

### A nitrogén-körforgalom mennyiségi értékelése agro- ökoszisztémákban Közép-Szibériában

A talajtani vizsgálatokban a nitrogén szerepe jelentős, azonban e tárgykorben még ma sem rendelkezünk kellő tájékozottsággal. Főleg a kvalitatív vizsgálatok ismereteseek, a mennyiségi értékelés elég ritka. Ennek alapján tűztük ki célul, hogy az ökoszisztémákban végbemenő N-körforgalom mennyiségi értékelését adjuk, amely tájékoztatást nyújthat a természeti folyamatokban fellelhető rendelkezések jobb megismerésére is.

#### Anyag és módszerek

A vizsgálat a Minderla Kísérleti Telepen folyt a krasznojarszki erdős sztyeppe vidéken, amely a Csulim-Jenyiszej síkságon található Közép-Szibéria dél-nyugati

kiszögelésében. A vidék a mérsékelt és a boreális-mérsékelt övezetben helyezkedik el, határozott nedvességihiánnyal. A fagy nélküli időszak 115 napot tesz ki. A talaj időnként 1,5-3 m mélységben befagy. Az évi csapadék 350-410 mm. Az átlagos hőmérséklet a fagypont alatt van; júliusban eléri a 18,2 °C-ot, januárban viszont -21,8 °C. Az évi hőmennyiség 1500-1800 °C-ot tesz ki.

A szabadföldi kísérlet hat helyen folyt, és a következő vetésforgót reprezentálta: ugar + 40 t szerves trágya; búza + 40 kg P; búza + 60 kg N, 60 kg P, 60 kg K; kukorica + 90 kg N, 90 kg P, 90 kg K; búza + 40 kg N; árpa + 60 kg N, 60 kg P, 60 kg K. A talaj kilúgzott csernozjom nehéz vályogon (1. táblázat).

1. táblázat  
A kilúgzott csernozjom talaj jellemzői

Talajszint, cm	Szemcseméret, mm		Humusz %	Összes N %	Hidro-lizálható N, mg/kg	pH		Kicserélhető me/100 g		Felvehető, mg/100 g	
	< 0,01	< 0,001				H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0-5	55	25	8,84	0,51	194,6	7,1	6,5	61,0	1,1	17,8	26,4
5-10	54	22	8,68	0,49	197,4	7,2	6,7	60,4	1,1	17,2	24,2
10-20	52	26	8,64	0,49	201,6	6,9	6,4	59,2	1,3	17,6	23,6
20-30	55	22	8,60	0,44	201,6	6,8	6,3	58,0	1,5	17,5	22,5
30-40	56	17	6,59	0,41	154,0	7,0	6,4	49,4	1,8	15,4	16,8
40-50	64	35	1,67	0,21	62,8	7,0	6,2	36,2	1,1	14,9	13,7
70-80	65	37	0,82	0,13	40,6	7,7					
90-100	60	30	0,60	0,10	33,6	7,2					

### Az eredmények megvitatása

A biomasszában a nitrogén mennyisége növekedhet részben a növények elemfelvételétől a talajból, valamint a mikrobiológiai folyamatok következtében, jóllehet csökkenés is tapasztalható a betakarított növényzet által kivont anyag révén, továbbá a bomlási folyamatok következtében. Ezek mérlege határozza meg a nitrogéntartalmat.

A nitrogénfogyasztás - a fotoszintézis folyamatok természete, valamint a tápláléklánc következtében - több tényezőtől függ: éghajlat, a talaj ásványi nitrogénnel való ellátottsága, növények fejlődése, előnövényzet stb. Ugyanezek a feltételek szabályozzák a termelési folyamatok ritmusát a vetésforgóban, párhuzamosan a N-fogyasztással (CSUPROVA & NIZKIKH, 1992) (2. táblázat).

A maximális nitrogénfelvétel a termesztett növények esetében a virágzás időszakáig történik. Később a nitrogén felhalmozódik a növényben, főleg átrendeződés során a föld feletti és föld alatti szervek között, valamint a hervadó növényrészek csökkentő aktivitása következtében. A kukorica elsősorban a gyökérzet fejlődéséhez használja fel a nitrogént. A búza egyenőtlenül használja fel a nitrogént a gyökérfejlődés céljából. Az értékek 8,7 és 3,7 g/m<sup>2</sup>/vegetációs periódus között ingadoztak.

A talajban tapasztalható N-felhalmozódás kapcsolatos a növényi részek bomlásának intenzitásával. Ez vonatkozik mind a felszín alatti, mind a felszín feletti növényi részekre. A növényi maradványok átalakulása az elhalt növényrészekben növeli a nitrogén mennyiségét.

Az egész vegetációs időszak alatt nitrogén halmozódik fel az elhalt növényi maradványokban: nyáron a felszín felett és az elhalt gyökerekben, aratás után főként a növényi és gyökérmaradványokban. A száraz években a nyári fel-

halmozódás dominál és eléri az egész mennyiség 68-70 %-át.

A nyári időszakban hullámzó lefolyású a N-felhalmozódás. A maximum mindig a lebomlási időszakokkal esik egybe, jóllehet, a vegetációs időszak első felében ezek nem mindig esnek össze. Az elhalt biomassza mineralizációja képezi a döntő mechanizmust a nitrogén talajba jutása során. Ez összefügg a lebomlás mértékével, amely nyomon követhető a talajba jutó nitrogén vizsgálata során.

A mennyiségi vizsgálatok azt mutatják, hogy a nitrogén visszakerülése a talajba az elhalt biomassza lebomlása során egy speciális index-szel jellemezhető. Ez függ a nitrogén mennyiségétől, amely egy nap alatt egy gramm elhalt biomasszából mineralizálódik, és a hattagú vetésforgó során értéke 6,4 mg/g/nap. A következő agroönözisokban a vetésforgó során a specifikus együttható nagymértékben változhat, mégpedig az ugarnál értéke 21, az ezt követő első búza esetében 50, a második búza esetében 5, kukoricánál 34. A vegetációs időszak során ugyancsak nagy különbségek találhatóak, így az érték nyáron 0 és 200 között, míg a vegetációs időszak végén 0 és 5 között van.

A nitrogén megkötése egy ellentétes folyamat a nitrogénnek a növényi maradványokból való felszabadulásához képest. Ennek a folyamatnak az intenzitása 3,5 g/m<sup>2</sup> a rotációs év folyamán. Összehasonlításul ugyanez az érték a déli csernozjomon kialakult agroönözisok esetében Észak-Kazahsztánban csak 2,1 (TITLJANOVA et al., 1984). A szub-arktikus övezetben kialakult talajon, ahol árpaszalma esetében vizsgálták az immobilizációt, az érték csupán 0,4-0,9 a kísérletek első és második évében. Meg kell jegyezni, hogy a szalma mély elhelyezése esetén csak egyéves kísérletek állnak rendelkezésre (COCHRAN, 1991).

Az ugart követő első három növénykultúra esetében a növekedési és meg-

2. táblázat  
A nitrogén szezondinamikája az agro-ökoszisztémában a vetésforgóban

Vegetációs időszak	N-felhasználás, g/m <sup>2</sup> /vegetációs időszak				a gyökérszet növekedéséhez
	a 0-20 cm-es talajréteg gyökerei által	a szántóföldi növény föld feletti része által	a gyommónvények föld feletti része által	a gyökérszet növekedéséhez	
<i>Ugar utáni első búza</i>					
Szárbaindulás - virágzás	9,60	5,90	0,00	0,00	3,70
Virágzás - tejes érés	0,78	0,73	0,05	0,05	0,00
Tejes érés - teljes érés	0,52	0,00	0,52	0,52	0,00
<i>Ugar utáni második búza</i>					
Szárbaindulás - virágzás	9,17	4,99	0,03	0,03	4,15
Virágzás - tejes érés	4,29	2,64	0,34	0,34	1,31
Tejes érés - teljes érés	2,39	0,00	2,19	2,19	0,20
<i>Kukorica</i>					
Szárbaindulás - levelesedés	2,55	n.m.	n.m.	n.m.	2,55
Levelesedés - csövesedés	25,69	16,64	n.m.	n.m.	9,05
<i>Kukorica utáni első búza</i>					
Szárbaindulás - virágzás	20,04	10,57	1,72	1,72	7,75
Virágzás - teljes érés	2,29	1,34	0,00	0,00	0,95
<i>Árpa (kukorica utáni második növény)</i>					
Szárbaindulás - virágzás	9,99	7,21	0,67	0,67	2,11
Virágzás - tejes érés	0,75	0,00	0,00	0,00	0,75
Tejes érés - teljes érés	1,89	0,45	0,00	0,00	1,44

Megjegyzés: n.m.: nem történt meghatározás

3. táblázat  
N-mérleg a növényi alszisztémában a vetésforgóban  
(tömeg, g/m<sup>2</sup>-ben)

Tényezők	Búza	Búza	Kuko- rica	Búza	Árpa	Ugar
Növényi anyag készlet						
- az időszak elején	3,7	9,9	17,0	29,6	17,1	13,1
- az időszak végén	9,9	17,0	29,6	17,1	13,1	5,2
Holt biomassza növekedése	6,2	8,6	14,2	10,4	8,4	0,0
Ebből leköttött	5,5	5,3	10,1	0,0	0,0	0,0
N-készlet növekedése mineralizáció révén	5,5	6,8	11,7	22,9	12,4	7,9
<i>N-mérleg</i>	+6,2	+7,1	+12,6	-12,5	-4,0	-7,9

kötődési folyamatok sokkal nagyobbak, mint a nitrogén növényi anyagból való eltávozásának folyamatai (3. táblázat).

A 3. táblázatból látható, hogy a mérleg pozitív és a N-készlet átlagban 8,6 g/m<sup>2</sup> növekedést mutat évente. Az a negatív mérleg, amely a következő vetésforgónál a növekedő mineralizáció révén fellép, a nitrogén felszabadulásának és a talajba való visszajuttatásának a következménye. A vetésforgó közepén ennek értéke nagyobb, mint a kísérlet kezdetén. Általában megállapítható, hogy a vetésforgó során a N-készlet a növényi alrendszerten néha növekszik, néha csökken. Azok a kicserélődési folyamatok, amelyek ingadozó lefolyásúak gyakran változtatják a N-formák mennyiségét és minőségét. Helyes a mérleget egy egész forgóra megállapítani.

A talaj N-készlete általában megmarad, jóllehet a műtrágyázás és a N-formák átalakulása szerves és szervetlen frakciók között ezt jelentősen befolyásolja és nagymértékben csökkenti a növényi N-felvétel során. Más oldalról a talajok N-készletét növelik a szerves anyagból felszabaduló, nitrogént tartalmazó anyagok.

A szóban forgó vetésforgóban az évi N-felhasználás átlagosan 15 g/m<sup>2</sup>. A bio-

lógiai körforgás ebben a vetésforgóban a teljes N-készlet 27-97 %-át is kiteheti (4. táblázat). Más szóval, a vegetációs időszak alatt a növényi és ásványi-N teljes mennyiségét felhasználhatják.

Más oldalról az is megállapítható, hogy az asszimilált nitrogén közel felét eltávolíthatják a betakarítás során. A műtrágyázás során adagolt nitrogén, valamint a csapadékból származó nitrogén csak 29 %-át pótolja ennek. A fennmaradó rész a növényi maradványokból és a talaj szerves anyagaiból felszabaduló nitrogénből származik.

Ezek a folyamatok igen bonyolultak és az átalakulások is több lépcsőben és formában történnek; mindezek kevéssé tanulmányozottak. Mindazonáltal, el kell fogadnunk, hogy az átalakulások során annyi nitrogén szabadul fel, amely kompenzálja a veszteségeket.

Kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy a talaj szerves anyagainak mindegyikéből szabadul fel ásványi-N. Méréseket végeztünk arra, hogy mennyi szabadul fel évente a humusból és mennyi a növényi maradványokból. Ezeket az adatokat adjuk közre a 4. táblázatban.

A döntő mennyiség a gyorsan átalakuló frakcióból ered, így a talajból származó nitrogén mennyisége 2,3-szor ke-

4. táblázat  
 N-felszabadulás a talajban (0-20 cm) az ásványi-N ( $N_m$ ), gyorsan átalakuló N ( $N_i$ ), valamint humusz-N ( $N_h$ ) készletek között, g/m<sup>2</sup>/időszak

Agrocónózi, időszak	$N_m$ készlet		$N_i$ készlet		N-átalakulás készletről készletre				
	az időszak elején	az időszak végén	Különb- ség	az időszak végén	Különb- ség	$N_i \rightarrow N_m$	$N_m \rightarrow N_i$	$N_i \rightarrow N_h$	$N_h \rightarrow N_i$
<b>Búza</b>									
Tavasztól ősziig	14,6	5,6	-9,0	30,2	+2,0	7,7	11,0	7,0	5,7
Őszől tavaszig	5,6	22,0	+16,4	64,0	+33,8	21,2	0,0	0,0	55,0
Év	14,6	22,0	7,4	28,2	+35,8	28,9	11,0	7,0	60,7
<b>Búza</b>									
Tavasztól ősziig	22,0	7,2	-14,8	64,0	-12,6	4,3	3,7	13,4	1,4
Őszől tavaszig	7,2	12,2	+5,0	51,4	-10,0	1,1	0,0	8,9	0,0
Év	22,0	12,2	-9,8	64,0	-22,6	5,4	3,7	22,3	1,4
<b>Kukorica</b>									
Tavasztól ősziig	12,2	6,4	-5,8	41,4	-4,6	28,6	14,9	8,3	17,4
Őszől tavaszig	6,4	11,8	+5,4	36,8	+6,8	8,6	0,0	0,0	15,4
Év	12,2	11,8	-0,4	41,4	+2,2	37,2	14,9	8,3	32,8
<b>Búza</b>									
Tavasztól ősziig	11,8	5,0	-6,8	43,6	+5,4	0,8	4,4	12,0	13,8
Őszől tavaszig	5,0	8,6	+3,6	49,0	-7,8	0,0	2,2	10,0	0,0
Év	11,8	8,6	-3,2	43,6	-2,4	0,8	6,6	22,0	13,8
<b>Árpa</b>									
Tavasztól ősziig	8,6	7,2	-1,4	41,0	-0,2	3,9	6,7	11,1	8,1
Őszől tavaszig	7,2	8,0	+0,8	29,0	-12,0	0,0	0,2	12,2	0,0
Év	8,6	8,0	-0,6	41,2	-12,2	3,9	6,9	23,3	8,1
<b>Ugar</b>									
Tavasztól ősziig	8,0	12,0	+4,0	50,4	+21,4	0,0	4,1	0,0	17,3
Őszől tavaszig	12,0	12,6	+0,6	50,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
Év	8,0	12,6	+4,6	50,4	+21,4	0,3	4,1	0,0	17,6
<b>A vetésforgóra, 6 év</b>	14,6	12,6	-2,0	28,2	+22,2	76,5	47,2	82,9	134,4

vesebb volt, mint a növényi maradványból származó mennyiség.

A vetésforgó végére növekedett a könnyen hidrolizálható nitrogén mennyisége. Ebből az következik, hogy a könnyen mozgó szerves anyagok mineralizációja következetesen kompenzálódik a növényi maradványok és a mikrobák kölcsönhatása során, valamint a különböző huminsavak nitrogén növekedése által. Utóbbi a biodegradáció során a legstabilabb. A humuszsavak N-mennyisége 22 g/m<sup>2</sup> volt.

A teljes mennyiségű N-felszabadulás a talaj és növényi anyagokból 119 g/m<sup>2</sup>/év-nek adódott, mely nagyobb, mint ennek az elemnek a felhasználása a termesztett növények által a teljes vetésforgó során.

Nem produktív N-veszteségek felléphetnek az agroecónózisban a nitrátok denitrifikációja vagy kimosódása során, azonban ezeket a veszteségeket mi nem vettük figyelembe a kísérlet alatt. Az irodalmi adatok alapján a denitrifikációs veszteségek 0,2 és 27 g/m<sup>2</sup> között ingadozhatnak a talajtípustól, trágyázás módjától és adagjától, a növényektől és a vetésforgótól függően (KUDEYAROV, 1982; OSIPOV, 1991; DORLAND & BEAUCHAMP, 1991). Ezeknek a veszteségeknek a mértéke lényegesen csekélyebb, mint a szénveszteségek a mineralizáció következtében (FOKIN, 1992).

A N-forgalom jellemzőit összehasonlítva, a következőket kell figyelembe vennünk:

- A nitrogén szabaddá válása, valamint megkötődése az egész év során végbemegy.

- A nitrogén szabaddá válása a gyorsan átalakuló vegyületekből és az ásványi formába való átmenetele gyakran meghaladja a nitrogénnek a szerves anyagokban való megkötődésének a mértékét.

- Kísérleteink során a legnagyobb intenzitást a kukorica és az első búza

esetében találtuk a vetésforgóban, míg minimumok az ugar esetében voltak.

Mindebből következik, hogy a talaj N-mineralizációja a termesztés során nem alacsonyabb, mint az ugar után. Az ugar esetében a talaj ásványi-N-tartalma 1,6-szeresére nő, míg a növényi anyagokból 2,5-szer csökken. Az ásványi-N felhalmozódása a jelentős bomlás következtében történik, erősebben a humusz-, mint a növényi szerves anyagokból. A N-ciklusban a legnagyobb változások az ugar esetében, nyáron voltak tapasztalhatóak.

A vetésforgó más időszakaiban ugyancsak csökkent a növények által történő tápanyagfelvétel, valamint a szerves anyagokba való átalakulás mikrobiológiai tevékenység eredményeképpen. Azonban az ásványi-N-készlet ősszel a talaj szerves anyagainak bomlása révén növekszik.

Az agroecónózis ásványi-N csökkenése a kukoricánál, ugyanúgy, mint a búzánál és árpánál bizonyos időszakokban az intenzív növényi maradvány lebomlás eredményeképpen csökken, mellette a szerves anyagok megkötő hatása is érvényesül. Minél magasabb a növényi maradvány lebomlás üteme, annál csekélyebb a humuszveszteség is. Figyelembe véve az előzőekben jelzett következtetést, a növényi maradványok lebomlásának közvetlen függőségéből az következik, hogy minél nagyobb a növényi anyagok lebomlása a talajból, annál kisebb a humuszkészlet vesztesége. Ezért az egyik útja a szervesanyag-felhalmozódásának a talajban a zöldtrágyázás.

Megállapítható, hogy a szibériai mezőgazdaságban az ugaros rendszerű vetésforgóban az ásványi-N-készlet mind a növényi maradványok lebomlása, mind a talajból származó N-felszabadulás következtében alakul ki. A talajban minden N-tartalmú vegyület mineralizálódik. Ezzel együtt újraképződésük és újraeloszlásuk a különböző frakciók között csökkenti a

gyorsan átalakuló N-vegyületek mennyiségét és növeli a kötöttebb N-formákat.

A gyorsan átalakuló szerves anyagok felhasználódása kompenzálható a mineralizálódó folyamat során a talajba kerülő friss növényi maradványok révén.

### Irodalom

- CHUPROVA, V. V. & NIZKIKH, E. K., 1992. Productive and destructive processes as well as organic matter balance in agrocoenoses of the Krasnoyarsk forest-steppe. In: Soil Fertility and Field Management of Agricultural Crops in Eastern Siberia. 4-15. The Russian Academy of Agricultural Sciences, Siberian Branch. Novosibirsk.
- COCHRAN, V. L., 1991. Decomposition of barley straw in a subarctic soil in the field. *Biol. and Fert. Soils*. **10**, 227-232.
- DORLAND, S. & BEAUCHAMP, E. G., 1991. Denitrification and ammonification at low soil temperatures. *Can. J. Soil Sci.* **10**, (2) 121-126.
- FOKIN, A. D., KNYAZEV, D. A. & KUZYAKOV, Y. V., 1992. Destruction of C and N-aminoacids and of the nuclein bases in the soil as well as income of products of their transformation to the plants. *Soil Study*. No. 10. 70-80.
- KUDEYAROV, V. N., 1982. Intensity of the nitrogen cycle processes in the soil at nitrogen fertilizer applying. *Izvestiya. Biol. Ser.* (5) 650-669.
- OSIPOV, A. I., 1991. Nitrogen losses in fertilizers and the ways of these losses decrease on soddy-podzolic soils. Abstract. Agricultural Science Doctor Thesis.
- TITLYANOVA, A. A., TIKHOMIROVA, N. A., SHATOKHINA, N. G., 1982. Production processes in agrocoenoses. *Nauka. Novosibirsk*.
- TITLYANOVA, A. A. et al., 1984. Agrocoenoses of the steppe zone. *Nauka. Novosibirsk*.

*Érkezett: 1996. szeptember 12.*

V. V. CSUPROVA  
Agrártudományi Egyetem,  
Krasznojarszk, Oroszország

