

## **Mineralinio azoto ir dirvožemio mikrobinis aktyvumas irstant organinėms trąšoms rudens–žiemos laikotarpiu**

---

### **Liudmila Tripolskaja**

*Lietuvos žemdirbystės instituto  
Vokės filialas,  
LT-4002 Trakų Vokė, Vilnius*

### **Zinaida Bagdavičienė**

*Lietuvos ekologijos institutas,  
Akademijos g. 2,  
LT-2600 Vilnius*

### **Danuta Romanovskaja**

*Lietuvos žemdirbystės instituto  
Vokės filialas,  
LT-4002 Trakų Vokė, Vilnius*

Straipsnyje apibendrinti Lietuvos žemdirbystės instituto Vokės filiale darytų ilgalaikių lizimetrinių bandymų (1987–1999 m.), lauko bandymų (1997–1999 m.) ir 1997–1998 m. Ekologijos institute atliktų mikrobiologinių tyrimų duomenys.

Šių tyrimų tikslas buvo nustatyti organinių trąšų (mėšlo, šiaudų bei žaliosios trąšos) irimo dėsningumus ir mikrobiologinių procesų pokyčius rudens–žiemos laikotarpiu sekliai nepasotintame rudžemyje.

Mikrobiologiniais tyrimais nustatyta, kad mėšlu patręštame dirvožemyje mikroorganizmų yra kur kas daugiau nei netręštame. Esant žemoms teigiamoms temperatūroms rudens–žiemos laikotarpiu jų veikla nenutrūksta, tačiau pakinta kai kurių grupių mikroorganizmų gausumas bei aktyvumas. Šaltuoju periodu amonifikuojančios ir nitratinės bakterijos aktyvesnės nei humifikuojančios. Dėl šių mikroorganizmų veiklos dirvožemyje pakinta mineralinio azoto formų santykis, ypač patręšus mėšlu: nitratinis azotas gali sudaryti 40% nuo viso mineralinio azoto kiekio. Todėl susidaręs nitratinės formos azotas lengvuose dirvožemiuose, infiltruojantis krituliams žiemos atodrėkių metu, gali išsiplauti į gilesnius dirvožemio sluoksnius.

Tai patvirtina lizimetrinių tyrimų duomenys. Nustatyta, kad Rytų Lietuvos klimato sąlygomis iš lengvos granulometrinės sudėties dirvožemių daugiausia nitratų išsiplauna žiemą (29,5–36,3%). Patręšus organinėmis trąšomis (ypač mėšlu iš rudens), jau po 2–3 mėnesių labai padidėja nitratų koncentracija lizimetriniuose vandenyse. Tręšiant kasmet mėšlu ( $N_{300}$ ), azoto išsiplauna per metus, palyginus su netręštu dirvožemiu, daugiau vidutiniškai 38,3 kg/ha  $N-NO_3$ , arba 12,3% nuo įterpto su mėšlu azoto kiekio.

**Raktažodžiai:** organinės trąšos, dirvožemio mikroorganizmai, azoto išplovimas

---

### **ĮVADAS**

Azotas yra pagrindinis elementas, lemiantis žemės ūkio augalų derliaus dydį. Didžiulės atmosferos azoto atsargos daugumai augalų (išskyrus ankštinius augalus) neprieinamos, nes jie gali pasisavinti (panaudoti mitybai) tik dirvožemyje esantį mineralinės formos

azotą. Todėl azoto junginių transformacijos dirvožemyje tyrimams visada buvo skiriama daug dėmesio. Organinės medžiagos dirvožemyje irsta veikiant įvairiems mikroorganizmams. Pirmoje stadijoje organiniai junginiai, kurių sudėtyje yra azoto, skaidomi aerobinėmis ir anaerobinėmis bakterijomis. Labai aktyvūs yra *Bacillus* (*Bacillus micoides*, *Bacillus cereus*,

*Bacillus subtilis*), *Pseudomonas* (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*), *Clostridium* (*Clostridium sporogenes*, *Clostridium putrificus*), *Proteus* genčių bakterijų atstovai [10, 13, 18]. Jos skaido baltyminius junginius iki aminorūgščių ir amoniako, pastarąjį nitrifikuojančios bakterijos gana greitai oksiduoja iki azotinės, o vėliau iki azoto rūgšties. Vidurio klimato juostos zonoje labiausiai paplitusios *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* ir *Nitrobacter* genčių bakterijos, jos gali daugintis labai plačiame temperatūrų diapazone (2–40°C) [3, 11, 12]. Nitrifikacijos eigoje susidarę nitratai, kaip ir amonis, lengvai pasisavinami augalų. Tačiau agronominiu požiūriu nitratai turi ir nepageidautinų savybių. Jie lengvai išsiplauna iš viršutinių dirvožemio sluoksnių, ypač tuo metu, kai nėra augalų, taip pat denitrifikacijos eigoje redukuojasi iki molekulinio azoto, tuo tarpu amoniaką sorbuoja daugelis dirvožemio mikroorganizmų.

Mikroorganizmų biologiniam aktyvumui turi įtakos įvairūs veiksniai: dirvožemio cheminės savybės, dirvožemio aeracijos sąlygos, hidroterminis režimas, metų sezonai. Todėl neatsitiktinai amonifikacijos ir nitrifikacijos procesų tyrimai įvairiose šalyse aktualūs jau daugelį dešimtmečių [1, 7, 16]. Tyrimais buvo nustatyta, kad velėniniame jauriniame dirvožemyje daugiausia amonifikuojančių mikroorganizmų randama gruodžio–sausio, denitrifikuojančių – spalio–lapkričio, nitrifikuojančių – spalio–balandžio mėnesiais [10]. Didelę įtaką mikroorganizmų gausumui turi dirvožemio drėgmės sąlygos. Trūkstant drėgmės bakterijų kiekis tiesiogiai priklauso nuo dirvožemio drėgmės [13]. Temperatūra turi mažesnę įtaką dirvožemio mikroorganizmų aktyvumui ir kiekiui [13, 14]. Dirvožemio kvėpavimo intensyvumo tyrimai, atlikti Rothamstedo bandymo stotyje, parodė, kad dirvožemio užšaldymas ir atitirpinimas suaktyvina kvėpavimo intensyvumą pirmomis dienomis po atšildymo ir gali padidinti organinių junginių mineralizaciją [14]. Rytų Lietuvos klimato sąlygomis rudens–žiemos laikotarpiu, kai keičiasi neigiamos ir teigiamos oro temperatūros, o dirvožemis pasotintas drėgme, gali susidaryti palankios sąlygos irti dirvožemio organinei medžiagai arba iš rudens įterptoms organinėms trąšoms ir kauptis nitratams, kurie dėl drėgmės pertekliaus gali migruoti į gilesnius dirvožemio horizontus arba drenažo vandenį.

Mūsų tyrimų tikslas buvo nustatyti, irstant mėšlui ir žaliajai trąšai, mineralinio azoto migracijos bei mikrobiologinių procesų intensyvumo pokyčius rudens–žiemos laikotarpiu fluvio-glacialinio priemolio ant priemolio sekliai nepasotintame rudžemyje (Epidystric Cambisols, CMD-p).

## TYRIMŲ SĄLYGOS IR METODAI

Straipsnyje apibendrinti lauko, lizimetrinių ir laboratorinių tyrimų duomenys apie mineralinio azoto

migracijos pokyčius po įvairių organinių trąšų (kraikinio mėšlo, šiaudų, žaliosios trąšos) įterpimo sekliai nepasotintame rudžemyje. Lauko bandymuose (1997–1999 m.) tirta žaliosios trąšos, mėšlo ir šiaudų įtaka dirvožemio organinės medžiagos balansui ir azoto migracijos dinamikai rudens–žiemos laikotarpiu. Dirvožemio bandiniai buvo imami užarus organines trąšas periodiškai kas mėnesį (jeigu žiemą dirvožemis buvo neužšalęs) iš tokių horizontų: ariamasis A – 0–25, AE1 – 25–40, Bw – 40–60, Ck – 60–100 cm, prisilaikant genetinių horizontų ribų. Bandiniuose buvo nustatytas mineralinio (amoniakinio ir nitratinio) azoto kiekis ir apskaičiuotos jo atsargos 0–100 cm dirvožemio sluoksnyje. Lizimetriniuose bandymuose (1987–1999 m.) buvo tirta įvairaus kraiko (šiaudų ir bekraikio) mėšlo įtaka cheminių elementų migracijai. Lizimetrai gelžbetoniniai, jų plotas 1,75 m<sup>2</sup>, tiriamojo dirvožemio sluoksnis – 55 cm. Lizimetrinių vandenų bandiniai nitrato kiekiui nustatyti paimti kas dešimtadienį (vykstant infiltracijai).

Nitratinio azoto (N-NO<sub>3</sub>) kiekis dirvožemio ir lizimetrinių vandenų bandiniuose buvo nustatytas kolorimetriniu metodu, amoniakinis azotas (N-NH<sub>4</sub>) – Neslerio reagentu.

Mikrobiologinės analizės atliktos 1997–1998 m. Rudens–žiemos sezono įtaka mikrobiologinių procesų intensyvumui buvo tirta lizimetruose. Tirtas netręštas (kontrolė) ir kasmet šiaudų kraiko mėšlu (N<sub>300</sub>) tręštas dirvožemis. Dirvožemio bandiniai mikrobiologiniams tyrimams paimti iš lizimetrų 3 kartus po atšildymo: 1997 m. lapkričio bei 1998 m. sausio ir vasario mėn. (1 lentelė).

Chemoorganotrofinių ir chemolitotrofinių mikroorganizmų gausumas tirtas praskiedimo metodu ant selektyvinių agarizuotų mitybinių terpių [17]. Bakterijos, skaidančios organinius azoto junginius (amoniifikatorės), augintos ant mėsos peptono agarų terpės (MPA), bakterijos, asimiliuojančios mineralinį azotą, – ant krakmolo ir amoniako agarų terpės (KAA), oligonitrofilinės bakterijos – ant agarizuotos Ešbi terpės (EA), bakterijos, transformuojančios huminius junginius, – ant agarizuotos dirvožemio ištraukos (DI).

1 lentelė. Dirvožemio drėgmės parametrai ir mikrobiologinių tyrimų atlikimo data

Variantas	Dirvožemio drėgmė %	Bandinių ėmimo data	Sėjimo data
Kontrolė	16,9	1997 11 24	1997 11 27
Tręšta	19,5	1997 11 24	1997 11 27
Kontrolė	17,8	1998 01 22	1998 01 27
Tręšta	21,1	1998 01 22	1998 01 27
Kontrolė	19,7	1998 02 17	1998 02 27
Tręšta	26,1	1998 02 17	1998 02 27

Aktinobakterijų kolonijos skaičiuotos ant visų minėtų terpių. Mikroskopiniai grybai (mikromicetai) auginti ant parūgštintos Čapeko–Dokso agarų terpės (ČA). Celiuliozę skaidantys mikroorganizmai auginti ant agarizuotos Hetčinsono terpės (HA). Iš chemolitotrofinių mikroorganizmų tirtos nitritinės bakterijos. Jos augintos ant agarizuotos Skermano terpės (SA).

Chemoorganotrofinių bakterijų grupių gausumas tarpusavio atžvilgiu įvertintas procentais. Bakterijų mineralizatorių ir humifikatorių struktūrinis-funkcinis santykis (M/H) skaičiuotas tokiu principu: bakterijų mineralizatorių (M) gausumą sudaro trigubas kiekis bakterijų, užaugusių ant MPA terpės, o humifikatorių (H) gausumą sudaro bakterijų, užaugusių ant KAA, EA ir DI terpių, suma [9]. M visuomet prilygsta vienetui, o H gali būti didesnis ir mažesnis už vienetą, todėl M/H santykis, priklausomai nuo kintančio bakterijų gausumo funkcinėse grupėse, gali pasislinkti į vieną ar kitą pusę:

Vyrauja mineralizacijos procesai 1/0.n 1/1 1/n.0 Vyrauja humifikacijos procesai

## TYRIMŲ REZULTATAI

1987–1999 m. azoto migracijos pokyčių dėl mėšlo poveikio tyrimai parodė, kad priemolio dirvožemyje išsiplauna nitratinės formos azotas, o nitratų koncentracija lizimetriniuose vandenyse kinta priklausomai nuo metų periodo, trąšų įterpimo laiko, mikrobiologinių procesų aktyvumo. Rytų Lietuvos klimato sąlygomis infiltraciniuose vandenyse didesnė nitratų koncentracija randama žiemos laikotarpiu bei anksti pavasarį. Trąšomis netreštame dirvožemyje žiemą ji siekia vidutiniškai 87,7, o treštame mėšlu – 189,8 mg/l  $\text{NO}_3^-$  (2 lentelė). Pavasarį nitratų koncentracija sumažėja iki 47,7 mg/l netrešto dirvožemio infiltraciniame vandenyje ir iki 119,6 mg/l mėšlu treštame dirvožemyje. Vasarą dirvožemyje esančius nitratus augalai aktyviai panaudoja fitomasės sintezei, taip pat suaktyvėja denitrifikacijos procesai, sumažėja kritulių infiltracija, dėl to nitratų kiekis infiltraciniuose vandenyse, palyginus su kitais metų periodais, būna mažesnis. Vasarą mažiausi ir nitratų nuostoliai dėl išplovimo – vidutiniškai 6,7–7,2 kg/ha  $\text{N-NO}_3^-$ , nes, kaip minėta anksčiau, vasarą kritulių infiltracija labai sumažėja, o sausringais metais iš viso nevyksta. Infiltracinio vandens kiekio skirtumai skirtingais metų periodais turi įtakos ir nitratų išplovimo apimčiai. Mūsų atliktų tyrimų duomenimis, didesni nitratų išplovimo nuostoliai Rytų Lietuvos klimato sąlygomis būna pavasarį ir žiemą. Šiais metų periodais atmosferos kritulių infiltruojasi daugiausia, nes dirvožemis augalais nepadengtas, be to, dėl neaukštos oro temperatūros išgaruoja labai mažai kritulių. Nustatyta, kad iš netrešto dirvožemio pavasarį ir žiemą išsiplauna vidutiniškai 10,0–15,5 kg/ha, iš trešto mėšlu – 23,9–29,0 kg/ha  $\text{N-NO}_3^-$ . Vasarą azoto nuostoliai gerokai mažesni – 7,2 kg/ha netreštame ir 6,7 kg/ha  $\text{N-NO}_3^-$  mėšlu treštame dirvožemyje. Įvertinant vidutinę azoto išplovimo apimtį per metus, pažymėtina, kad pavasario laikotarpiu išplaunama 24,6–35,0%, žiemos – 37,5–38,4%, rudens – 18,0–23,0%, o vasaros – tik 8,5–17,7% azoto nuo bendro metinio jo kiekio.

Kaip rodo tyrimų duomenys, mūsų Respublikos klimato sąlygomis rudens–žiemos laikotarpiu vykstanti atmosferos kritulių infiltracija gali turėti didelę įtaką drenažo ir gruntinių vandenų kokybiniais rodikliais dėl nitratų kiekio. Ypač tai aktualu ekologinės krypties ūkiuose, kuriuose tręšiama tik organinėmis trą-

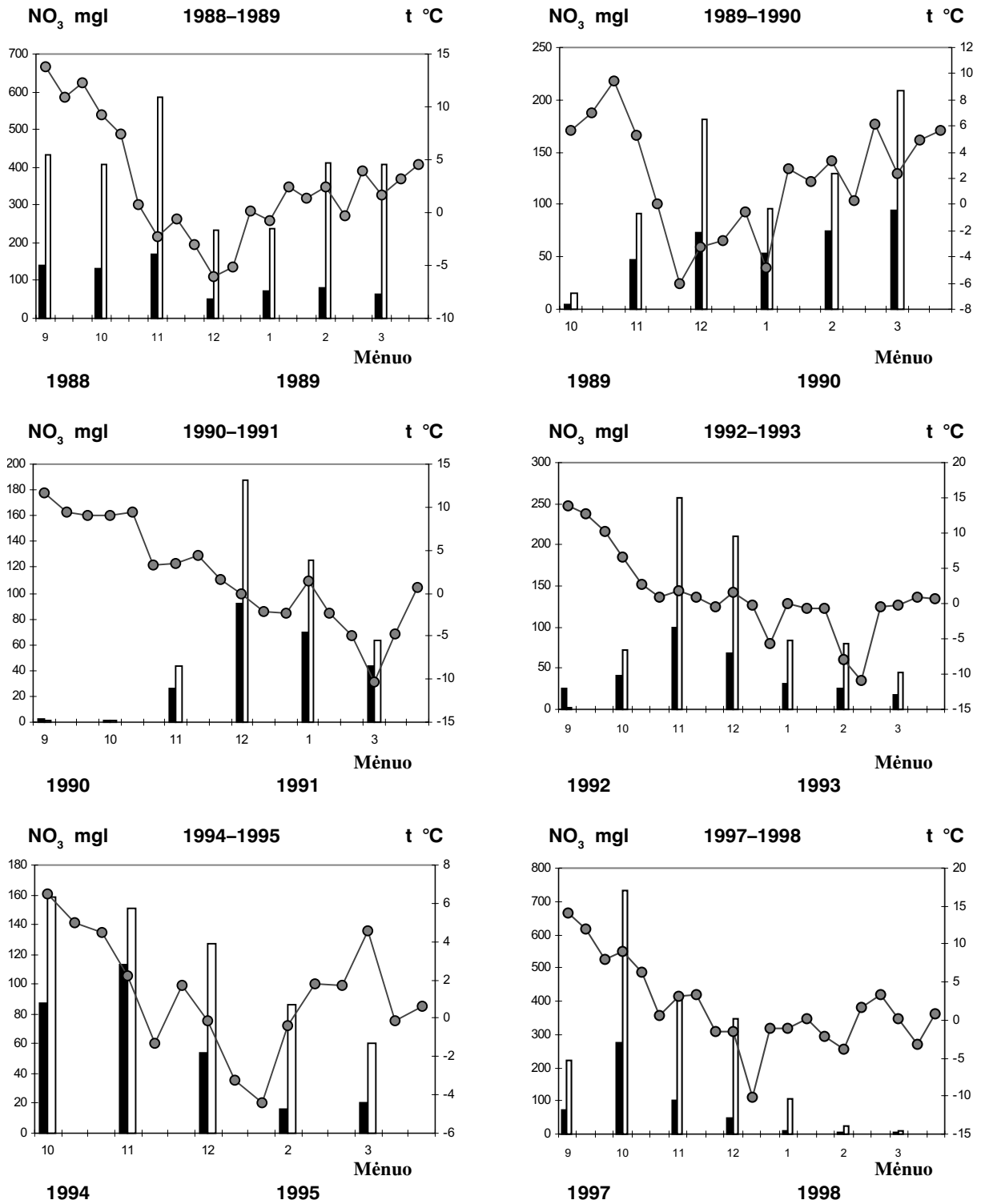
tyta, kad iš netrešto dirvožemio pavasarį ir žiemą išsiplauna vidutiniškai 10,0–15,5 kg/ha, iš trešto mėšlu – 23,9–29,0 kg/ha  $\text{N-NO}_3^-$ . Vasarą azoto nuostoliai gerokai mažesni – 7,2 kg/ha netreštame ir 6,7 kg/ha  $\text{N-NO}_3^-$  mėšlu treštame dirvožemyje. Įvertinant vidutinę azoto išplovimo apimtį per metus, pažymėtina, kad pavasario laikotarpiu išplaunama 24,6–35,0%, žiemos – 37,5–38,4%, rudens – 18,0–23,0%, o vasaros – tik 8,5–17,7% azoto nuo bendro metinio jo kiekio.

Kaip rodo tyrimų duomenys, mūsų Respublikos klimato sąlygomis rudens–žiemos laikotarpiu vykstanti atmosferos kritulių infiltracija gali turėti didelę įtaką drenažo ir gruntinių vandenų kokybiniais rodikliais dėl nitratų kiekio. Ypač tai aktualu ekologinės krypties ūkiuose, kuriuose tręšiama tik organinėmis trą-

2 lentelė. Nitratų jonų ( $\text{NO}_3^-$ ) koncentracija lizimetriniuose vandenyse ir jų išplovimas

Vokė, 1987–1998 m. vid. duomenys

Variantas	Periodas					Variacijos koeficientas %
	pavasario	vasaros	rudens	žiemos	vid. per metus	
Koncentracija $\text{NO}_3^-$ mg/l						
Be trąšų	47,7	89,5	47,7	87,7	71,4	76,6–90,3
Šiaudų mėšlas ( $\text{N}_{300}$ ) kaset	119,6	117,0	121,2	189,8	141,7	35,9–100,8
Išplauta $\text{N-NO}_3^-$ kg/ha						
Be trąšų	10,0	7,2	7,9	15,5	40,6	
Šiaudų mėšlas ( $\text{N}_{300}$ ) kaset	23,9	6,7	17,8	29,0	77,4	
$\text{R}_{05}$					5,4	



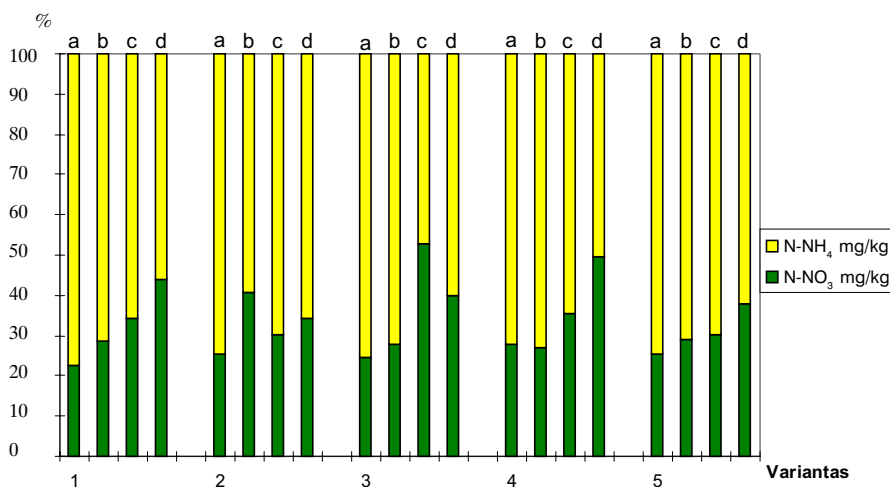
1 pav. Nitratų koncentracijos pokyčiai lizimetriniuose vandenyse rudens–žiemos laikotarpiu. ■ – netręšta, □ – kasmet tręšta mėšlu ( $N_{300}$ ), • – oro temperatūra °C

šomis, ir gyvulininkystės krypties ūkiuose, kuriuose gyvulių ekskrementai nuolat utilizuojami tuose pačiuose laukuose, o mėšlas dažniausiai įterpiamas iš rudens, nes tai patogu organizaciniu atžvilgiu, ir kiek anksčiau (rugpjūčio mėn.) mėšlas apariamas žiemkenčiams.

Pirmame paveiksle pavaizduoti nitratų koncentracijos pokyčiai netręstame ir kasmet mėšlu tręstame dirvožemyje šiltų žiemų laikotarpiu. Matyti, kad dėl įterpto žiemkenčiams mėšlo (1988, 1997 m.) jau spalio–lapkričio mėn. gerokai padidėja nitratų koncentracija infiltraciniuose vandenyse. Ypač didelė koncentracija

racija (apie 700 mg/l  $\text{NO}_3^-$ ) nustatyta 1988 ir 1997 m., kai rugsėjo ir spalio mėn. buvo oro temperatūra 2–14°C šilumos ir gausu kritulių. Oro temperatūrai nukritus žemiau nulio, sulėtėja mikroorganizmų aktyvumas ir per tam tikrą laikotarpį sumažėja nitratų koncentracija infiltraciniuose vandenyse. Analizuojant tyrimų duomenis matyti, kad jeigu sausio–vasario mėnesių vidutinės temperatūros yra teigiamos, pvz., 1989 ir 1990 m., didelė nitratų koncentracija (iki 200–400 mg/l  $\text{NO}_3^-$ ) laikosi per visą žiemą. Jeigu žiemą pasikartoja atšilimo ir atšalimo laikotarpiai ir vidutinė mėnesių temperatūra yra 1–3°C šalčio, išplaunamų nitratų kiekis sumažėja, todėl vandenyse randama apie 20–100 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Šie duomenys rodo, kad dirvožemyje nitrifikacijos procesai gana aktyvūs esant neaukštai teigiamai oro temperatūrai.

Analogiški duomenys buvo gauti ir lauko bandymuose, kuriuose tirta mineralinio azoto dinamika užarus įvairias trąšas. Tyrimai parodė, kad spalį dirvožemyje vyravo amoniakinės formos azotas – vidutiniškai 72,1–77,4% nuo bendro mineralinio azoto kiekio (2 pav.). Nitratinio azoto dirvožemyje buvo tik 22,6–27,9%. Esminiai azoto formų santykio pokyčiai, esant teigiamai oro temperatūrai, pasireiškia sausio mėnesį. Organinėmis trąšomis netręštame dirvožemyje amoniakinio azoto kiekis sumažėjo 6,1%, nitratinio azoto padaugėjo 6,1% nuo bendro mineralinio azoto kiekio, o įvairiomis organinėmis trąšomis tręštame dirvožemyje – atitinkamai 0,9–15,3 ir 3,5–15,3%. Nitratinio azoto kiekio santykinis padidėjimas rodo, kad esant gana žemai teigiamai oro temperatūrai, arba kai dažnai keičiasi dirvožemio užšalimo ir atšilimo periodai, dirvožemyje vyksta nitrifikacijos procesai, dėl kurių nuolat papildomos nitratų atsargos.



2 pav. Nitratinio ir amoniakinio azoto santykis rugsėjo–balandžio mėnesiais. 1 – mineralinės NPK trąšos, 2 – tręšta 30 t/ha mėšlo, 3 – užartas dobilų įsėlis, 4 – užarti posėliniai aliejiniai ridikai, 5 – užarti šiaudai +  $\text{N}_{30}$ . Dirvožemio bandinių paėmimo datos: a – 1997 10 27, b – 1998 01 02, c – 1998 04 07, d – 1998 04 23

Balandžio mėnesį, kai vyrauja teigiamos oro temperatūros, nitrifikatorių veikla dar labiau suaktyvėja, ir nitratinio azoto dalis nuo bendro mineralinio azoto kiekio dirvožemyje padidėja vidutiniškai iki 34,3–43,8% netręštame ir iki 30,1–55,7% įvairiomis organinėmis trąšomis tręštame dirvožemyje. Pagal amoniakinio ir nitratinio azoto santykio pokyčius nuo sausio iki balandžio mėn. galima teigti, kad Rytų Lietuvos klimato sąlygomis priemolio dirvožemyje minėtu laikotarpiu nitrifikuojančių mikroorganizmų veikla yra gana aktyvi. Žiemą organinės medžiagos irsta ir nitratai išsiplauna į gilesnius dirvožemio sluoksnius. Nitratinio azoto kiekio pokyčiai dirvožemyje rudens–žiemos laikotarpiu leidžia manyti, kad iš rudens sėjami augalai, norint sumažinti azoto išplovimo nuostolius, gali sumažinti atmosferos kritulių infiltraciją, bet iš esmės negali pakeisti skirtingų grupių mikroorganizmų veiklos. Organinių trąšų cheminė sudėtis taip pat veikia nitrifikacijos procesus. Daugiausia nitratų rudens laikotarpiu susidaro irstant mėšlui, nes jame organinės medžiagos yra dalinai suirusios, gausu įvairių mikroorganizmų. Augalinės kilmės organinės trąšos (dobilų, aliejinių ridikų žaliosios masės, šiaudų) pradeda irti vėliau, ir nitratų kiekio maksimumas tenka pavasariui.

Apibendrinti anksčiau pateikti azoto junginių transformacijos dirvožemyje bei nitratų koncentracijos infiltraciniuose vandenyse tyrimų duomenys rodo tik dirvožemyje vykstančių mikrobiologinių procesų galutinius rezultatus, bet neatskleidžia šių procesų pokyčių priežastingumo. Siekiant nustatyti, kaip vyksta organinių trąšų destrukcija esant žemai oro temperatūrai, kokių grupių mikroorganizmai aktyvesni, kaip greitai atsistato jų veikla ir gausumas dirvožemiui atitirpus po užšalimo, 1997–1998 m. Ekologijos institute buvo atlikti atitinkami mikrobiologiniai tyrimai.

Kaip rodo agrometeorologinių matavimų duomenys, 1997–1998 m. rudens–žiemos periodas buvo sąlyginai šiltas (3 lentelė). Tai turėjo įtakos dirvožemio mikrobinės veiklos aktyvumui. Visų tirtų grupių mikroorganizmai buvo aktyvūs tiriamuoju laikotarpiu. Mažiausias bakterijų gausumas buvo sausį, esant neigiamai oro temperatūrai (3 lentelė), išskyrus nitritines bakterijas, kurių gausumas kontroliniame variante sausį nesumažėjo (3 pav.).

Dirvožemio drėgmės pokyčiai lizimetruose priklausė

3 lentelė. 1997–1998 m. rudens–žiemos laikotarpio meteorologiniai duomenys

Vilniaus r. meteorologijos stoties duomenys				
Metai, mėnuo	Vidutinė mėnesio oro temperatūra (t °C)	Oro temperatūros nukrypimai nuo mėnesio daugiamečio vidurkio (t °C)	Kritulių kiekis mm	Kritulių kiekio nukrypimas nuo mėnesio daugiamečių normos %
1997 11	+1,7	+0,5	30	53
1997 12	-4,3	-1,4	44	94
1998 01	-0,8	+5,6	66	165
1998 02	0,0	+5,2	57	190

nuo kritulių kiekio, tačiau tręštame variante per visus tyrimo laikotarpius ji buvo 2–6% didesnė (1, 3 lentelės).

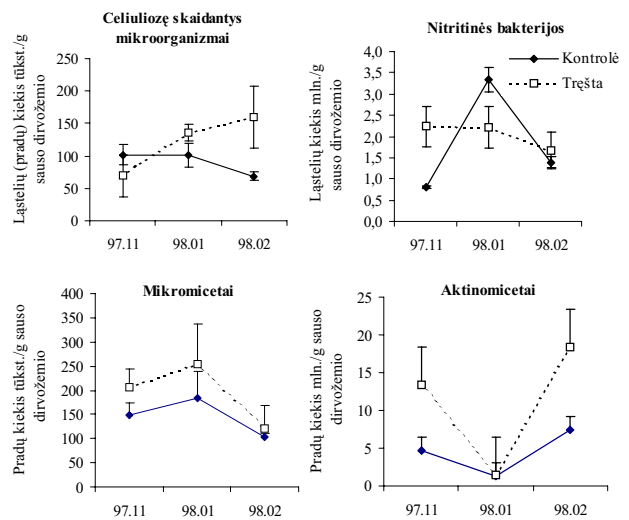
Dirvožemio tręšimas mėšlu teigiamai veikė visų tirtų mikroorganizmų grupių veiklą. Chemoorganotrofinių mikroorganizmų gausumo dinamika abiejuose variantuose buvo panaši, tik tręštame variante didesnė (3, 4 pav.). Chemolitotrofinių (nitritinių) bakterijų gausumas tiriamuoju laikotarpiu tręštame dirvožemyje buvo gana stabilus ir kito gerokai mažiau nei netręštame (3 pav.).

Vertinant kai kurių mikroorganizmų funkcinių grupių struktūrinės sudėties pokyčius rudens–žiemos laikotarpiu stebima tam tikra pokyčių priklausomybė nuo sezono ir tręšimo poveikio.

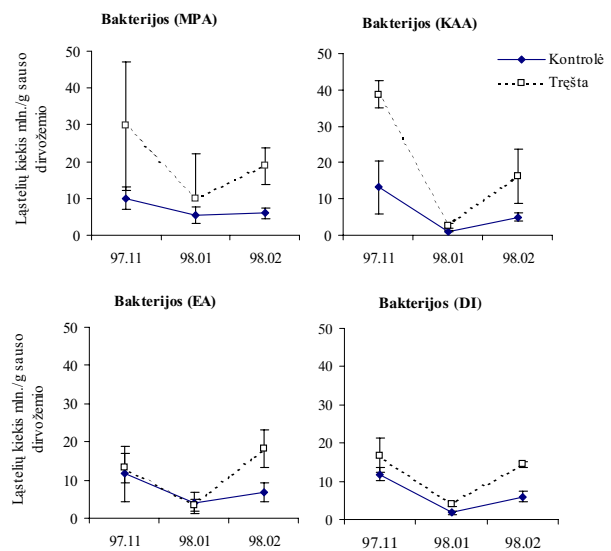
Celiuliozę skaidančių mikroorganizmų gausumas rudenį tarp variantų patikimai nesiskyrė (3 pav.). Taip pat abiejuose variantuose buvo panašus celiuliozę skaidančių bakterijų santykinis gausumas kitų celiuliozę skaidančių mikroorganizmų grupių atžvilgiu: 39,37% netręštame ir 38,69% tręštame dirvožemyje (4 lentelė). Žiemą, sausio ir ypač vasario mėn., celiuliozę skaidančių mikroorganizmų tręštame dirvožemyje labai pagausėjo bakterijų sąskaita. Čia jos sudarė 87,27% sausio ir 76,34% vasario mėn. Tuo tarpu netręštame dirvožemyje šiais tyrimo laikotarpiais jų nerasta. Tarp celiuliozę skaidančių mikroorganizmų vyravo grybai ir aktinomicetai.

Tręštas dirvožemis, palyginti su netręštu, ypač išsiskyrė aktinomicetų, bakterijų amonifikatorių (MPA) ir mineralinį azotą pasisavinančių bakterijų (KAA) gausumu. Be to, tręštame dirvožemyje neigiama aplinkos temperatūra bakterijų ir aktinomicetų gausumą veikė labiau nei netręštame – pastarajame šių mikroorganizmų grupių gausumo kitimo kreivė buvo gerokai stabilesnė (3, 4 pav.; 3, 5 lentelės).

Tręštame dirvožemyje mikromicetų buvo šiek tiek gausiau nei netręštame, tačiau patikimo skirtumo nerasta (3 pav.). Tręštame dirvožemyje *Mucor* genties atstovų buvo aptinkama dažniau nei netręštame. Žinoma, kad grybai, ypač nepigmentuoti, yra labai aktyvūs amonifikatoriai [12].



3 pav. Atskirų grupių mikroorganizmų gausumo dinamika rudens–žiemos laikotarpiu netręštame ir tręštame dirvožemyje (lizimetriniai bandymai)



4 pav. Chemoorganotrofinių bakterijų gausumas rudens–žiemos laikotarpiu netręštame ir tręštame dirvožemyje (lizimetriniai bandymai). MPA – bakterijos, skaidančios organinius azoto junginius (amonifikatorės), KAA – bakterijos, asimiliojančios mineralinį azotą, EA – oligonitrofilinės bakterijos, DI – bakterijos, transformuojančios huminius junginius

4 lentelė. Tręšimo ir rudens–žiemos sezono įtaka celiuliozę skaidančių mikroorganizmų dominantinei struktūrai (pradų (ląstelių) kiekis 1 g sauso dirvožemio)

Variantas	Bandinių ėmimo data	Bendras mikroorganizmų kiekis $\times 10^3$	Bakterijų kiekis $\times 10^3$	Bakterijų dalis nuo bendrojo kiekio %
Kontrolė	1997 11 24	101,89	40,11	39,37
Tręšta	1997 11 24	69,57	26,92	38,69
Kontrolė	1998 01 22	101,38	0,00	0,00
Tręšta	1998 01 22	136,04	118,72	87,27
Kontrolė	1998 02 17	68,91	0,00	0,00
Tręšta	1998 02 17	160,13	122,24	76,34

5 lentelė. Tręšimo ir rudens–žiemos periodo įtaka chemoorganotrofinių bakterijų gausumui, dominantinei struktūrai ir struktūriniam funkciniam santykiui (M/H) lizimetrų dirvožemyje (ląstelių kiekis 1 g sauso dirvožemio)

Variantas	Bandinių ėmimo data	MPA $\times 10^6$	KAA $\times 10^6$	EA $\times 10^6$	DI $\times 10^6$	MPA %	KAA %	EA %	DI %	M/H
Kontrolė	1997 11 24	10,07	13,16	11,59	11,79	21,60	28,23	24,87	25,30	1/1,21
Tręšta	1997 11 24	29,77	38,76	13,13	16,81	30,24	39,36	13,33	17,07	1/0,77
Kontrolė	1998 01 22	5,39	1,05	3,97	1,78	44,19	8,64	32,56	14,62	1/0,42
Tręšta	1998 01 22	9,97	2,62	3,42	4,14	49,48	13,00	16,98	20,55	1/0,34
Kontrolė	1998 02 17	5,98	5,02	6,81	5,98	25,13	21,12	28,62	25,13	1/0,99
Tręšta	1998 02 17	18,81	16,37	18,22	14,33	27,73	24,14	26,86	21,28	1/0,87

Bakterijų amonifikatorių (MPA) ir mineralinį azotą pasisavinančių bakterijų (KAA) (%) kitų tirtų bakterijų grupių atžvilgiu visais atvejais buvo daugiau tręštame dirvožemyje, palyginti su netręštu (5 lentelė).

Temperatūros pokyčiai taip pat turėjo įtakos šių bakterijų grupių dominantinės struktūros kaitai. Sausio mėn., esant neigiamai oro temperatūrai, kai kurių grupių bakterijų sumažėjo nevienodai, dėl to abiejuose variantuose pakito bakterijų dominantinė struktūra. Žemoje temperatūroje santykinai pagausėjo bakterijų, augintų ant MPA, ir sumažėjo bakterijų, augintų ant KAA. Bakterijos ant MPA tarp kitų bakterijų grupių sausio mėn. sudarė 44,19% netręštame ir 49,48% tręštame dirvožemyje, o bakterijų ant KAA netręštame dirvožemyje buvo mažiau kaip 10% (5 lentelė). Tai rodo, kad vykstant palyginti aktyviai amonifikacijai, bakterijos ant KAA negali

konкуруoti dėl amoniakinio azoto su bakterijomis nitrifikatorėmis, nes joms trūksta (ypač netręštame dirvožemyje) lengvai prieinamos organinės anglies. Lizimetrinių tyrimų duomenimis, netręštame dirvožemyje organinės anglies kiekis per 1987–1998 m. sumažėjo nuo 1,22 iki 0,77% (6 lentelė).

Dėl to nitritinės bakterijos lengvai nukonкуруoja chemoorganotrofines bakterijas (KAA), nes joms nereikia organinės anglies – jos savo energinius poreikius patenkina fiksuodamos CO<sub>2</sub>. Matyt dėl tos priežasties netręštame variante sausio mėn. nitritinių bakterijų buvo daugiausia (3 pav.) ir nitratai galėjo lengvai išsiplauti iš drėgno dirvožemio žiemos metu.

#### DUOMENŲ APTARIMAS (DISKUSIJA)

Tręštame dirvožemyje bakterijų ant MPA gausumas 2–3 kartus didesnis, palyginti su netręštu dirvožemiu. Be to, jame kur kas didesnis organinės anglies kiekis, nors pastarosios atsargos, kasmet tręšiant organinėmis trąšomis, per 10 metų ne tik nepadidėjo, bet ir šiek tiek sumažėjo (6 lentelė). Šis faktas rodo, kad velėniniame jauriniame priemėlio dirvožemyje, kasmet tręšiamame mėšlu (N<sub>300</sub>), chemoorganotrofinių grupių mikroorganizmai susiduria su nuolatiniu amoniakinio azoto pertekliumi ir ribotu organinės anglies kiekiu. Tuo tarpu nitri-

6 lentelė. Tręšimo įtaka organinei angliai lizimetrų dirvožemyje		
Variantas	C org. %	
	tyrimų pradžioje (1987 m.)	tyrimų pabaigoje (1997 m.)
Be trąšų	1,22	0,77
Šiaudų mėšlas (N <sub>300</sub> ) kasmet	1,18	1,13
Bekraikis mėšlas (N <sub>300</sub> ) kasmet	1,20	1,15
Šiaudų mėšlas (N <sub>600</sub> )+NPK	1,13	1,13

fikuojančios bakterijos atsiduria palankesnėse konkurencinėse sąlygose dėl maisto medžiagų. Jos savo energiniams poreikiams patenkinti turi pakankamai amoniakinio azoto, deguonies ir anglies dvideginio. Be to, dėl organinės anglies šaltinio su bakterijomis (KAA) konkuruoja ir kitos mikroorganizmų grupės – aktinomicetai, oligonitrofilinės bakterijos (EA) ir huminius junginius transformuojančios bakterijos (DI).

Oligonitrofilinės bakterijos, fiksuodamos molekulinį azotą, sunaudoja nemažai organinės anglies. Pavyzdžiui, *Azotobacter* genties bakterijos 10 mg fiksuoto azoto sunaudoja 2 g organinės anglies [3, 11]. Bakterijos, augančios ant dirvožemio ištraukos, gali skaidyti huminius junginius ir sintetinti naujus humuso darinius [18]. Žymėtąja anglimi nustatyta, kad  $^{13}\text{C}$  inkorporuojasi bakterijų ląstelių fosfolipiduose, iš kurių vėliau patenka į humusines rūgštis [2].

Organinės anglies kiekio padidėjimas ar sumažėjimas turi įtakos mikrobinių ląstelių aktyvumui. Bakterijų EA ir DI gausumas tręštame ir netręštame variantuose lapkričio, sausio mėnesiais skyrėsi tik 20–30%, tačiau vasario mėn. jis padidėjo 2,5 karto (4 pav., 5 lentelė). Šiuo laikotarpiu pagausėjo ir kitų chemoorganotrofinių grupių mikroorganizmų. Tokį reiškinį galima susieti su dideliu mikroorganizmų gausumo sumažėjimu sausio mėn. dėl neigiamos aplinkos temperatūros. Tuomet žuvusių mikroorganizmų biomasė tapo organinės anglies šaltiniu, suaktyvinusiu mikroorganizmų dauginimąsi. Juo labiau kad mikroorganizmų veiklai susidarė palankesnės temperatūros sąlygos, nes vasario mėn. tarp bandinių paėmimo ir mikrobiologinių sėjimų praėjo 10 dienų (1 lentelė). Per tą laiką bandiniai buvo laikomi šaldytuve. Tokiu būdu dirbtinai buvo pagreitinamas dirvožemio bandinių atšilimas, būdingas ankstyvam pavasario laikotarpiui. Panašų reiškinį konstatavo JAV mokslininkai [6]. Jie nustatė, kad mikrobinės biomasės anglies balansas dirvožemyje patiria žiemos ir vasaros kritinius pokyčius dėl temperatūros padidėjimo ir atitinkamai prieinamos anglies kiekio sumažėjimo. Norvegijos mokslininkai [5] taip pat teigia, kad didelius N nuostolius rudens–žiemos metu gali sukelti žemos temperatūros, ribojančios N mikrobine imobilizaciją. Siekiant kontroliuoti augalinių liekanų skaidymosi procesus dirbamame lauke jie teikia pirmenybę temperatūros, drėgmės ir azoto prieinamumo parametrams.

Vasaros mėn. labai didelis celiuliozę skaidančių bakterijų pagausėjimas tręštame dirvožemyje matyt taip pat susijęs su papildomu organinės anglies ir azoto atsiradimu. Šioms bakterijų grupėms celiuliozei skaidyti reikia didelių kiekių mineralinio azoto. Nustatyta, kad *Cytophaga* genties atstovai 30 g celiuliozės skaidyti sunaudoja 1 g mineralinio azoto [15]. Netręštame dirvožemyje žiemos metu šių bak-

terijų nerasta. Kadangi šiame variante yra mažai celiuliozės ir mineralinio azoto, jos užleidžia vietą lėčiau augančioms ir taupiau naudojančioms energines anglies ir azoto atsargas mikroorganizmų grupėms – celiuliozę skaidantiems mikromicetams ir aktinomicetams.

Tręštame dirvožemyje celiuliozę skaidančios bakterijos galėtų sėkmingai sugyventi su nitrifikatorėmis ir tiekti tirpios anglies junginius kitoms mikroorganizmų grupėms su sąlyga, jei substrate bus pakankamos celiuliozės atsargos.

Bakterijų funkcinę grupių veiklos aktyvumą apibrėžia ne tik azoto ir organinės anglies kiekis dirvožemyje, bet ir šių medžiagų santykinis balansas. Kita vertus, bakterijų struktūrinis funkcinis santykis M/H gali nusakyti vyraujančius dirvožemyje šiuo momentu azoto ir organinės anglies transformacijos procesus nepriklausomai nuo jų kiekio dirvožemyje. Tręštame variante M/H santykis visais tyrimo atvejais buvo labiau pasislinkęs bakterijų mineralizatorių (amonifikatorių) gausėjimo kryptimi nei kontroliniame variante (5 lentelė). Lapkričio mėn. kontroliniame variante M/H santykis pasislinkęs humifikacijos kryptimi (M/H 1/1,21). Šiame variante bakterijų grupinė struktūra subalansuotesnė nei tręštame variante, kuriame vyrauja mineralizacijos procesai (M/H 1/0,77). Mineralizacijos procesas ypač suaktyvėja abiejuose variantuose sausio mėn., esant neigiamai aplinkos temperatūrai M/H 1/0,42 netręštame ir 1/0,34 tręštame variantuose. Vasario mėn. azoto mineralizacijos procesai santykinai sulėtėjo dėl padidėjusios jo imobilizacijos. M/H santykis abiejuose variantuose priartėjo prie pusiausvyros: 1/0,99 kontrolėje ir 1/0,87 tręštame variante. Tokiu būdu galima teigti, kad bakterijų struktūrinis-funkcinis santykis M/H arti pusiausvyros ar šiek tiek pasislinkęs humifikatorių kryptimi parodo atskirų bakterijų grupių veiklos subalansuotumą konkurencinėje kovoje dėl maisto medžiagų.

Siekiant išvengti nitratinio azoto išsiplovimo iš dirvožemio, reikia sudaryti sąlygas, kad šalia nitrifikuojančių bakterijų galėtų veikti chemoorganotrofiniai mikroorganizmai. Tam tikslui pirmiausia turi būti subalansuotas bendrojo azoto ir organinės anglies C/N santykis organinėse trąšose. Nustatyta, kad, esant platesniam C/N santykiui natūraliuose (pušyno, eglyno, beržyno) ir tręštuose dirvožemiuose, nitrifikacijos aktyvumas mažėja [8]. C/N santykio pokyčiai ganomoje ir neganomoje ganyklose stipriai veikė nitrifikacijos aktyvumą. Ganomoje ganykloje dėl pakiltų gyvulių išmatų nitrifikacijos aktyvumas daug didesnis nei neganomoje [4].

Remiantis pateiktais duomenimis, galima teigti, kad viena galimybių siekiant sumažinti N-NO<sub>3</sub> nuostolius iš dirvožemio – praturtinti jį augalinėmis liekanomis, kuriose gausu organinės anglies, ypač



rudens–žiemos laikotarpyje, kai augalų šaknys yra negyvybingos, o mikroorganizmų veikla gana aktyvi.

## IŠVADOS

1. Rytų Lietuvos klimato sąlygos yra palankios nitratų migracijai dirvožemyje žiemos laikotarpiu. Azoto išplovimo nuostoliai sudaro vidutiniškai 29,5–36,3% nuo metinio išplauto azoto kiekio.

2. Patręšus organinėmis trąšomis (mėšlu kasmet po  $N_{300}$ ), palyginus su netręštu dirvožemiu, padidėja nitratų koncentracija infiltraciniuose vandenyse 70,3 mg/kg  $NO_3^-$ , o jų išplovimo nuostoliai – 36,8 kg/ha  $N-NO_3$ . Mėšlo įterpimas prieš žiemkenčių sėją ekologiniu aspektu yra nepageidautinas, nes, praėjus 2–3 mėnesiams po įterpimo, gali padidėti nitratų koncentracija iki 600–700 mg/l  $NO_3^-$ .

3. Mėšlu patręštame dirvožemyje mikroorganizmų gerokai gausiau nei netręštame dirvožemyje. Žemos teigiamos oro temperatūros jų veiklos nenuslopina, bet pakinta kai kurių grupių mikroorganizmų gausumas bei aktyvumas.

4. Iš tirtų bakterijų grupių šaltuoju periodu aktyviausios buvo amonifikuojančios ir nitritinės bakterijos, taip pat mikromicetai. Bakterijų humifikatorių veikla prislopinta. Siekiant suaktyvinti jų veiklą, reikia pagausinti dirvožemyje augalinių liekanų, turtingų organinės anglies.

Gauta  
2001 12 11

## Literatūra

1. Anderson O. E. The Effect of Low Temperatures on Nitrification of Ammonia in Cecil Sandy Loam // Soil Science Society of America Proceeding. 1960. Vol. 24, No. 4. P. 286–289.
2. Arao T. In situ detection of changes in soil bacterial and fungal activities by measuring  $^{13}C$  incorporation into soil phospholipid fatty acids from  $^{13}C$  acetate // Soil Biology And Biochemistry. 1999. Vol. 31(7). P. 1015–1020.
3. Bergey's Manual of Determinative bacteriology. Ninth Edition John G. Holt, Noel R. Krieg, Peter H. A. Sneath, James T. Staley, Stanley T. Williams. Baltimore. 1994. 787 p.
4. Diqelou S., Roze F., Francez A. J. Changes in microbial biomass and activity during old field successions in Brittany, France // Pedobiologia. 1999. Vol. 43. P. 470–479.
5. Henriksen T. M., Breland T. A. Decomposition of crop residues in the field: evaluation of a simulation model developed from microcosm studies // Soil Biology and Biochemistry. 1999. Vol. 31(10). P. 1423–1434.
6. Lipson D. A., Schmidt S. K., Monson R. K. Carbon availability and temperature control the post-snowmelt

- decline in alpine soil microbial biomass // Soil Biology and Biochemistry. 2000. Vol. 32(4). P. 441–448.
7. Mack A. R. Biological Activity and Mineralization of Nitrogen in Three Soils as Induced by Freezing and Drying // Canadian Journal of Soil. Science. 1963. Vol. 43, No. 2. P. 316–324.
  8. Priha O., Smolander A. Nitrogen transformations in soil under Pinus sylvestris, Picea abies and Betula pendula at two forest sites // Soil Biology Aand Biochemistry. 1999. Vol. 31(7). P. 965–977.
  9. Багданавичене З. Методический подход к оценке функциональных отношений и доминантной структуры физиологических групп микроорганизмов в почвах различных экосистем // Экология. 1998. №. 3. P. 3–17.
  10. Звягинцев Д. Т. Почва и микроорганизмы. Москва, 1987. 255 с.
  11. Краткий определитель бактерий Берги. Москва, 1980. 496 с.
  12. Мирчинк Т. Г. Почвенная микробиология. Москва, 1988. 224 с.
  13. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. Микробиология. Москва, 1978. С. 125–137.
  14. Почвенная микробиология / Под. ред. В. В. Никитина. Москва, 1979. 316 с.
  15. Пошон Ж., Де Баржак Г. Почвенная микробиология. Москва, 1960. 560 с.
  16. Рахно П., Аксель М., Сирп Л., Рийс Х. Динамика численности почвенных микроорганизмов. Таллин, 1971. 206 с.
  17. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. Москва, 1983. 296 с.
  18. Тейт III Р. Органическое вещество почвы. Москва, 1991. 400 с.

## Liudmila Tripolskaja, Zinaida Bagdavičienė, Danuta Romanovskaja

### CHANGES IN MINERAL NITROGEN AND MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL DURING DECOMPOSITION OF ORGANIC FERTILIZERS IN THE AUTUMN–WINTER SEASON

#### S u m m a r y

Data of many-year lysimetric experiments (1987–1998) and field experiments (1997–1999) carried out at the Vokė Branch of the Lithuanian Institute of Agriculture, as well as data of the microbiological research carried out at the Institute of Ecology in 1997–1998 are summarized.

The purpose of the study was to establish the regularities of the decomposition of organic fertilizers (manure, straw and green fertilizers) and changes in the microbiological processes in the autumn–winter season in soddy–podzolic sandy loam soils.

The results of microbiological research showed that the number of microorganisms in the soil fertilized with manure was much greater than in non-fertilized soil.

At low positive temperatures in the autumn–winter season the activity of microorganisms is not stopped, but the number and activity of their separate bunches varies.

In the cool season of the year amonifiers and nitrifiers remain awake. The activity of these microorganisms influences the interrelation between the forms of mineral nitrogen in soil. In the soil fertilized with manure, in the winter season the nitric nitrogen can comprise up to 40% of the total mineral nitrogen resulting from decomposition of organic fertilizers. Therefore in soils of a light granulometric composition during infiltration of deposits in the time of thaws, nitric nitrogen is easily exposed to washing away to the deeper layers of soil. This is also confirmed by the data of many-year lysimetric research which show that under climatic conditions of East Lithuania in soils of a light granulometric composition more nitrates are washed away in the winter season (29.5–36.3%). Application of organic fertilizings (especially of manure in autumn) considerably increases the concentration of nitrates in lysimetric waters 2–3 months following fertilization. The application of manure on  $N_{300}$  increases the wash out of nitrogen on the average by 38.3 kg/ha  $N-NO_3$  per year in comparison with non-fertilized soil, *i.e.* by 12.3% from the total nitrogen introduced with manure.

**Key words:** organic fertilizers, soil microorganisms, nitrogen washout

**Людмила Трипольская, Зинаида Багданавичене, Данута Романовская**

#### **ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА И МИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД**

**Резюме**

В статье обобщены данные многолетних лизиметрических (1987–1998 гг.) и полевых (1997–1999 гг.) опытов, проведенных в Вокеском филиале Литовского института земледелия, а также данные микробиологических исследований, проведенных в Институте экологии в 1997–1998 гг.

Цель исследований – установить закономерности разложения органических удобрений (навоза, соломы и зеленого удобрения) и изменения микробиологических процессов в осенне-зимний период в дерново-подзолистой супесчаной почве.

Микробиологическими исследованиями было установлено, что численность микроорганизмов в удобренной навозом почве является значительно большей, чем в неудобренной почве.

При низких положительных температурах в осенне-зимний период деятельность микроорганизмов не прекращается, но изменяются численность и активность их отдельных групп. В холодный период года активность аммонификаторов и нитрификаторов выше, чем гумификаторов. Деятельность данных микроорганизмов влияет на изменение соотношения между формами минерального азота в почве. В удобренной навозом почве в зимний период нитратный азот может составлять до 40% от общего количества минерального азота, образовавшегося при разложении органических удобрений. Поэтому в почвах легкого гранулометрического состава при инфильтрации осадков во время оттепелей нитратный азот легко подвергается вымыванию в более глубокие слои почвы. Это подтверждают и данные многолетних лизиметрических исследований, которыми было установлено, что в климатических условиях Восточной Литвы в почвах легкого гранулометрического состава больше нитратов вымывается в зимний период (29,5–36,3%). Внесение органических удобрений (особенно навоза осенью) уже через 2–3 месяца значительно повышает концентрацию нитратов в лизиметрических водах. Внесение навоза по  $N_{300}$  ежегодно увеличивает вымывание азота в среднем на 38,3 кг/га  $N-NO_3$  по сравнению с неудобренной почвой, что составляет 12,3% от общего количества азота, внесенного с навозом.

**Ключевые слова:** органические удобрения, почвенные микроорганизмы, вымывание азота