

## **A N-műtrágya transzformációjának és a szerves N mineralizációjának tanulmányozása <sup>15</sup>N stabil izotópjelzéssel.**

### **II. A N-formák átalakulása karbonátos és savanyú homoktalajon**

LATKOVICS GYÖRGYNÉ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest

Közismert, hogy a talajba kerülő növényi- és gyökérmарadvány éppúgy részt vesz a növények N-ellátásában, mint a talaj szerves anyaga.

YONEYAMA és YOSHIDA [10] YOSHIDA és PADRE [11] kísérleteiben a rizs-növények a szalma nitrogéntartalmát 15—25%-ban hasznosították. A rizs-szalmával együtt adott N-műtrágya kedvezően hatott a szalma-nitrogén érvényesülésére. SZUKOV [8] kísérletében zöldtrágyának alkalmazott bükköny N-tartalmát a növények 3 év alatt 18%-ban hasznosították.

A szerzők kimutatták, hogy a talajba adott szalma gyorsan mineralizálódik, ezáltal a talaj, ill. a trágya nitrogénje immobilizálódik. Megfigyeléseik szerint a rizs ültetése utáni 30. napon a szalma élénk dekompozíciója következtében jelentősen csökkent a talaj felvehető N-tartalma, majd utána a remineralizáció hatására növekedett. Hasonló eredményekről számoltak be SACHDEV et al. [7], KANAMORI és YASUDA [3] továbbá GANRY et al. [2] is.

WÓJCİK-WOJTKOWIAK [9] az  $\text{NH}_4$ - és  $\text{NO}_3$ -műtrágyáknak a szalma dekompozíciójára kifejtett hatását vizsgálta. Kísérletében úgy a talaj szerves anyagának, mint a szalmának az elbomlására az  $\text{NH}_4$ -műtrágya hatásosabbnak bizonyult, mint a  $\text{NO}_3$ -műtrágya.

AMATO és LADD [1] kísérletében meszes talajon a lucerna gyorsan mineralizálódott és a talaj ásványi nitrogéntartalmát jelentősen növelte.

KELLY és HENDERSON [4] arra hívják fel a figyelmet, hogy az erdőben kiszórt karbamid kedvezően hat a szerves anyag dekompozíciójára és hosszabb idő alatt a szerves anyag elbomlása során keletkezett tápanyagoknak a körforgalomba való bekapcsolását segíti elő.

KOREN'KOV és munkatársai [5] arról számolnak be, hogy kis mennyiségben alkalmazott szalma — a talaj súlyának 0,1%-a — nem befolyásolta a talaj N-mérlegét, viszont a zöldtrágya kedvezően hatott a növényeknek a talajból való N-felvételére.

Korábbi kísérletemben (LATKOVICS [6]) a talajmennyiség 0,4%-ának megfelelő, 2,80—2,48%-os N-tartalmú szerves anyag (babszár és angolperje) és a N-műtrágya jelentősen növelte a talaj ásványi N-tartalmát. A szerves anyag

ásványosodását a N-műtrágyázás kedvező mértékben befolyásolta. A N-trágyázás és a szerves anyag hatása a talaj fixált  $\text{NH}_4\text{-N}$  mennyiségében is kimutatható volt.

Az összes nitrogéntartalom, továbbá az izotópindikációval kapott értékek arra mutattak, hogy az adott talajon az érlelés alatt a N-veszteség elenyésző volt.

Az érleléses modellkísérleteket tovább folytattuk és a homoktalajokon kapott eredményekről e közleményben számolok be.

### Kísérleti anyag és módszer

A kísérletekhez 7,4 pH-jú, 1%-os humusztartalmú, Órbottyánból származó karbonátos homoktalaj és 4,6 pH-jú, 0,7% humuszt tartalmazó, Nyírlugosról behozott kovárványos barna erdőtalaj átlagmintáit használtuk. A talajminták a felső szántott rétegből származtak.

A tenyészedényekbe 200 g légszáraz, 2 mm-es szitán átengedett talajt mértünk be. Nitrogénműtrágyának  $\sim 30$  mg N/100 g talaj adagnak megfelelő ammónium- és nitrát-csoporton jelzett, ill. jelzetlen  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  vegyületet használtunk. A szerves anyag a bemért talajmennyiség 0,4%-át tette ki. Szerves anyagnak közel azonos — 2,74—2,95%-os — nitrogéntartalmú ledarált, légszáraz állapotú  $^{15}\text{N}$ -nel jelzett babszárat használtunk, amelyet a talajjal jól elkevertünk. A bab-növényeket előzetesen tenyészedénykísérletben jelzett nitrogénműtrágyával neveltük. A nitrogénműtrágyát oldatban adtuk a talajhoz. A talaj nedvességtartalmát a  $\text{VK}_{\text{max}}$ . 60%-án tartottuk. A lezárt edényeket termosztátba helyeztük és 30 °C-on érleltük. A kísérlet kezeléseit három ismétlésben állítottuk be. A kísérletben alkalmazott kezelések adatait az 1. táblázat tartalmazza.

#### 1. táblázat

#### A kísérletben alkalmazott kezelések

(1) Kezelések	(2) Összes N mg/100 g talaj		$^{15}\text{N}$ atom %	
	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$
A) Kontroll	—	—	—	—
B) $\text{NH}_4\text{NO}_3$	28,14	28,14	—	—
C) $^{13}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	28,89	28,89	9,908	9,908
D) $^{15}\text{N}$ -szerves anyag	11,80	10,96	1,476	1,473
E) $^{15}\text{N}$ -szerves anyag + $\text{NH}_4\text{NO}_3$	39,94	39,10	1,476	1,473

$x_1$  = Karbonátos homoktalaj, Órbottyán;  $x_2$  = Kovárványos barna erdőtalaj, Nyírlugos  
Szerves anyag =  $^{15}\text{N}$  jelzett babszár

Az érlelés alatt vett mintákban a korábbi közleményben leírtakhoz hasonlóan [1] az egyes mintavételek során meghatároztuk a talajok ásványi N-frakcióit, továbbá az utolsó mintavételnél a kötött  $\text{NH}_4\text{-N}$  és az összes nitrogén-mennyiséget. A talajok nitrogén-formáinak meghatározásával egy-

2. táblázat

A talajok  $\text{NO}_3\text{-N}$ - és kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmának változása a kezelés hatására (mg/100 g talaj)

(1) Kezelések	(2) A mintavétel ideje, nap						
	5.	12.	19.	27.	48.	84.	112.
<b>x<sub>1</sub> Karbonátos homoktalaj</b>							
A) Kontroll							
NH <sub>4</sub> -N	0,20	0,14	0,19	0,14	0,17	1,47	—
NO <sub>3</sub> -N	1,53	2,15	2,59	2,90	4,74	4,69	4,63
B) NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>							
NH <sub>4</sub> -N	9,12	0,36	0,20	0,30	0,33	1,65	1,99
NO <sub>3</sub> -N	20,43	29,75	30,64	30,54	33,17	32,30	31,99
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>							
NH <sub>4</sub> -N	9,08	0,30	0,28	0,39	0,36	1,70	0,18
NO <sub>3</sub> -N	20,54	30,16	30,78	30,52	32,89	32,65	31,90
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag							
NH <sub>4</sub> -N	0,78	0,17	0,25	0,25	0,28	1,70	—
NO <sub>3</sub> -N	1,00	3,74	5,69	6,92	9,04	9,82	10,42
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>							
NH <sub>4</sub> -N	13,28	0,33	0,33	0,32	0,24	1,82	—
NO <sub>3</sub> -N	17,38	30,72	32,06	33,10	35,86	36,92	36,95
<b>x<sub>2</sub> Kovárányos barna erdőtalaj</b>							
A) Kontroll							
NH <sub>4</sub> -N	0,67	0,67	0,76	0,29	0,17	1,63	1,82
NO <sub>3</sub> -N	0,37	0,64	0,98	1,33	3,31	2,72	2,75
B) NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>							
NH <sub>4</sub> -N	15,35	15,49	16,00	15,63	15,73	18,50	17,66
NO <sub>3</sub> -N	15,15	15,15	15,40	15,49	16,79	16,18	15,29
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>							
NH <sub>4</sub> -N	15,52	15,60	16,05	16,02	16,30	18,01	18,26
NO <sub>3</sub> -N	15,06	15,32	15,36	15,27	17,82	16,04	15,39
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag							
NH <sub>4</sub> -N	2,41	4,36	5,06	4,07	1,43	3,14	3,63
NO <sub>3</sub> -N	0,17	0,19	1,46	2,83	8,73	9,12	9,13
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>							
NH <sub>4</sub> -N	17,99	19,42	20,54	21,83	20,99	21,84	22,09
NO <sub>3</sub> -N	14,56	14,55	14,83	14,81	18,18	20,06	20,58

időben megmértük az oldatok <sup>15</sup>N relatív gyakoriságát és ennek alapján számítottuk ki a <sup>15</sup>N jelzett trágyából és szerves anyagból származó nitrogénmennyiségeket.

### Az eredmények értékelése

A talajok  $\text{NO}_3\text{-N}$  és kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmának változása

A 2. táblázatban az érlelés alatt vett minták  $\text{NO}_3\text{-N}$  és kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$  tartalmára vonatkozó adatokat foglaltam össze. Az adatokból kitűnik, hogy a trágyázatlan talajok  $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma az érlelés alatt mindkét talajon nőtt. Az is megfigyelhető, hogy az  $\text{NH}_4\text{-N}$  mennyisége az érlelés első szakaszában a nitrifikáció hatására csökkent, majd a 84. és 112. napon feltehetően a talaj szerves anyagának mineralizációja következtében nagyobb  $\text{NH}_4\text{-N}$  értékeket

3. táblázat

**A kezelések hatása a talajok ásványi N-tartalmára**  
( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$  mg/100 g talaj)

(1) Kezelések	(2) A mintavétel ideje, nap							(3) Átlag
	5.	12.	19.	27.	48.	84.	112.	
<b>x<sub>1</sub> Karbonátos homoktalaj</b>								
A) Kontroll	1,73	2,29	2,79	3,04	4,91	6,15	4,63	3,65
B) $\text{NH}_4\text{NO}_3$	29,55	30,11	30,84	30,84	33,50	33,95	33,98	31,82
C) $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	29,62	30,47	31,06	30,90	33,25	34,35	32,08	31,68
D) $^{15}\text{N}$ -szerves anyag	1,79	3,91	5,94	7,17	9,32	11,53	10,42	7,15
E) $^{15}\text{N}$ -szerves anyag + + $\text{NH}_4\text{NO}_3$	30,67	31,06	32,40	33,42	36,10	38,74	36,95	34,19
Átlag	18,67	19,57	20,60	21,07	23,41	24,94	23,61	21,70
<b>x<sub>2</sub> Kovárányos barna erdőtalaj</b>								
A) Kontroll	1,04	1,32	1,74	1,63	3,48	4,35	4,57	2,59
B) $\text{NH}_4\text{NO}_3$	30,50	30,64	31,40	31,12	32,52	34,69	32,95	31,98
C) $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$	30,58	30,92	31,41	31,30	34,12	34,05	33,65	32,29
D) $^{15}\text{N}$ -szerves anyag	2,58	4,56	6,52	6,90	10,16	12,26	12,76	7,96
F) $^{15}\text{N}$ -szerves anyag + + $\text{NH}_4\text{NO}_3$	32,55	33,97	35,37	36,64	39,17	41,90	42,67	37,47
Átlag	19,45	20,28	21,29	21,52	23,89	25,45	25,32	22,46

(4)  
Variancia táblázat

Tényező	SQ	FG	MQ	F	SzD, %
<b>x<sub>1</sub></b>					
a) Kezelés	18 803,41	4	4700,85	19 649,65xxx	0,30
b) Mintavétel	486,37	6	81,06	338,84xxx	0,36
c) Kölcsönhatás	74,98	24	3,12	13,06xxx	0,80
d) Hiba	16,75	70	0,24		
e) Összesen:	19 381,51	104	186,36		CV = 2,25
<b>x<sub>2</sub></b>					
a) Kezelés	21 365,42	4	5341,35	20 372,34xxx	0,31
b) Mintavétel	528,73	6	88,12	336,11xxx	0,37
c) Kölcsönhatás	141,00	24	5,88	22,41xxx	0,83
d) Hiba	18,35	70	0,26		
e) Összesen:	22 053,50	104	212,05		CV = 2,27

mértünk. A kísérlet beállítását követő 5. napon a talajok ásványi N-tartalma 1,04–1,73 mg/100 g talaj volt, a 112. napon elérte a 4,63–4,57 mg-ot. Az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  hatására jelentősen megnőtt a talajok ásványi N-tartalma. Az örbottyáni meszes homokon az ammónium-nitrát  $\text{NH}_4\text{-N}$ -je az érlelés folyamán gyorsan nitrifikálódott. Az 5. napon 9,08–9,12 mg  $\text{NH}_4\text{-N}$ -t mértünk, azt követően folyamatosan csökkent, a 19. napon már csak 0,20–0,28 mg  $\text{NH}_4\text{-N}$ -t határoztunk meg. A 19. nap után a kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ -mennyiség fokozottan nőtt, feltehetően az immobilizált N mobilizációjának hatására. A 84. napon már 1,65–1,70 mg volt a kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ -mennyisége. A  $\text{NO}_3\text{-N}$ -mennyiség az 5. napon (20,43–20,54 mg/100 g talaj) mért értékekhez viszo-

4. táblázat

A jelzett anyagból származó ásványi N-mennyiség (mg/100 g talaj)

(1) Kezelések	(2) A mintavétel ideje, nap							(3) Átlag
	5.	12.	19.	27.	48.	84.	112.	
<b>x<sub>2</sub> Karbonátos homoktalaj</b>								
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>	28,84	29,29	29,05	27,43	28,46	31,81	28,41	29,04
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag	—	—	3,99	5,05	5,84	6,26	7,64	4,11
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	7,19	5,43	6,50	9,66	8,98	8,53	10,55	8,12
Átlag	12,01	11,57	13,18	14,05	14,43	15,53	15,53	13,76
<b>x<sub>1</sub> Kovárványos barna erdőtalaj</b>								
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>	28,89	28,72	28,41	29,29	31,78	31,32	28,67	29,58
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag	2,05	3,07	4,21	4,34	7,02	8,39	7,80	5,27
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	4,68	5,11	5,68	5,99	12,31	11,26	9,53	7,79
Átlag	11,87	12,30	12,77	13,21	17,03	16,99	15,34	14,21

(4)  
Varianscia táblázat

Tényező	SQ	FG	MQ	F	SzD <sub>s</sub> %
<b>x<sub>1</sub></b>					
a) Kezelés	7526,49	2	3763,25	7094,41xxx	0,45
b) Mintavétel	134,89	6	22,48	42,48xxx	0,69
c) Kölesönhatás	122,37	12	10,20	19,22xxx	1,19
d) Hiba	22,28	42	0,53		
e) Összesen	7806,03	62	125,90		CV = 5,29
<b>x<sub>2</sub></b>					
a) Kezelés	7505,83	2	3752,92	1993,73xxx	0,85
b) Mintavétel	262,59	6	43,77	23,25xxx	1,30
c) Kölesönhatás	60,79	12	5,07	2,69xx	2,25
d) Hiba	79,06	42	1,88		
e) Összesen	7908,27	62	127,55		CV = 9,65

nyítva az érlelés alatt jelentősen nőtt és elérte a ~32 mg-ot. A nyírlugosi barna erdőtalajon a talajhoz adott NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> transzformációja a fentiektől eltérően alakult. Az 5. napon ~ 15 mg volt a kicserélhető NH<sub>4</sub>-N és hasonló a NO<sub>3</sub>-N mennyisége is. Az érlelés folyamán ezen a talajon a kicserélhető NH<sub>4</sub>-N mennyisége nem csökkent, sőt a 84. napon egy kevéssel, mintegy 3 mg-mal nőtt. A talaj NO<sub>3</sub>-N-tartalma az érlelés alatt lényegében nem változott. Mindezek az adatok azt mutatják, hogy a nyírlugosi kovárványos barna erdőtalajon a savas kémhatás a nitrifikációs folyamatot gátolta és a beadott NH<sub>4</sub>-N nem nitrifikálódott.

A szerves anyag (<sup>15</sup>N-babszár), valamint a szerves anyag (<sup>15</sup>N-babszár) + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> kezeléseken a szerves anyag mineralizációja során keletkezett ásványi nitrogén transzformációja a vizsgált két talajon szintén eltérő volt. Az órbottyáni meszes homokon az ammonifikáció folyamán keletkezett NH<sub>4</sub>-N gyorsan nitrifikálódott és végső soron a talajba adott szerves anyag nitrogénje

## 5. táblázat

## A jelzett anyagból származó ásványi N-mennyiség az adott N %-ában

(1) Kezelések	(2) A mintavétel ideje, nap						(3) Átlag	
	5.	12.	19.	27.	48.	84.		112.
<b>x<sub>2</sub> Karbonátos homoktalaj</b>								
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>	99,83	101,38	100,55	94,94	98,50	110,10	98,33	100,52
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag	—	—	33,83	42,85	49,49	53,05	64,73	34,85
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	60,89	45,98	55,09	81,87	76,10	72,25	89,34	68,79
Átlag	53,57	49,12	63,16	73,22	74,70	78,47	84,14	68,05
<b>x<sub>1</sub> Kovárányos barna erdőtalaj</b>								
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>	99,99	99,40	98,34	101,38	110,00	108,41	99,24	102,40
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag	18,67	27,98	38,41	36,59	64,02	76,55	71,20	47,63
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	42,73	46,66	51,79	54,61	112,27	102,69	86,96	71,10
Átlag	53,80	58,01	62,85	64,19	95,43	95,88	85,80	73,71

## (4)

## Varianscia táblázat

Tényező	SQ	FG	MQ	F	SzD,%
<b>x<sub>1</sub></b>					
a) Kezelés	45 296,16	2	22 648,08	881,61xxx	3,14
b) Mintavétel	9270,31	6	1545,05	60,14xxx	4,80
c) Kölcsönhatás	7215,19	12	601,27	23,41xxx	8,32
d) Hiba	1078,96	42	25,69		
e) Összesen	62 860,62	62	1013,88	CV = 7,45	
<b>x<sub>2</sub></b>					
a) Kezelés	31 703,07	2	15 851,53	339,20xxx	4,24
b) Mintavétel	17 649,47	6	2941,58	62,95xxx	6,48
c) Kölcsönhatás	7009,98	12	584,17	12,50xxx	11,22
d) Hiba	1962,73	42	46,73		
e) Összesen	58 325,25	62	940,73	CV = 9,27	

NO<sub>3</sub>-N formában jelent meg. A nyírlugosi savanyú homokon viszont jelentős a kicserélhető NH<sub>4</sub>-N mennyisége. A két talaj között még szembetűnőbb a különbség, ha a talajba adott nitrogén átalakulási folyamatait a szerves anyag + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> kezelésben vizsgáljuk. Az érlelés 5. napján meghatározott kicserélhető NH<sub>4</sub>-N az őrbottyáni meszes homokon 13,28 mg volt, ez a mennyiség az érlelés folyamán jelentősen csökkent. A NO<sub>3</sub>-N-tartalomban viszont növekedés tapasztalható. Ez a 112. napon elérte a 36,95 mg-ot. A nyírlugosi savanyú homokon az 5. napon 17,99 mg NH<sub>4</sub>-N-t határoztunk meg. Az inkubáció alatt ez növekedett és a 112. napon elérte a 22,09 mg-ot. A NO<sub>3</sub>-N mennyisége 14,56 mg-ról 20,58 mg-ra nőtt az érlelés alatt. A 3. táblázatban összefoglalt adatok igazolják, hogy mind az NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> mind a szerves anyagként adott bab-szár megbízhatóan növelte a talajok ásványi nitrogéntartalmát. Ennek mennyisége viszont az érlelés alatt a mobilizációs-immobilizációs folyamatokkal összefüggően változott.

6. táblázat

A jelzett anyagból származó összes N, valamint az ásványi N és a kötött NH<sub>4</sub>-N mennyisége az összes N %-ában a 112. napon

(1) Kezelések	(2) Összes N mg/100 g talaj	(3) Jelzett anyagból származó N		(4) Ásványi N		(5) Kötött NH <sub>4</sub> -N		(6) N-többlet mg/100 g talaj
		%	mg	mg/100 g talaj	az ösz- szes N %-ában	mg/100 g talaj	az ösz- szes N %-ában	
<b>x<sub>1</sub> Karbonátos homoktalaj</b>								
A) Kontroll	66,78			4,63	6,93	6,08	9,10	
B) NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	97,04			33,98	35,02	6,26	6,45	
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>	97,73	30,63	29,94	32,08	32,83	6,53	6,73	+1,05
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag	81,06	17,01	13,79	10,42	12,85	6,31	7,78	+1,99
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	109,24	11,40	12,45	36,95	33,82	7,27	6,66	+0,65
<b>x<sub>2</sub> Kovárányos barna erdőtalaj</b>								
A) Kontroll	29,48			4,57	15,50	6,30	21,68	
B) NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	60,02			32,95	54,90	6,93	11,55	
C) <sup>15</sup> NH <sub>4</sub> <sup>15</sup> NO <sub>3</sub>	59,65	54,92	32,76	33,65	56,41	7,03	11,79	+3,87
D) <sup>15</sup> N-szerves anyag	42,90	32,52	13,95	12,76	29,74	6,58	15,34	+2,99
E) <sup>15</sup> N-szerves anyag + + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	70,37	16,34	11,50	42,67	59,95	6,78	9,53	+0,54

A jelzett műtrágyából és szerves anyagból származó ásványi N-tartalom

A 4. és 5. táblázat adataiból világosan kitűnik, hogy a kezelések hatására szignifikánsan nőtt a jelzett anyagokból származó nitrogén mennyisége. A mintavétel idejétől függően szintén megbízhatóan változott a talajban meghatározott jelzett nitrogénmennyiség. A kölcsönhatás 0,1%-os szinten szignifikáns, az inkubációs idő megbízhatóan befolyásolta a kezelés-hatást.

Az 5. napon vett mintákban ~ 29 mg ásványi nitrogén származott a jelzett ammónium-nitrátból. Ez az érték az érlelés alatt a mobilizációs-immobilizációs folyamatokkal összefüggően kisebb mértékben szignifikánsan változott.

A <sup>15</sup>N jelzett szerves anyagból lebomlott ásványi nitrogén az érlelés folyamán szignifikánsan nőtt és a 112. napon közel 8 mg-ot határoztunk meg. A szerves anyag + N-műtrágya kezeléseknél a jelzett anyagból származó N-mennyiség valamennyi esetben szignifikánsan felülmúlta a csak szerves anyag kezeléseknél mért értékeket. A szerves anyaggal együtt adott N-műtrágya kedvezően hatott a szerves anyag mineralizációjára.

Az 5. táblázat adatai azt mutatják, hogy a több, mint 3 hónapos érlelés után a beadott ammónium-nitrát 98,3—99,2%-át ásványi N-formában mutatuk ki. A talajba juttatott szerves nitrogén 64,7—71,2%-át NO<sub>3</sub>-N és NH<sub>4</sub>-N formában határoztuk meg. A N-trágyázás hatására nőtt a szerves anyagból származó N-mennyiség, a szerves nitrogénnek 86,9—89,3%-a mineralizálódott.

A kötött NH<sub>4</sub>-N és az összes N-tartalom változása

Az utolsó mintavételkor, a 112. napon meghatároztuk a talajok kötött NH<sub>4</sub>-N mennyiségét és az összes nitrogéntartalmát is. A 6. táblázat ada-

taiból kitűnik, hogy a vizsgált homoktalajok fixált  $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalma a kezelések hatására lényegében nem változott. Mindössze egy esetben, az órbottyáni karbonátos homokon a szerves anyag +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kezelésben mutattunk ki szignifikáns 19,5%-os növekedést a kötött  $\text{NH}_4\text{-N}$  mennyiségében.

A kezelések hatása a talajok összes nitrogéntartalmában jól mérhető. Az összes nitrogénnek a jelzett anyagból származó részét illetően megállapítható, hogy az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  hatására a talajok összes nitrogéntartalmának 30,6–54,9%-a származott a bevitt N-vegyületből, míg 17,0–32,5%-a, illetve a szerves anyag +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kezelésben 11,4–16,3%-a a jelzett szerves anyagból. Az adatok alapján megállapítható az is, hogy a kísérletben a több hónapos érlelés után sem mutattunk ki N-veszteséget.

### Összefoglalás

A nitrogénműtrágya transzformációjának és a szerves anyag mineralizációjának tanulmányozására a korábban megkezdett érleléses tenyészedeny modellkísérletünket tovább folytattuk. Jelen közleményben egy karbonátos és egy savanyú homoktalajon beállított kísérlet eredményéről számolok be.

A kísérletben jelzetlen és jelzett  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ -ot és  $^{15}\text{N}$ -babszárat alkalmaztunk. Az érlelés alatt vett mintákban meghatároztuk a talajok  $\text{NO}_3\text{-N}$  és kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmát, az utolsó mintavételkor, a 112. napon a fixált  $\text{NH}_4\text{-N}$  és az összes nitrogén mennyiségét is.

A trágyázatlan talaj  $\text{NH}_4\text{-N}$ -mennyisége az érlelés alatt elenyésző volt. Az utolsó mintavételkor a szerves anyag megélenkülő ásványosodásának hatására viszont nőtt a kicserélhető  $\text{NH}_4\text{-N}$ -mennyisége. Ez a folyamat az egyes kezeléseknél is jól érzékelhető.

A  $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom az érlelés folyamán mindkét talajon nőtt. Az összes ásványi nitrogénmennyiség növekedése az érlelés alatt a két talajon közel azonos mértékű volt.

A trágya-nitrogén teljes egészében — 98–99%-ban — még az utolsó mintavételnél is ásványi N-formában mutattuk ki. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy az ammónium-nitrát transzformációja a két talajon eltérő. Karbonátos homokon az  $\text{NH}_4\text{-N}$  gyorsan nitrifikálódott és az ásványi N  $\text{NO}_3\text{-N}$ -formában mérhető, savanyú homokon viszont a beadott  $\text{NH}_4\text{-N}$  nem nitrifikálódott és ammónium formában maradt.

A szerves anyag ásványosodása során felszabadult nitrogén növelte a talajok felvehető nitrogéntartalmát. A 19. napon a szerves anyaggal beadott nitrogénnek 33,8–38,4%-a, az utolsó mintavételnél a 112. napon 64,7–71,2%-a ásványi N-formában volt kimutatható. A szerves anyag ásványosodását a N-műtrágya megbízhatóan növelte, a 19. napon a bevitt nitrogénnek a felét, az utolsó mintavételnél 86,9–89,3%-át mutattuk ki ásványi N-formában.

Az adatokból az is kitűnik, hogy a N-műtrágya átalakulási folyamataihoz hasonlóan a két homoktalajon eltérő a szerves anyag mineralizációja során keletkezett N-formák transzformációja is. A karbonátos homokon az ammónifikáció folyamán keletkezett ammónium gyorsan nitrifikálódott és a szerves anyag nitrogénje  $\text{NO}_3$ -formában jelent meg. A savanyú homokon viszont jelentős a kicserélhető ammónium mennyisége. A két talaj között még szembe-tűnőbb a különbség, ha a talajba adott nitrogén átalakulási folyamatait a szerves anyag +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kezelésben vizsgáljuk.

A N-műtrágyázás és a szerves anyag a vizsgált homoktalajok fixált  $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmát nem növelte, mindössze egy esetben, karbonátos homokon a szerves anyag +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kezelésben mutattunk ki szignifikáns növekedést.

A kezelések hatása a talajok összes nitrogéntartalmában jól mérhető. A kísérletben a több hónapos érlelés után sem mutattunk ki N-veszteséget.

### Irodalom

- [1] AMATO, M. & LADD, J. N.: Studies of Nitrogen Immobilization and Mineralization in Calcareous Soils. V. Formation and Distribution of Isotope-labelled Biomass during Decomposition of  $^{14}\text{C}$ - and  $^{15}\text{N}$ -labelled Plant Material. *Soil Biol. & Biochem.* **12**. 405–411. 1980.
- [2] GANRY, F., GUIRAUD, G. & DOMMERGUES, Y.: Effect of Straw Incorporation on the Yield and Nitrogen Balance in the Sandy Soil-Pearl Millet Cropping System of Senegal. *Plant and Soil*. **50**. 647–662. 1978.
- [3] KANAMORI, T. & YASUDA, T.: Immobilization, Mineralization and the Availability of the Fertilizer Nitrogen during the Decomposition of the Organic Matters Applied to the Soil. *Plant and Soil*. **52**. 219–227. 1979.
- [4] KELLY, J. M. & HENDERSON, G. S.: Effects of Nitrogen and Phosphorus Additions on Deciduous Litter Decomposition. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.* **42**. 972–976. 1978.
- [5] KOREN'KOV, D. A., LAVROVA, I. A. & HARCSENKO, N. V.: Iszpol'zovanie rasztenijami i transzformacija azota v pocsve pri vneszenii mineralnih udobrenij i organicseszkoego vcseszstva. *Agrohimiya*. (7) 3–7. 1979.
- [6] LATKOVICS, GY.-NÉ: A N-műtrágya transzformációjának és a szerves N mineralizációjának tanulmányozása  $^{15}\text{N}$  stabil izotópjelzéssel. I. Csernozjom jellegű barna erdőtalajon a N-formák átalakulása modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 473–486. 1979.
- [7] SACHDEV, M. S., SUBBIAH, B. V. & OZA, A. M.: Transformation of Applied Nitrogen as Wheat Straw and Urea under Submerged Soil Conditions — Studies with  $^{15}\text{N}$ . *Technology, India*. **11**. (1) 93–94. 1974.
- [8] SZUKOV, A. A.: Iszpol'zovanie rasztenijami azota pocsvi i udobrenij. *Agrohimiya*. (2) 15–19. 1978.
- [9] WÓJCIK-WOJTKOWIAK, D.: Nitrogen Transformation in Soil during Humification of Straw Labelled with  $^{15}\text{N}$ . *Plant and Soil*. **49**. 49–55. 1978.
- [10] YONEYAMA, T. & YOSHIDA, T.: Decomposition of Rice Residue in Tropical Soils. I. Nitrogen Uptake by Rice Plants from Straw Incorporated, Fertilizer (Ammonium Sulfate) and Soil. II. Immobilization of Soil and Fertilizer Nitrogen by Intact Rice Residue in Soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* **23**. (1) 33–40., 41–48. 1977.
- [11] YOSHIDA, T. & PADRE, B. C. JR.: Transformation of Soil and Fertilizer Nitrogen in Paddy Soil and their Availability to Rice Plants. *Plant and Soil* **47**. 113–123. 1977.

Érkezett: 1981. február 3.

## Investigations with $^{15}\text{N}$ of the Transformation of N-Fertilizers and the Mineralisation of Organic N.

### II. Transformation of N Forms in Calcareous and Acidic Sandy Soils

#### I. LATKOVICS

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

#### Summary

The results presented in the paper are part of a series of model soil incubation experiments, carried out in pots, in order to study the transformation of nitrogen fertiliser and the mineralisation of organic matter, in this case on calcareous and acidic sandy soils.

Composite samples taken from the upper ploughed layer of a calcareous sandy soil with pH 7.4 and 1% humus content ( $x_1$ ) and a brown forest soil with pH 4.6 and 0.7% humus content ( $x_2$ ) were used in the experiment.

Both groups were supplied with ammonium nitrate labelled with  $^{15}\text{N}$  and organic matter in the form of ground, air dry bean stalks containing 2.74–2.95% N labelled with  $^{15}\text{N}$ . The bean plants were grown in a preliminary pot experiment using fertiliser labelled with  $^{15}\text{N}$ . The organic matter made up 0.4% of the measured soil quantity.

The closed pots were placed in a thermostat and incubated at 30 °C. The moisture content of the soil was maintained at 60% of maximum water holding capacity. Samples were taken during the process to determine the  $\text{NO}_3\text{-N}$  and exchangeable  $\text{NH}_4\text{-N}$  contents of the soils. At the last sampling, on the 112th day, the fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$  and the total nitrogen content were also determined.

The  $\text{NH}_4\text{-N}$  content of unfertilised soil was negligible consistently. At the last sampling date, however, due to the accelerated mineralisation of the organic matter, the amount of exchangeable ammonium increased.

This process can be followed clearly in the individual treatments.

The  $\text{NO}_3\text{-N}$  content increased in both incubated soils.

The increase in the total amount of mineral nitrogen during composting was almost identical for both soils.

Almost the whole (98–99%) of the fertiliser nitrogen was found to be in the form of mineral nitrogen even at the last sampling date. At the same time, the transformation of ammonium nitrate was found to differ in the two soils. In calcareous sand ammonium is rapidly nitrified and the mineral nitrogen can be measured in the form of nitrate, whereas on acidic sand the ammonium added was not nitrified and remained in the form of  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

The nitrogen liberated during the mineralisation of organic matter increased the available nitrogen content of the soils. On the 19th day 33.8–38.4% of the nitrogen added as organic matter could be demonstrated in mineral form. On the 112th day this figure was 64.7–71.2%. The addition of N-fertiliser significantly increased the mineralisation of organic matter: on the 19th day half, and at the last sampling date 86.9–89.3% of the added nitrogen was found in the form of mineral nitrogen.

The data also show that not only the transformation of N-fertiliser, but also the transformation of N forms evolved during the mineralisation of organic matter differ in the two soils. In calcareous soil ammonium produced by ammonification is rapidly nitrified and the nitrogen liberated from the organic matter appears in the form of  $\text{NO}_3\text{-N}$ . In acidic soil, however, there is a considerable rise in the quantity of exchangeable ammonium. The difference between the two soils is even more pronounced if the transformation of nitrogen added to the soil is studied in the organic matter +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  treatment.

The N fertilisation and organic matter did not increase the fixed ammonium content of the sandy soils examined; only in one case, in the organic matter +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  treatment on calcareous soil, could a significant increase be demonstrated.

The effect of the treatments on the total nitrogen content of the soils could be well registered. No N loss was found in the experiment, even after several months incubation.

*Table 1.* Treatments used in the experiment. (1) Treatments: A) Control; B)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; C)  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ; D) Organic matter 0.4%  $^{15}\text{N}$ -bean stalks; E) Organic matter +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . (2) Total N mg/100 g soil.  $x_1$  = calcareous sandy soil;  $x_2$  = brown forest soil.

*Table 2.* Changes in the  $\text{NO}_3\text{-N}$  and exchangeable  $\text{NH}_4\text{-N}$  contents of the soil due to the effect of the treatments (mg/100 g soil). (1) Treatments: A)–E), see Table 1.  $x_1$  and  $x_2$  the two types of soil. (2) Date of sampling, days.

*Table 3.* Effect of treatments on the mineral N content of the soils ( $\text{NH}_4\text{-N}$  +  $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/100 g soil). (1) Treatments. (2) Date of sampling, days. (3) Mean. (4) Table of variance: Factors: a) Treatment; b) Sampling; c) Interaction; d) Error; e) Total.

*Table 4.* Quantity of mineral N originating from labelled material (mg/100 g soil). For legends, see Table 3.

*Table 5.* Quantity of mineral N originating from labelled material as a % of added N. For legends, see Table 3.

*Table 6.* Mineral N and fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$  as % of total N, and total N originating from labelled material on the 112th day of composting. (1) Treatments. (2) Total N. (3) Mineral N mg/100 g soil and as % of total N. (4) Fixed  $\text{NH}_4\text{-N}$ . (5) Total N originating from labelled material, % and mg. (6) N surplus mg/100 g soil.

**Studien über die Transformation des N-Mineraldüngers  
und die Mineralisation des organischen Stickstoffes mit Hilfe  
des stabilen Isotopes  $^{15}\text{N}$ .**

**II. Transformation der N-Formen von karbonathaltigen und sauren Sandböden**

I. LATKOVICS

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

**Zusammenfassung**

Zwecks Studium der Transformation des N-Mineraldüngers und der Mineralisation der organischen Stoffe wurde der früher begonnene Inkubations-Modellgefäßversuch fortgesetzt. Jetzt wird über die Resultate je eines Versuches auf karbonathaltigem und auf saurem Sandboden berichtet.

Für den Versuch wurden je eine Durchschnittsprobe aus der Ackerkrume eines karbonathaltigen Sandbodens ( $\text{pH} = 7,4$ , Humusgehalt: 1%) [ $x_1$ ] und eines braunen Waldbodens mit eingelagerten Kolloid- und Sesquioxid-schichten (=kovárvány) ( $\text{pH} = 4,6$ , Humusgehalt: 0,7%) [ $x_2$ ] verwendet.

Im Versuch wurde einheitlich mit  $^{15}\text{N}$  markiertes Ammoniumnitrat und als organischer Stoff mit  $^{15}\text{N}$  markierte, lufttrockene, gemahlene Bohnenstengel (N-Gehalt: 2,74–2,95%) verwendet. Die Bohnenpflanzen wurden in einem Gefäßversuch mit  $^{15}\text{N}$  markiertem Mineraldünger gezogen. Der organische Stoff betrug 0,4% der eingewogenen Bodenmenge.

Die verschlossenen Gefäße wurden im Thermostat bei 30 °C gehalten. Die Bodenfeuchtigkeit wurde auf 60% der  $\text{WK}_{\text{max}}$  eingestellt. Bei den Probenahmen während der Inkubation wurden der  $\text{NO}_3\text{-N}$ - und der austauschbare  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt bestimmt; bei der letzten Probenahme (am 112. Tag) auch das fixierte  $\text{NH}_4\text{-N}$  und die Gesamtmenge des N.

Die  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Menge des ungedüngten Bodens war während der Inkubation recht gering. Bei der letzten Probenahme hingegen nahm die Menge des austauschbaren  $\text{NH}_4\text{-N}$  infolge der beschleunigten Mineralisation des organischen Stoffes zu.

Dieser Prozess war auch bei den einzelnen Varianten gut wahrnehmbar. Der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalt nahm während der Inkubation in beiden Böden zu. Die Zunahme der gesamten Menge des mineralischen Stickstoffes war in beiden Böden während der Inkubation nahezu gleich gross.

Das Dünger-N konnte sogar bei der letzten Probenahme in Gänze (98–99%) in Form von mineralischem N nachgewiesen werden. Gleichzeitig konnte festgestellt werden, dass die Transformation des Ammoniumnitrates in den untersuchten Böden von einander abweicht. Im karbonathaltigen Sandboden wurde das  $\text{NH}_4\text{-N}$  schnell in  $\text{NO}_3\text{-N}$  umgewandelt und das mineralische N konnte in Form von  $\text{NO}_3\text{-N}$  bestimmt werden. Im sauren Sandboden hingegen bildete sich das zugeführte  $\text{NH}_4\text{-N}$  nicht um.

Das infolge der Mineralisation des organischen Stoffes frei gewordene N erhöhte den aufnehmbaren Stickstoffgehalt der Böden: am 19. Tag waren 33,8–38,4% des in Form von organischem Stoff zugeführten Stickstoffes in mineralischer Form nachweisbar, bei der letzten Probenahme (am 112. Tag) 64,7–71,2%. Die Mineralisation des organischen Stoffes wurde durch den N-Mineraldünger gesichert erhöht: am 19. Tag wurde die Hälfte, bei der letzten Probenahme 86,9–89,3% des gegebenen Stickstoffes in Form von mineralischem N bestimmt.

Aus den Resultaten ist ersichtlich, dass — ähnlich wie bei den Umwandlungsvorgängen des N-Mineraldüngers — in den beiden Sandböden auch die Transformation der im Laufe der Mineralisation des organischen Stoffes entstandenen N-Formen von einander abweicht. Das im Laufe der Ammonifikation in dem karbonathaltigen Sandboden entstandene  $\text{NH}_4\text{-N}$  verwandelte sich schnell und das N des organischen Stoffes erschien in Form von  $\text{NO}_3\text{-N}$ . In dem sauren Sandboden hingegen ist die Menge des austauschbaren Ammoniums bedeutend. Noch augenfälliger ist der Unterschied zwischen den beiden Böden, wenn die Umwandlungsvorgänge des in den Boden gegebenen Stickstoffes in der Variante »organischer Stoff +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ « untersucht werden. Der fixierte  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt der untersuchten Böden wurde durch N-Mineraldüngung und organische Stoff-Zufuhr nicht

erhöht, nur in einem einzigen Fall konnte im karbonathaltigen Boden eine signifikante Zunahme nachgewiesen werden.

Die Wirkung der Dünger-Varianten konnte im gesamten N-Gehalt der Böden leicht bestimmt werden. Auch nach einer mehr Monate hindurch andauernden Inkubation konnte im Versuch kein N-Verlust bewiesen werden.

*Tab. 1.* Versuchsvarianten. (1) Varianten: A) Ungedüngt; B)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; C)  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ; D) organischer Stoff (mit  $^{15}\text{N}$  markierte Bohnenstengel); E) organischer Stoff +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . (2) Gesamte N-Menge, mg N/100 g Boden.  $x_1$  = karbonathaltiger Sandboden;  $x_2$  = brauner Waldboden mit »kovárvány« (eingelagerte Kolloid- und Sesquioxidschichten).

*Tab. 2.* Änderungen im  $\text{NO}_3$ -N- und im austauschbaren  $\text{NH}_4$ -N-Gehalt der Böden infolge der Düngungsvarianten (mg/100 g Boden). (1) Varianten: A)–E) s. Tab. 1.  $x_1$  und  $x_2$ : die Versuchsböden. (2) Zeitpunkt der Probenahme, Tag.

*Tab. 3.* Einfluss der Düngungsvarianten auf den mineralischen N-Gehalt der Böden ( $\text{NH}_4$ -N +  $\text{NO}_3$ -N mg/100 g Boden). (1) Varianten. (2) Zeitpunkt der Probenahme, Tag. (3) Mittelwert. (4) Varianztabelle: Faktoren: a) Variante; b) Probenahme; c) Wechselwirkung; d) Fehler; e) insgesamt.

*Tab. 4.* Die aus dem markierten Material stammende mineralische N-Menge (mg/100 g Boden). Bezeichnungen s. Tab. 3.

*Tab. 5.* Die aus dem markierten Material stammende mineralische N-Menge in % des gegebenen Stickstoffes. Bezeichnungen s. Tab. 3.

*Tab. 6.* Mineralisches N und fixiertes  $\text{NH}_4$ -N in % des gesamten Stickstoffes, und die aus dem markierten Material stammende gesamte N-Menge am 112. Tag der Inkubation. (1) Varianten. (2) Gesamtes N. (3) Aus dem markierten Material stammendes gesamtes N, % und mg. (4) Mineralisches N, mg/100 g Boden und in % des gesamten N. (5) Fixiertes  $\text{NH}_4$ -N. (6) Überschuss an N, mg/100 g Boden.

## Изучение трансформации азотных минеральных удобрений и минерализации органического азота методом мечения стабильным изотопом $^{15}\text{N}$ .

### II. Изменение форм азота в карбонатных и кислых песчаных почвах

И. ЛАТКОВИЧ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

#### Резюме

Продолжали ранее начатые вегетационные модельные опыты с инкубацией по изучению трансформации азотных минеральных удобрений и минерализации органического азота. В настоящей работе приведены результаты опыта, проведенного на карбонатной и кислой песчаных почвах.

В опыте использовали средние образцы из верхних пахотных горизонтов карбонатной песчаной почвы ( $x_1$ ) (рН 7,4, содержание гумуса 1%) и коварванной бурой лесной почвы ( $x_2$ ) (рН 4,6, содержание гумуса 0,7%).

В обоих группах опыта использовали  $^{15}\text{N}$  нитрат аммония меченный  $^{15}\text{N}$ , а в качестве органического вещества вносили меченные  $^{15}\text{N}$ , воздушносухие, размельченные стебли фасоли. Фасоль предварительно выращивали в вегетационных сосудах с внесением меченного  $^{15}\text{N}$  азотного минерального удобрения. Органическое вещество составляло 0,4% от навески почвы.

Закрытые вегетационные сосуды поместили в термостат и инкубировали почву при температуре 30 °С. Влажность почвы постоянно поддерживали на уровне 60% от максимальной влагоемкости. В образцах, взятых в ходе инкубации, определили содержание  $\text{NO}_3$ -N и обменного  $\text{NH}_4$ -N, в последних образцах, на 112 день инкубации, определили содержание фиксированного  $\text{NH}_4$ -N и общего азота.

Содержание  $\text{NH}_4\text{-N}$  в неудоженной почве за период инкубации было ничтожным. В последних образцах, в конце вегетации под действием интенсивной минерализации органического вещества содержание обменного  $\text{NH}_4\text{-N}$  значительно увеличилось. Этот процесс наблюдается и на других вариантах.

Содержание  $\text{NO}_3\text{-N}$  в ходе инкубации увеличилось в обеих почвах. Увеличение содержания общего азота при инкубации в той и другой почве было примерно одинаковым.

Азот удобрения, даже в последних образцах, почти полностью (98–99%) оставался в форме минерального азота. В то же время можно было установить и то, что трансформация нитрата аммония в двух почвах различалась. Аммоний в карбонатной песчаной почве быстро нитрифицировался и минеральный азот переходил в нитратную форму, в кислой песчаной почве не наблюдали нитрификации аммония, он оставался в форме  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

Азот, освободившийся в ходе минерализации органического вещества, увеличил в почвах содержание усвояемого азота. На 19 день инкубации в минеральной форме находилось 33,8–38,4% азота, внесенного вместе с органическим веществом, на 112 день — это составило уже 64,7–71,2%. Азотные удобрения достоверно способствовали минерализации органического вещества, на 19 день половина внесенного азота, в последних образцах — 86,9–89,3% азота, находилось в минеральной форме.

Результаты показали, что подобно процессам превращения азотного минерального удобрения, в двух песчаных почвах различна и трансформация форм азота, образующихся при минерализации органического вещества. В карбонатной песчаной почве аммоний, образующийся в процессе аммонификации, быстро минерализуется и азот органического вещества принимает форму  $\text{NO}_3\text{-N}$ . В кислой песчаной почве значительно содержание обменного аммония. Еще значительнее разница между двумя почвами, если процессы превращения внесенного в почву азота изучаем на вариантах с внесением органического вещества +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Внесение азотных минеральных удобрений и органического вещества не увеличило в изученных почвах содержания фиксированного аммония, только в одном случае на карбонатной песчаной почве получили достоверное увеличение его содержания.

Общее содержание азота хорошо отражает влияние обработок. В опыте не наблюдали потерю азота, даже после многомесячной инкубации.

*Табл. 1.* Варианты опыта: (1) Варианты: А) Контроль. В)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . С)  $^{15}\text{NH}_4\text{ }^{15}\text{NO}_3$ . D) 0,4% стеблей фасоли, меченных  $^{15}\text{N}$ . Е) Органическое вещество +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . (2) Общий азот в мг/100 г почвы.  $x_1$  = карбонатная песчаная почва.  $x_2$  = коварванная бурая лесная почва.

*Табл. 2.* Изменение содержания в почвах  $\text{NO}_3\text{-N}$  и обменного  $\text{NH}_4\text{-N}$  под влиянием вариантов (мг/100 г почвы). (1) Варианты. От А) до Е) смотри в таблице 1.  $x_1$  и  $x_2$  — два типа почвы. (2) Время взятия образцов, день.

*Табл. 3.* Влияние вариантов на содержание минерального азота в почве ( $\text{NH}_4\text{-N}$  +  $\text{NO}_3\text{-N}$  мг/100 г почвы). (1) Варианты. (2) Время взятия образца, день. (3) Среднее. (4) Вариационная таблица. Факторы: а) Обработка. б) Взятие образцов. с) Взаимодействие. d) Ошибка. е) Всего.

*Табл. 4.* Минеральный азот происходящий из меченного материала (мг/100 г почвы). Обозначения смотри в таблице 3.

*Табл. 5.* Количество минерального азота, происходящего из меченного материала в % от внесенного азота. Обозначения смотри в таблице 3.

*Табл. 6.* Минеральный и связанный  $\text{NH}_4\text{-N}$  в %-ах от общего азота, а также общее количество азота, происходящего из меченного материала, на 112 день инкубации. (1) Варианты. (2) Общий азот. (3) Общий азот происходящий из меченного материала в % и мг. (4) Минеральный азот в мг/100 г почвы и в % от общего азота. (5) Связанный  $\text{NH}_4\text{-N}$ . (6) Прибавка азота в мг/100 г почвы.