0	88,43***	37,60***	57,23***	49,90***	44,02***	43,48***	55,53***
B1	-8,67	-5,59**	-7,38**	-2,11*	-3,10*	-1,33***	-5,22***
B2	-10,36	2,43	11,51	-9,36	3,19	1,42	-5,12
B3	-11,92	5,87	-1,69	1,05	-1,81	-3,85**	-3,67**
B4	-1,27	0,54**	-1,93*	1,36*	1,73	2,58	1,14
B5	-0,96	-2,61	-1,86	-3,03*	-2,37	-1,10	0,05
B6	-1,31	-1,72	0,07	-0,48	0,24	0,62	0,85
B7	-0,00	1,79	0,41	0,55	1,34	-0,41	-0,78
B8	-0,41	-0,67	-0,17	-0,72*	-0,44	-0,41	-0,06
B9	0,46	0,21	-0,46	0,36	-0,37	-0,29	-0,07
B10	0,89*	0,36	1,19**	0,17	-0,20	-0,03	-0,23
B11	3,75*	3,65*	1,82	2,83*	1,74	0,30	-0,11
B12	2,24	0,07	-1,82	2,35	0,02	0,50	1,72
B13	1,20	-0,89	-2,51	-0,81	-0,46	-0,05	1,06
B14	-0,02	0,05	0,01	-0,11	-0,02	-0,08	-0,02

Megjegyzés: A modell paramétereit az inkubációs kísérletben mért felvehető N (amónium+nitrát-N) alapján határoztuk meg. * P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01 és *** P ≤ 0,001



1. ábra

A felvehető-N-tartalom változása különböző szénforráskezelések hatására 50 mg/kg nitrát-N (KNO₃) és 2 g/kg C-forrás (S = szacharóz; C = cellulóz; F = fűrészpör) talajhoz történő hozzáadása után

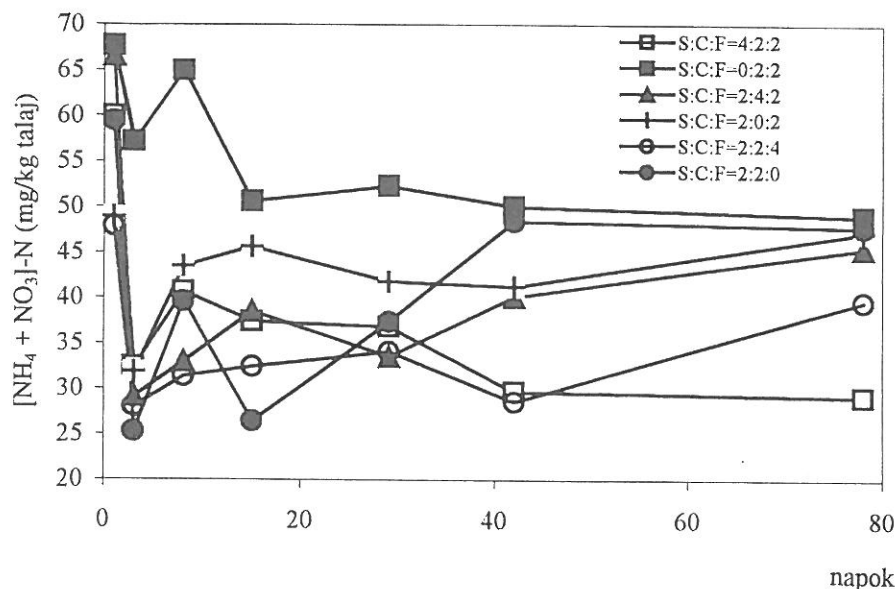


2. ábra

A felvehető-N-tartalom változása a növekvő szacharózádagok hatására
 Megjegyzés: a 4 g/kg szacharóz adag mellett 2–2 g/kg cellulózgyöngy és fűrészpor is szerepelt

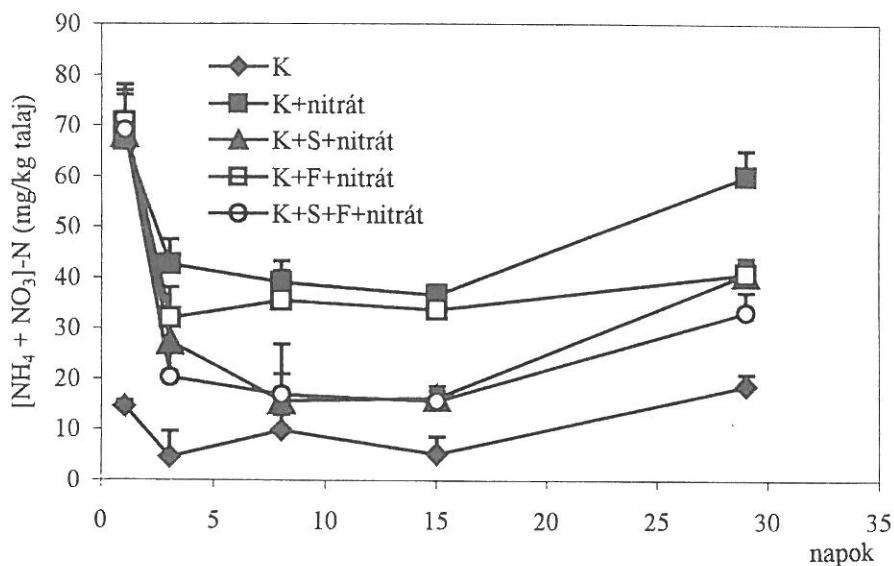
Az alkalmazott szénforrás mennyisége nem volt arányban az immobilizálódott nitrogén mennyiségével. A legalacsonyabb szacharózkezelés (1 g/kg talaj) már nagymértékben csökkentette a talaj felvehető N-tartalmát, de a többszörös mennyiségek viszonylag kisebb mértékben növelték a N-immobilizációt (2. ábra). A legnagyobb adagú szacharózkezelés mellett a cellulóz és fűrészpor is kétszeres mennyiségben volt jelen, és ezzel magyarázható, hogy a felvehető N szintje ebben az esetben jóval alacsonyabb volt az inkubáció teljes időtartama alatt. A négyfaktoros kísérlet középponti talajnedvesség-tartalma mellett (4,80 %) alkalmazott szénforrás-kombinációk eltérő mértékű N-immobilizációt eredményeztek (3. ábra). Az ábrából világosan kivehető, hogy a három szénforrás közül a szacharóz a leghatékonyabb az inkubáció kezdetén. Az inkubáció első 30 napjában több nitrogén immobilizálódott a MAVICELL-cellulózgyöngy, mint a fűrészpor hatására, az inkubációs időszak végén (a 78. napon) azonban ez megfordult a fűrészpor javára.

A keményítő – a cukorhoz hasonlóan – az inkubáció első néhány napján jelentős csökkenést okozott a talaj felvehető N szintjében (4. ábra). A kezdeti gyors N-immobilizációt lassú remineralizáció követte. A keményítő, hozzáadása után legalább 15 napig volt hatásos, de 29 nappal a talajba juttatása után, a talaj felvehető-N-tartalma visszatért a kezdeti értékre. Amennyiben a keményítőt más szénforrással együtt alkalmaztuk (szacharózt vagy fűrészport), akkor



3. ábra

A középonti talajnedvesség (4,80 %) mellett különböző arányban alkalmazott szénforrások hatása a talaj felvehető-N-tartalmára. (S = szacharóz; C = cellulóz; F = fűrészpor; a számok az alkalmazott mennyiséget jelölik (g/kg)

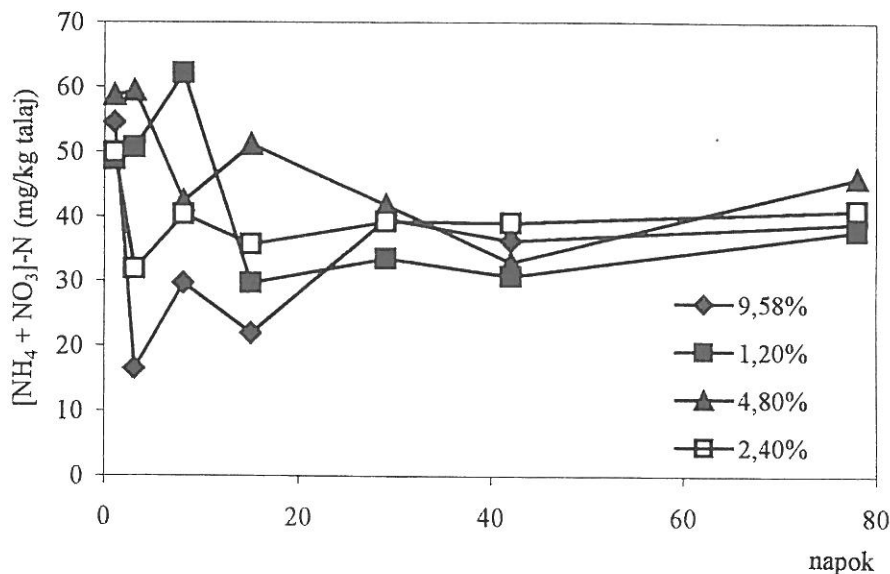


4. ábra

A keményítő (K), szacharóz (S) és fűrészpor (F) hatása a talaj N-immobilizációjára. Az alkalmazott szénforrás-mennyiségek: 2-2 g/kg talaj.

hosszabb ideig, legalább 29 napig sikerült immobilizált állapotban tartani az eredetileg felvehető N jelentős részét (4. ábra). A fűrészpor hatása az inkubáció 15. napja után mutatkozott meg.

A talajnedvesség hatása egyértelműen megmutatkozott, mivel a nedvesebb talaj kedvezőbb feltételeket teremtett a N-immobilizáció számára, különösen az inkubáció kezdeti szakaszán (5. ábra).

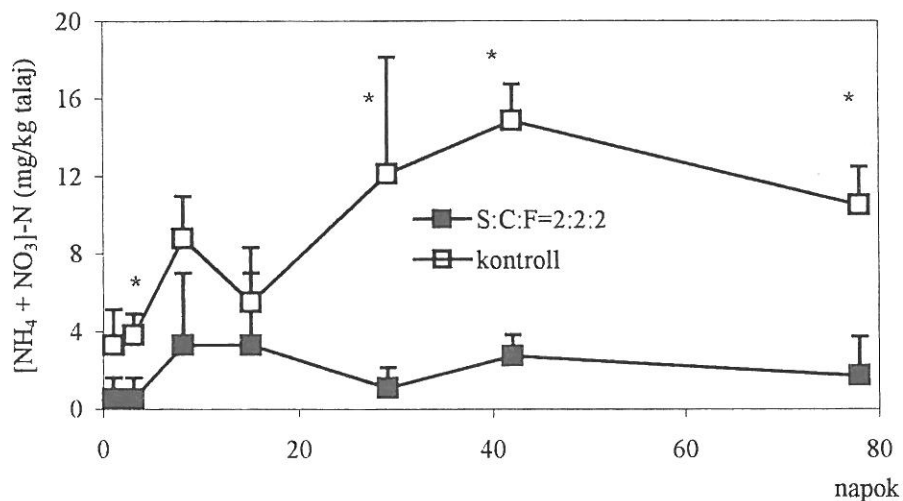


5. ábra

A talajnedvesség hatása a talaj N-immobilizációra. (Az alkalmazott szénforrások mennyiségek szacharóz, cellulóz, fűrészpor 2–2–2 g/kg)

A talajba kevert, illetve a felszínen alkalmazott azonos mennyiségű szénforrások hatása csak az inkubáció kezdetén különbözött szignifikánsan. A talajból történő mintavételek alkalmával és a vízpótlás során ugyanis óhatatlanul bekeveredtek, illetve behatoltak az alkalmazott szerves anyagok az inkubált talajminták belsejébe. A talajba történő bekeverés és a felszíni adagolás közötti eltérésnek a szénforrások terepi alkalmazásánál van jelentősége, mivel a talajfelszín bolygatását általában kerülni kell a sérülékeny növénytársulások miatt.

Ásványi-N hozzáadása nélküli talajban az inkubáció 15. napján a N-mineralizáció szignifikánsan megnőtt a kontrolltalajnál, elérve a 15 mg/kg körüli értéket, míg a szénforráskezelés hatására a felvehető N 2–3 mg/kg között maradt hosszú időn keresztül (6. ábra). Tulajdonképpen ez az utóbbi kezelés áll legközelebb a természetes viszonyokhoz, mivel itt nem történt ásványi-N-adagolás. A kísérletek alapján egyértelműen megállapítható, hogy a talaj felvehető-N-tartalma akár 2–3 hónapig is alacsony szinten tartható megfelelően kiválasztott szénforrások talajba juttatásával.



6. ábra

Szénforrások hatása a talaj N-immobilizációjára ásványi-N hozzáadása nélkül
(S = szacharóz; C = cellulóz; F = fűrészpor, 2-2 g/kg mennyiségben)

Az eredmények megvitatása

A különböző szerves anyagok hasznosítása során a mikroflóra különböző csoportjai eltérő aktivitással vesznek részt a dekompozíciós folyamatokban, továbbá biomassza C/N arányuk és N-igényük is eltérő.

INSAM és DOMSCH (1988) fontosnak tartja a mikrobiális biomassza/összes-C arány változását, ami szerintük növekedési tendenciát mutatott a szukcesszió előrehaladtával.

KLEIN és munkatársai (1995) félszáraz gyepekben 4, 12 és 38 évvel a művelés felhagyása után a talaj gomba és baktérium biomasszáját vizsgálva azt tapasztalták, hogy a szukcessziós idő függvényében az összes hifahosszúság növekszik, ugyanakkor ezen belül az aktív hifák aránya lecsökken. A baktériumok számában és biomasszájában nem tapasztaltak csökkenést, de a szukcesszió első szakasza (- 4 év) szignifikánsan nagyobb aktív bakteriális biomasszát eredményezett, összehasonlítva a szukcesszió későbbi fázisait jellemző területekkel és a bolygatatlan eredeti élőhellyel. Az aktív baktérium/gomba biomassza aránya növekedett a felhagyás idejének függvényében és véleményük szerint ez a talaj-növény rendszer fejlődésének és az ökoszisztéma érettségének („ecosystem maturity”) értékes integratív jelzője lehet. A magasabb lignintartalmú szerves anyagok fő lebontói a gombák, melyek a régebbi növényi maradványokban akumulálódnak, ezért fontosságuk növekszik a szukcesszió későbbi fázisában (CARROLL & WICKLOW, 1992).

NANNIPIERI és munkatársai (1978), valamint WU és munkatársai (1993) glükóz talajhoz történő hozzáadása hatására a mikrobiális biomassa növekedését tapasztalták, amelynek a maximuma a 2.–4. napon jelentkezett. A glükóz felhasználását követően a mikrobiális biomassa csökkenésében jelentős eltérés mutatkozott, NANNIPIERI és munkatársai (1978) vizsgálataiban a 12. nap körül, míg WU és munkatársai (1993) szerint a 60.–100. napon csökkent le a kiindulási értékre. Az utóbbi szerint is a glükóz mikrobiális hasznosítása 20 napon belül befejeződött. Az eltérés oka feltehetően az eltérő módszerek alkalmazásában rejlett. A mikrobiális biomassa lebomlásával egyidejűleg a nitrogén újra ásványi formába kerül, remineralizálódik.

Mivel a szacharóz és fűrészpor kombinációja laboratóriumi körülmények között megfelelően hatékonyan bizonyult a talaj felvehető-N-tartalmának csökkentésében, a későbbiekben ezt szabadföldi körülmények között is kipróbáltuk (SZILI-KOVÁCS et al., 2000).

A N-immobilizációt fokozó hatás csak laboratóriumi körülmények között egyértelmű, szabadföldi viszonyok között a talajnedvesség és hőmérséklet állandóan változik, továbbá a növények hatása is nyilván jelentős. Bizonyos szénforrásokkal (pl. fűrészpor) valamennyi nitrogént is viszünk a rendszerbe, ami egy későbbi remineralizáció során esetleg hozzájárul a felvehető-N-tartalom növekedéséhez. Vizsgálandó továbbá a biológiai N-kötés és a denitrifikáció mértéke.

Összefoglalás

A kísérlet célja a kiskunsági endemikus homokpusztagyepek (*Festucetum vaginatae danubiale*) restaurációja során a talaj-nitrogén immobilizációjának elősegítésére alkalmazható szénforrások kiválasztása, és az alkalmazandó mennyiség meghatározása volt.

Egy néhány évvel ezelőtt felhagyott művelésű területről származó talajminta (gyengén humuszos meszes homok) felhasználásával laboratóriumi inkubációs kísérletet állítottunk be.

Különböző szénforrások (szacharóz, keményítő, cellulóz és fűrészpor) külön-külön, illetve keverékben történő alkalmazásának a hatását vizsgáltuk a talaj felvehető-N-tartalmának változására laboratóriumi modellkísérletben. Az általunk kiválasztott négyfaktoros kvadratus modellben három szénforrás (szacharóz, MAVICELL-cellulózgyöngy és fűrészpor) és negyedik tényezőként a talajnedvesség együttes hatását vizsgáltuk. Meghatároztuk a modell regressziós paramétereit a vizsgált inkubációs időpontokban. Valamennyi szénforrás talajhoz történő hozzáadása csökkentette a talaj felvehető-N-tartalmát, a hatás mértéke és időbeli lefutása azonban a szénforrás minőségétől függött. A mikroorganizmusok által könnyen hozzáférhető és hasznosítható szénforrás már 3 nap után maximális N-immobilizációt eredményezett, a kevésbé hozzáférhetőek csak később és kisebb mértékben csökkentették a talaj felvehető-N-tartalmát. A felvehető nitrogén alacsony szinten tartásához a szénforrások kombinált alkal-

mazása bizonyult a leghatékonyabbnak. 2-2 g/kg szacharóz és fűrészpor együttes alkalmazásával legalább 78 napon keresztül alacsony szinten maradt a talaj felvehető-N-tartalma.

Jelen kutatás a TÉT Magyar–Amerikai Közös Alap (JF No. 639) és az OTKA tudományos (T 25739) és műszer (C 0090) támogatásával folyt.

Irodalom

- ANDRÉN, O., RAJKAI, K. & KATTERER, T., 1993. Water and temperature dynamics in a clay soil under winter wheat: Influence on straw decomposition and N immobilization. *Biol. Fertil. Soils*. 15. 1-8.
- AZAM, F., MAHMOOD, T. & MALIK, K. A., 1988. Immobilization of $\text{NO}_3\text{-N}$ and total N balance during the decomposition of glucose, sucrose and cellulose in soil incubated at different moisture regimes. *Plant and Soil*. 107. 159-163.
- BICZÓK, GY., TOLNER, L. & SIMÁN, GY., 1994. Method for the determination and interpretation of multivariate response functions. *Bull. Univ. of Agric. Sci., Gödöllő*. 5-15.
- BREMNER, J. M., 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 2. (Eds.: BLACK, C. A. et al.) *Agronomy* 9. 1179-1237. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wisconsin.
- CARROLL, G. C. & WICKLOW, D. T., 1992. *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*. 2nd ed. Marcel Dekker. New York.
- CHANWAY, C. P., TURKINGTON, R. & HOLL, F. B., 1991. Ecological implications of specificity between plants and rhizosphere microorganisms. *Adv. Ecol. Res.* 21. 121-169.
- CLARHOLM, M., 1985. Possible roles for roots, bacteria, protozoa and fungi in supplying nitrogen to plants. In: *Ecological Interactions in Soil*. 107-121. Br. Ecol. Soc. Blackwell. Oxford.
- DE NEVE, S., PANNIER, J. & HOFMAN, G., 1996. Temperature effects on C- and N-mineralization from vegetable crop residues. *Plant and Soil*. 181. 25-30.
- GULYÁS, F. & FÜLEKY, G., 1994. C- and N-transformation dynamics in the soil. *Die Bodenkultur*. 45. 313-318.
- GULYÁS, F. et al., 1990. Effect of NPK fertilization and organic matter on the respiration dynamics and microbial N transformation processes of the soil. *Agrokémia és Talajtan*. 39. 423-429.
- INOUE, R. S. et al., 1987. Old-field succession on a Minnesota sand plain. *Ecology*. 68. 12-26.
- INSAM, H. & DOMSCH, K. H., 1988. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microb. Ecol.* 15. 177-188.
- KLEIN, D. A. et al., 1995. Saprophytic fungal-bacterial biomass variations in successional communities of a semiarid steppe ecosystem. *Biol. Fertil. Soils*. 19. 253-256.

- MCLENDON, T. & REDENTE, E. F., 1992. Effects of nitrogen limitations on species replacement dynamics during early secondary succession on a semiarid sagebrush site. *Oecologia*. **91**. 312–317.
- NANNIPIERI, P., JOHNSON, R. L. & PAUL, E. A., 1978. Criteria for measurement of microbial growth and activity in soil. *Soil Biol. Biochem.* **10**. 223–229.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
- ROBERTSON, G. P. et al., 1988. Spatial variability in successional plant community: patterns of nitrogen availability. *Ecology*. **69**. 1517–1524.
- SMITH, J. L. & RICE, E. L., 1983. Differences in nitrate reductase activity between species of different stages of old field succession. *Oecologia*. **57**. 43–48.
- SZEGI J., 1962. A nedvesség hatása a cellulóz elbontására egyes hazai talajainkban. *Agrokémia és Talajtan*. **11**. 105–111.
- SZEGI, J., GULYÁS, F. & FÜLEKY, GY., 1984. Influence of soil properties on the biological activity. *Zbl. Mikrobiol.* **139**. 527–536.
- SZEGI J. et al., 1988. Influence of NPK fertilization and cellulose application on the CO₂ production of soils. *Zbl. Mikrobiol.* **143**. 303–308.
- SZILI-KOVÁCS T. et al., 1993. CO₂ evolution from soils formed on various parent materials in the East-Cserhát mountains (Hungary) during laboratory incubation. *Agrokémia és Talajtan*. **42**. 140–146.
- SZILI-KOVÁCS T. et al., 2000. Homokpusztagyepek természetvédelmi restaurációja a talaj-nitrogén immobilizációjával. 2. Szabadföldi kísérletek. *Agrokémia és Talajtan*. **49**. 505–520.
- TILMAN, D., 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecol. Monographs*. **57**. 189–214.
- TITLYANOVA, A. A., 1982. Ecosystems succession and biological turnover. *Vegetatio*. **50**. 43–51.
- VERMEER, J. G. & BERENDSE, F., 1983. The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grassland and wetland communities. *Vegetatio*. **53**. 121–126.
- WESTMAN, W. E., 1981. Factors influencing the distribution of species of Californian coastal sage scrub. *Ecology*. **62**. 439–455.
- WILDUNG, R. E., GARLAND, T. R. & BUSCHBOM, R. L., 1975. The interdependent effects of soil temperature and water content on soil respiration rate and plant root decomposition in arid grassland soils. *Soil Biol. Biochem.* **7**. 373–378.
- WILSON, J. M. & GRIFFIN, D. M., 1975. Water potential and the respiration of microorganisms in the soil. *Soil Biol. Biochem.* **7**. 199–204.
- WU, J., BROOKES, P. C., & JENKINSON, D. S., 1993. Formation and destruction of microbial biomass during the decomposition of glucose and ryegrass in soil. *Soil Biol. Biochem.* **25**. 1435–1441.
- ZAK, D. R. & PREGITZER, K. S., 1988. Nitrate assimilation by herbaceous ground flora in late successional forests. *Journal of Ecology*. **76**. 537–546.

Érkezett: 2000. április 3.

Restoration of Sandy Grasslands Through the Immobilization of Soil Nitrogen

1. Laboratory Incubation Experiments

¹T. SZILI-KOVÁCS, ¹T. TÓTH, ²M. HALASSY and ²K. TÖRÖK

¹ Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, and ² Research Institute for Ecology and Botany of the Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót (Hungary)

Summary

The study aimed to select the appropriate type and dosage of carbon sources for the restoration of endemic sandy grassland (*Festucetum vaginatae danubiale*) in the Kiskunság National Park by means of soil nitrogen immobilization.

A laboratory incubation experiment was set up using soil samples collected from a field abandoned several years ago. The samples were taken from the 0–20 cm soil layer of the calcareous, sandy soil with low humus content in the Fülöpszállás region of the Kiskunság National Park.

Various carbon sources (sucrose, starch, cellulose beads and sawdust), with varying decomposing rates were used separately and in combination to investigate the effect of carbon amendment on soil N availability.

The regression parameters of a four-factorial quadratic model were evaluated at each sampling. The determination coefficients of the model were higher than 0.8 in all cases.

All carbon sources added to the soil decreased the available nitrogen in the soil, but the extent and the dynamics of changes depended on the type of C source. A rapid decrease in available N was found in the first eight days of incubation, which was followed by a slow increase due to the remineralization of the immobilized nitrogen.

Maximal net nitrogen immobilization was observed after the 3rd day of incubation in the presence of easily decomposable C sources. Nitrogen immobilization appeared later and to a lower extent in the case of other C sources. The combined application of carbon sources proved to be the most effective in maintaining available N at a low level. Soil available N could be kept at a minimum level for at least 78 days when applying 2 g/kg each of sucrose and sawdust together.

Table 1. Parameters of the quadratic model. (1) Parameter. (2) Incubation days. Note: The parameters of the model were calculated on the basis of the available N (ammonium+nitrate-N) value measured in the incubation experiment. * P = 0.05; ** P = 0.01 and *** P = 0.001.

Fig. 1. Changes in available nitrogen content as the result of treatment with various carbon sources after the addition of 50 mg/kg nitrate-N (KNO₃) and 2 g/kg C source (S = sucrose; C = cellulose; F = sawdust) to the soil.

Fig. 2. Changes in available nitrogen content as the result of increasing rates of sucrose. Note: 2 g/kg each of cellulose beads and sawdust were also added with the 4 g/kg rate of sucrose.

Fig. 3. Effect of carbon sources applied in various ratios at 4.80% soil moisture on the available nitrogen content of the soil. (S = sucrose; C = cellulose; F = sawdust; numbers indicate the quantity applied in g/kg.)

Fig. 4. Effect of starch (K), sucrose (S) and sawdust (F) on soil nitrogen immobilization. Applied carbon source quantities: 2 g/kg soil.

Fig. 5. Effect of soil moisture on soil N immobilization. (Applied carbon source quantities: 2 g/kg each of sucrose, cellulose and sawdust.)

Fig. 6. Effect of carbon sources on soil N immobilization without the addition of mineral N (S = sucrose; C = cellulose; F = sawdust, in 2 g/kg quantities).