ŽEMĖS ŪKIO MOKSLAI. 2006. Nr. 4. P. 11–21
© Lietuvos mokslų akademija, 2006
© Lietuvos mokslų akademijos leidykla, 2006

Periodiško tręšimo fosforu ir kaliu įtaka sėjomainos produktyvumui ir dirvožemio biologinėms savybėms

Dalia Janušauskaitė,

Vytas Mašauskas

Lietuvos žemdirbystės institutas,
LT-58344 Akademija, Dotnuva, Kėdainių r.,
el. paštas: daliaj@lzi.lt, vytas.masauskas@lzi.lt

Lietuvos žemdirbystės institute Dotnuvoje nuo 1971 m. tirta kas ketveri metai naudojamų fosforo bei kasmet, kas dveji, kas ketveri metai naudojamų kalio trąšų ir kasmet naudojamų azoto trąšų įtaka dirvožemio biologiniam aktyvumui ir keturlaukės augalų sėjomainos: bulvės, miežiai, dobilai, žieminiai kviečiai produktyvumui. Straipsnyje apibendrinami dirvožemio biologinių savybių ir sėjomainos aštuntosios rotacijos produktyvumo 2001–2004 m. duomenys.

Vidutiniais tyrimų duomenimis nustatyta, kad įvairūs trąšų deriniai turėjo nevienodą įtaką atskirų grupių mikroorganizmų gausumui ir fermentų aktyvumui. Mikroorganizmų skaičius įvairavo atskirais tyrimų metais, priklausomai nuo metų meteorologinių sąlygų ir auginamų augalų. Atskirais metais vidutiniškai amonifikuojančių mikroorganizmų buvo nuo 6,1 iki 14,14 mln. g^{-1} dirvožemio, mineralinį azotą asimiliuojančių nuo 4,9 iki 27,4 mln. g^{-1} dirvožemio, mikromicetų nuo 20,5 iki 50,4 tūkst. g^{-1} dirvožemio, sporas formuojančių bakterijų nuo 353 iki 498 tūkst. g^{-1} dirvožemio. Išryškėjo bendra tendencija, kad periodinis tręšimas PK trąšomis kas keleri metai, o N kasmet arba tręšimas NPK trąšomis kasmet turi teigiamos įtakos daugumos tirtų mikroorganizmų gausumui ir veiklai. Fermentų invertazės ir ureazės aktyvumas visuose tręšimo variantuose buvo teigiamas ir beveik vienodas, šiek tiek silpnesnis aktyvumas nustatytas tręšiant ne visomis trąšomis. Azotobakterių gausumui trąšos darė neigiamą poveikį, jų skaičius sumažėjo 15–85%.

Patręšus fosforo 180 kg ha^{-1}, kalio 360 kg ha^{-1} rotacijos pradžioje (normos skirtos ketveriems metams) ir azoto 45–90 kg ha^{-1} kasmet gauta daugiausia iš visų periodinio tręšimo variantų rotacijos keturių augalų derliaus bendrosios energijos 823,1 GJ ha^{-1}, kada kasmet tręšiamų augalų sėjomainos produktyvumas sudarė 796,7 GJ ha^{-1}.

Raktažodžiai: fosforas, kalis, tręšimas, sėjomaina, derlius, dirvožemio mikroorganizmai, aktyvumas

ĮVADAS

Atskiros augalų rūšys derliaus formavimui nevienodai efektyviai naudoja trąšas. Be to, tam tikrų trąšų poveikis skiriasi. Todėl nuo trąšų paskirstymo sėjomainoje gali daug priklausyti sėjomainos produktyvumas. Fosforo ir kalio trąšoms būdinga tai, kad jos, naudojamos mažais kiekiais, augalų derliaus ryškiai nepadidina [13]. Padidinus normas augalams, geriau fosforą ir kalį iš trąšų panaudojantiems, galėtume gauti didesnę naudą, negu abu augalus patręšę vienodai. Tačiau ir gerai panaudojantys fosforą ir kalį augalai tręšimo metais pasisavina tik dalį su trąšomis gautų šių maisto medžiagų. Tokiu būdu dirvožemyje lieka maisto medžiagų, kurias gali panaudoti kitų metų augalai [22]. Tačiau su trąšomis įterptų maisto medžiagų prieinamumą augalams dirvožemio koloidai, kiti cheminiai elementai ir dirvožemio mikroorganizmai gali padidinti arba sumažinti. Dirvožemio mikroorganizmai ir fermentai yra vieni jautriausių indikatorių, dirvožemio ekosistemos stabilumą, medžiagų apytaką, dirvožemio derlingumą ir augalų sėjomainos produktyvumą lemiančių veiksnių [23]. Savo ruožtu, dirvožemio biologinį aktyvumą lemia įvairūs aplinkos veiksniai, tarp jų ir tręšimas. Šie pokyčiai ilgainiui, manoma, turi ženklios įtakos dirvožemio kokybei ir produktyvumui. Nuo dirvožemio biologinio aktyvumo parametrų priklauso organinės medžiagos mineralizacija ir humifikacija, atmosferos azoto fiksacija, maisto medžiagų

mobilizacija ir imobilizacija [11]. Todėl dirvožemio biologinio aktyvumo pokyčiai, gauti ilgalaikiuose bandymuose, gali būti svarbus trąšų paskirstymo sėjomainoje vertinimo kriterijus.

Literatūroje aptinkami prieštaringi duomenys rodo, kad būtina tirti tręšimo, ypač gausaus, poveikį dirvožemiui, jo savybėms ir derlingumui. Tirta mikroorganizmų gausa ganyklos dirvožemyje, tręštame NPK įvairiomis normomis, parodė, kad mikroorganizmai reaguoja į visus naudotus makroelementus ir jų santykį trąšose [10]. Neorganinės trąšos daro reikšmingą poveikį dirvožemio mikroorganizmams ir fermentams dėl padidėjusio augalų produktyvumo ir kartu dėl didesnio augalų liekanų kiekio dirvoje. Michelsenas ir kt. nurodo, kad mikroorganizmų imobilizuotos maistmedžiagės vėliau yra atpalaiduojamos ir naudojamos augalų [16]. Po 59 metų augalų liekanų tyrimų nustatyta, kad mikrobų C ir N biomasė tiesiogiai priklausė nuo augalų liekanų masės padidėjimo ir netiesiogiai nuo tręšimo NPK [8]. Daugiau mikroorganizmų dirvožemyje nustatyta tręšiant NPK trąšomis rugius [17], ryžius [21]. Ilgalaikiais eksperimentais, atliktais Saskatchewane, nustatyta ženklus mikroorganizmų masės ir skaičiaus padidėjimas tręšiant NPK [7].

Kiti autoriai nurodo, kad dėl nuolatinio tręšimo neorganinėmis trąšomis blogėja dirvožemio kokybė [4, 6]. McGill ir kt. ilgamečiame bandyme nustatė mikrobų biomasės mažėjimą dėl tręšimo NPK [15]. Nustatytas neigiamas didėjančio N trąšų kiekio poveikis mikrobų masei ir aktyvumui [20, 2]. Panašiai neigiamas poveikis tręšiant 224 kg N ha^{-1} buvo nustatytas dešimties metų eksperimente Kanzase, kai mikrobų biomasė buvo mažesnė nei netręštame dirvožemyje [18]. Kiti autoriai nurodo tiek teigiamą, tiek neigiamą NPK įtaką [9] ar nepastebimus pokyčius [1, 3]. Tos pačios trąšos skirtingai gali veikti atskirų grupių mikroorganizmus. Nevienodai veikia fosforo trąšos. Tręšiant fosforo trąšomis, bendras mikrofloros kiekis buvo didesnis, tačiau grybams neturėjo patikimos įtakos. Nenustatyta esminio N ar P efekto bendram bakterijų, celiuliozę skaidančių mikroorganizmų skaičiui [19]. Teigiama, kad mikrobų savybės nepasikeitė dėl ilgalaikio tręšimo, nes mikrobų populiacija yra pastovios būklės, ir kad trąšos nėra pakankamas veiksnys ką nors pakeisti šiose populiacijose. McCarty ir kt. nurodė, kad ureazės aktyvumas buvo slopinamas ilgai naudojant azoto trąšas [14].

Kita vertus, trąšos ne visada veikia mikroorganizmų plitimą, egzistuoja ir ribojantys veiksniai, nepriklausomai nuo judriojo P, kai esti pakankamai drėgmės ir tinkamas pH. Anglis yra mikroorganizmų gausumą ribojantis veiksnys. Šie literatūroje aptinkami prieštaringi duomenys rodo, kad tręšimo poveikis dirvožemio biologiniam aktyvumui, jo fizikinėms ir cheminėms savybėms ir derlingumui turi būti tiriamas [5].

LŽI 2001–2004 m sukultūrintame buferiniame dirvožemyje atlikti tyrimai siekiant nustatyti periodiško tręšimo fosforo ir kalio trąšomis kas 2 ar 4 metus atitinkamai padidintomis normomis įtaką dirvožemio biologiniam aktyvumui. Šiame straipsnyje nagrinėjami paskutinės, aštuntosios, augalų rotacijos tyrimų rezultatai: dirvožemio biologinio aktyvumo ir agrocheminių savybių pokyčiai, sėjomainos augalų produktyvumas, įvairiai sėjomainoje naudojamų fosforo ir kalio trąšų įtaka.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Lauko bandymas darytas Lietuvos žemdirbystės instituto Bandymų skyriuje. Dirvožemis velėninis glėjiškas lengvas priemolis armenyje, turintis 29,3% fizinio molio. Pagal naują dirvožemių klasifikaciją LTDK 99, priklausantis giliau karbonatingam giliau glėjiškam rudžemiui RDg 4-k2. Prieš paskutinę sėjomainos rotaciją 2000 m. tręšiamo dirvožemio ariamojo sluoksnio agrocheminiai rodikliai buvo tokie: pH_{KCl} – 7,0, humuso – 2,1–2,8%, P_2O_5 – 161–245 mg kg^{-1}, K_2O – 117–146 mg kg^{-1} dirvožemio (A–L metodu).

Bandymas vykdytas keturių laukų sėjomainoje: bulvės, miežiai su dobilų įsėliu, dobilai, žieminiai kviečiai. Paskutinėje, aštuntojoje, rotacijoje auginti augalai tokių veislių: bulvės –'Nida' (vidutinio ankstyvumo), miežiai – 'Luokė' (intensyvi pašarui ir salyklui tinkanti veislė), dobilai – 'Arimaičiai' (derlinga, gerai žiemojanti), žieminiai kviečiai 'Zentos' (gerų technologinių savybių, derlinga veislė).

Bandymui pagal schemą naudotos trąšos – monoamonio fosfatas (amofosas), kalio chloridas ir amonio nitratas. Amofosas ir kalio chloridas bulvėms, miežiams ir dobilams išberti pavasarį, žieminiams kviečiams rudenį. Pagrindinė azoto norma amonio salietros pavidalo išberta prieš augalų sėją / sodinimą, o žiemkenčiams – atsinaujinus vegetacijai ir papildomai bamblėjimo tarpsnyje. Organinės medžiagos dirvožemyje pagausinimui buvo užarti žieminių kviečių šiaudai. Šiaudų mineralizacijai paspartinti išberta 10 kg azoto 1 t šiaudų (5 kg užariant, 5 kg pavasarį kartu su azoto normomis pagal bandymų schemą). Azoto ir kalio deficitiniam balansui pataisyti buvo padidintos azoto ir kalio trąšų normos. Vadovaujantis fosforo balanso rodikliais sumažintos fosforo trąšų normos. Dobilai pjauti ne vieną, bet du kartus. Trąšų normos nurodytos 1 lentelėje.

Bandyme naudota Lietuvos Vidurio zonai Lietuvos žemdirbystės instituto rekomenduota agrotechnika. Bandymo augalų pagrindinės ir šalutinės produkcijos vieno hektaro derlius ir sąnaudos jo išauginimui bendrosios energijos vienetais apskaičiuota pasinaudojant literatūroje nurodytais energijos ekvivalentais.

Meteorologinės sąlygos bandymo vykdymo metais vegetacijos periodu (gegužė–rugpjūtis) 2001 bulvių auginimo metais buvo artimos daugiametėms vidutinėms. 2002 m. orai pasižymėjo sausringumu ir aukštesne temperatūra, kada miežiams su dobilų įsėliu gegužę ir birželio pirmąjį dešimtadienį stigo drėgmės. 2003 m. bandyminiams pirmosios žolės dobilams meteorologinės sąlygos buvo palankios, tačiau antrosios žolės dobilams drėgmės buvo per mažai. Paskutiniams rotacijos augalams žieminiams kviečiams žiemojimo sąlygos buvo pa-

1 lentelė. **Mineralinių trąšų normos* sėjomainos rotacijoje ilgalaikiame bandyme**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės 2001	Miežiai 2002	Dobilai 2003	Ž. kviečiai 2004
1. $N_0P_0K_0$	–	–	–	–
2. NP kasmet	$(N_{10}P_{45})N_{80}$	$(N_{10}P_{45})N_{35}$	$(N_{10}P_{45})$	$(N_{10}P_{45})N_{50}+N_{30}$
3. NPK kasmet	$(N_{10}P_{45})K_{90}N_{80}$	$(N_{10}P_{45})K_{90}N_{35}$	$(N_{10}P_{45})K_{90}$	$(N_{10}P_{45})K_{90}N_{50}+ N_{30}$
4. N kasmet, P kas 4 metai	$(N_{40}P_{180})\ N_{50}$	N_{45}	N_{10}	$N_{60}+N_{30}$
5. NK kasmet, P kas 4 metai	$(N_{40}P_{180})K_{90}\ N_{50}$	$N_{45}K_{90}$	$N_{10}K_{90}$	$N_{60}K_{90}+N_{30}$
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	$(N_{40}P_{180})K_{180}\ N_{50}$	N_{45}	$N_{10}K_{180}$	$N_{60}+N_{30}$
7. N kasmet, PK kas 4 metai	$(N_{40}P_{180})K_{360}\ N_{50}$	N_{45}	N_{10}	$N_{60}+N_{30}$
8. P*K kasmet	$P_{45}K_{90}(S_{29})$	$P_{45}K_{90}(S_{29})$	$P_{45}K_{90}(S_{29})$	$P_{45}K_{90}(S_{29})$
9. NK kasmet	$N_{90}K_{90}$	$N_{45}K_{90}$	$N_{10}K_{90}$	$N_{60}K_{90}+N_{30}$
10. NP*K kasmet	$N_{90}P_{45}K_{90}(S_{29})$	$N_{45}P_{45}K_{90}(S_{29})$	$N_{10}P_{45}K_{90}(S_{29})$	$N_{60}P_{45}K_{90}(S_{29})+N_{30}$

Pastabos. * N – azotas, P – fosforas (P_2O_5), K – kalis (K_2O), S (grynasis elementas) – siera; skliaustuose mitybos medžiagos iš amofoso; „+“ papildomas tręšimas.
(NP) – amofoso formos, $N_{75}N_{30}N_{60}N_{10}$ – azotas amonio salietros formos,
P* – fosforas granuliuoto superfosfato, K – kalio chlorido formos.
Maisto medžiagų kiekis per sėjomainą: azoto – 235, fosforo – 180, kalio – 360, sieros – 116 kg ha^{-1}.

tenkinamos. Vegetacijos periodo orai buvo vėsesni ir sausesni, palyginus su daugiamečiu vidurkiu.

Dirvožemio kokybės rodikliais buvo pasirinktas atskirų fiziologinių grupių mikroorganizmų skaičius bei hidrolizinių fermentų ureazės ir invertazės aktyvumas. Dirvožemio ėminiai mikrobiologiniams tyrimams imti 2001 09 03, 2002 08 27, 2003 06 20, 2004 05 06 ir 2004 08 06.

Įvairių fiziologinių grupių mikroorganizmų paplitimas nustatytas natūralaus drėgnumo dirvožemio mėginiuose praskiedimų metodu ant įvairių maistinių agarinių terpių. Nustatyta kiekvieno dirvožemio mėginio drėgmė. Amonifikuojantys mikroorganizmai ir sporas sudarančios bakterijos – ant mitybinio agaro terpės, mineralinį azotą asimiliuojantys mikroorganizmai – ant krakmolo–amoniako agaro terpės, mikromicetai – ant salyklo agarizuotos terpės, azotobakterės – ant Ešbi terpės. Petri lėkštelės inkubuotos termostate 26°C temperatūroje atitinkamai 3, 5 ir 10 parų, suskaičiuoti kolonijas formuojantys vienetai ir apskaičiuotas jų kiekis 1 g absoliučiai sauso dirvožemio. Dirvožemio hidrolitinių fermentų – ureazės ir sacharazės aktyvumas nustatytas orasausiuose mėginiuose Čunderovos modifikuotais Hofmano metodais [24]. Mineralizacijos ir mobilizacijos koeficientas apskaičiuotas Mišustino metodu pagal mikroorganizmų, augančių ant mineralinės ir organinės terpių, santykį. Vartoti sutrumpinimai – standartinis nuokrypis S, variacijos koeficientas V%.

Tyrimo metais mėginių ėmimo metu dirvožemio drėgmė labai įvairavo (2 lentelė), o tai turėjo įtakos ir dirvožemio biologiniam aktyvumui.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

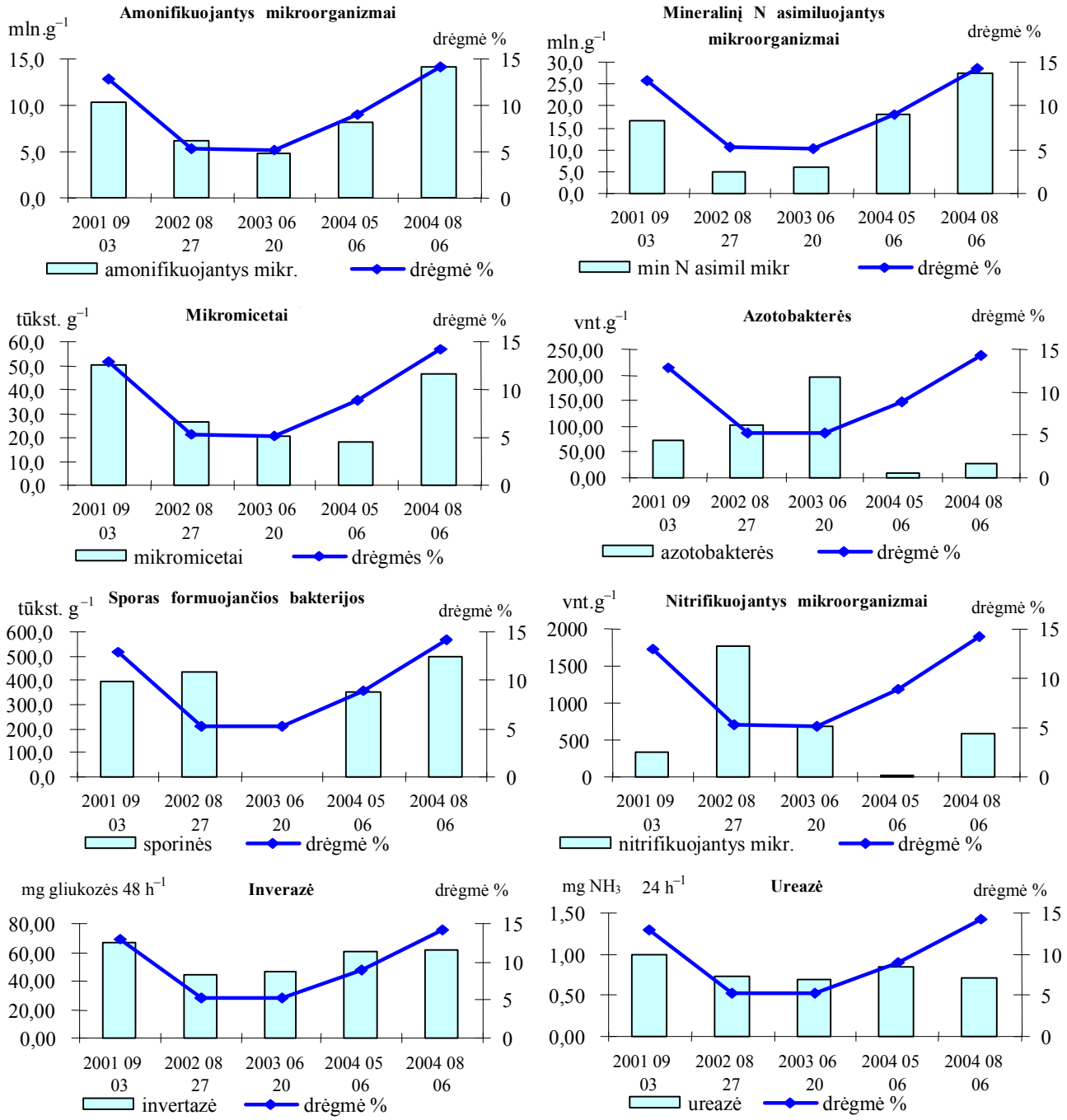
Dideli skirtumai nustatyti tarp atskirų metų bendro mikroorganizmų skaičiaus. Tam įtakos turėjo metų meteorologinės sąlygos ir auginami augalai. Skirtingais metais

2 lentelė. **Dirvožemio drėgmės kiekis (%) mėginių ėmimo metu**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	13	4,9	4,9	8,6	14,5
2. NP kasmet	13	5,8	5,6	9,2	14,6
3. NPK kasmet	12,4	5,2	5,0	8,9	13,8
4. N kasmet, P kas 4 metai	13,1	5,4	5,4	8,5	14,2
5. NK kasmet, P kas 4 metai	12,8	6	5	9	13,9
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	12,4	4,8	5,2	9,1	14,3
7. N kasmet, PK kas 4 metai	13,7	5,2	5,5	9	14,6
8. P*K kasmet	12,9	4,9	4,7	9,1	14,6
9. NK kasmet	13,1	5,9	5,3	9,2	14,5
10. NP*K kasmet	12,6	5,1	5,3	8,7	13,2
Vidutinė drėgmė %	12,9	5,32	5,19	8,93	14,22

dirvožemio drėgmės kiekis mėginių ėmimo metu ženkliai skyrėsi, mažiausia vidutinė drėgmė buvo 2002 08 ir 2003 06, atitinkamai 5,32 ir 5,19% (2 lentelė). Lyginant mikroorganizmų skaičių ir drėgmės procentą, galima matyti, kad buvo tam tikra priklausomybė tarp drėgmės kiekio ir mikroorganizmų gausumo (pav.). Atskirais metais vidutiniškai amonifikuojančių mikroorganizmų buvo nuo 6,1 iki 14,14 mln. g^{-1} dirvožemio, mineralinį azotą asimiliuojančių nuo 4,9 iki 27,4 mln. g^{-1} dirvožemio, mikromicetų nuo 20,5 iki 50,4 tūkst. g^{-1} dirvožemio. Tais metais, kuriais buvo mažesnė drėgmė, mažesnis buvo ir šių grupių mikroorganizmų skaičius. Priešingai, esant mažesniam dirvožemio drėgmės procentui, matyt dėl aukštesnės temperatūros, azotobakterių ir nitrifikuojančių mikroorganizmų nustatyta gausiau.

Atskirais rotacijos metais mikroorganizmų paplitimas ir fermentų aktyvumas buvo gana dinamiškas ir priklausė nuo meteorologinių sąlygų, auginamų augalų. Tačiau lyginant tręšimo variantus, kuriems tos sąlygos buvo vienodos, labai ryškių pokyčių nepastebėta nei pirmais metais išbėrus PK normą visai augalų rotacijai, nei paskutiniais trąšų poveikio tyrimo metais. Daugeliu atvejų mūsų atlikto tyrimo duomenys rodo, kad mikroorganizmų daugėjo tręštame dirvožemyje. Vidutiniais 4 metų duomenimis, tręšimas turėjo teigiamos, tačiau ne esminės įtakos (F – 0,706036; P < 0,699704) organines liekanas



Pav. Mikroorganizmų skaičius, fermentų aktyvumas ir dirvožemio drėgmė

iki amoniako skaidančių mikroorganizmų skaičiui. Tuo tarpu metų įtaka buvo esminiai patikima (F – 16,15592; P < 0,0000). Nors kai kurių metų duomenys dėl tręšimo įtakos yra įvairuojantys, nenuoseklūs, tačiau nustatyta bendra tendencija, kad daugiausia amonifikuojančių mikroorganizmų buvo tręšiant N (kasmet) + P kas 4 metai + K kas 2 metai (6 var.), N (kasmet) + PK kas 4 metai (7 var.) ar NPK (kasmet) (3 var.) 2001 m.; tręšiant NPK (kasmet) (3 var.), NP (kasmet) (2 var.) ir N (kasmet) + PK kas 4 metai (7 var.) 2002 m. (3 lentelė). Sausringais 2003 m. po dobilų pjūties imtuose dirvožemio mėginiuose nustatyta, kad tręšimas turėjo neigiamą įtaką amonifikatorių skaičiui, išskyrus tręšimą NPK kasmet (10 var.) (fosforas granuliuoto superfosfato, turinčio sieros, formos) ir NK kasmet (2 var.). Dirvožemio ėminiuose, imtuose 2004 m. atsinaujinus vegetacijai ir po kviečių pjūties, nustatyta, kad šios grupės mikroorganizmų gausiau buvo vegetacijos metu, nei pavasarį. Beveik tris kartus daugiau amonifikatorių nei pavasarį rasta NPK kasmet (3 var.), NPK kasmet (fosforas granuliuoto superfosfato formos) (10 var.) ir N (kasmet) + PK kas 4 metai (7 var.) tręštuose dirvožemiuose. Rugpjūtį beveik visuose bandymo variantuose mikroorganizmų skaičius buvo panašus, išskyrus NPK kasmet (3 var.) ir N (kasmet) + PK kas 4 metai (7 var.) tręšimo variantus, kur nustatyta dvigubai daugiau mikroorganizmų, palyginti su netręštu dirvožemiu. Kaip nurodo ir kiti autoriai, mikroorganizmų biomasė esti didesnė tręštuose dirvožemiuose, palyginus su netręštais [21].

Mineralinį azotą asimiliuojančių mikroorganizmų, leidžiančių spręsti apie mineralinio azoto gausumą dirvožemyje, skaičiui nustatytas esminis atskirų metų poveikis (F – 128,3783; P < 0,0000). Tuo tarpu kiek ženklesnės tręšimo įtakos nustatyta nebuvo (F – 0,090755; P < 0,999671). Netgi priešingai – atskirais atvejais tręšimas turėjo ir neigiamos įtakos mineralizatorių gausumui (4 lentelė). Pirmais trąšų įterpimo metais po bulvių auginimo daugiausia mineralizatorių rasta tręšiant N (kas-

3 lentelė. **Amonifikuojančių mikroorganizmų paplitimas dirvožemyje (mln. g^{-1})**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	8,62	3,65	5,44	3,79	10,18
2. NP kasmet	10,34	8,02	4,45	7,82	12,06
3. NPK kasmet	11,61	9,51	3,55	12,19	23,19
4. N kasmet, P kas 4 metai	10,59	5,25	4,33	6,05	15,51
5. NK kasmet, P kas 4 metai	9,35	6,70	5,00	13,41	11,57
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	12,49	5,77	4,33	3,41	11,51
7. N kasmet, PK kas 4 metai	10,84	7,38	4,51	8,35	21,49
8. P*K kasmet	10,68	3,95	4,65	4,18	11,32
9. NK kasmet	8,46	7,12	5,95	9,41	12,83
10. NP*K kasmet	10,58	3,69	6,92	12,86	11,83
Vidurkis	10,35	6,10	4,91	8,15	14,15
S (standartinis nuokrypis)	1,25	1,98	0,96	3,79	4,55
V%	12,12	32,59	19,6	46,6	32,16

4 lentelė. **Mineralinį azotą asimiliuojančių mikroorganizmų paplitimas dirvožemyje (mln. g^{-1})**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	14,94	5,33	4,94	16,59	23,40
2. NP kasmet	13,74	5,03	4,70	17,23	29,63
3. NPK kasmet	17,36	5,10	4,98	19,49	30,12
4. N kasmet, P kas 4 metai	17,42	4,92	5,99	18,85	33,97
5. NK kasmet, P kas 4 metai	14,68	5,07	6,95	18,32	33,78
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	19,49	6,06	5,84	17,67	29,02
7. N kasmet, PK kas 4 metai	17,85	5,63	5,96	16,99	23,07
8. P*K kasmet	15,34	3,33	4,65	16,68	22,48
9. NK kasmet	16,73	3,40	9,68	14,49	25,62
10. NP*K kasmet	19,18	5,48	7,25	24,13	22,81
Vidurkis	16,67	4,93	6,09	18,04	27,4
S (standartinis nuokrypis)	1,94	0,89	1,55	2,55	4,49
V%	11,65	18,08	2,42	14,1	16,4

met) + P kas 4 + K kas 2 metai (6 var.) ir NPK kasmet (fosforas granuliuoto superfosfato, turinčio sieros, formos) (10 var.). Auginant miežius, trąšų poveikis buvo teigiamas tik tręšiant N (kasmet) + P kas 4 + K kas 2 metai ir NPK kasmet (fosforas granuliuoto superfosfato formos) bei N kasmet + PK kas 4 metai (7 var.). Kitais tręšimo atvejais poveikis mineralizatoriams buvo neigiamas, ypač tręšiant tik PK kasmet (fosforas granuliuoto superfosfato formos) ir NK kasmet. Panaši nesubalansuoto tręšimo (tręšiant ne visomis pagrindinėmis maisto medžiagomis) neigiamo poveikio tendencija mikroorganizmams išliko ir trečiais tyrimo metais, kai mineralinį azotą asimiliuojančių mikroorganizmų rasta mažiau nei netręštame, NP kasmet (2 var.) ir PK kasmet (8 var.) tręštame dirvožemyje. Tačiau tuo tarpu tręšiant tik NK kasmet (9 var.), rasta beveik dvigubai daugiau mikroorganizmų. Dirvožemio ėminiuose, imtuose iš dirvožemio tik prasidėjus vegetacijai, nustatyta daugiausia mineralizatorių tręšiant kasmet NPK tiek NP amofoso formos, tiek P – granuliuoto superfosfato formos (3 ir 10 var.). Galima manyti, kad pavasarį, kol nėra intensyvaus augalų augimo, kol dar neatsirado konkurencija dėl maisto medžiagų tarp mikrofloros ir augalų, geriau išryškėja tiesioginis subalansuoto (tręšiant visomis pagrindinėmis maisto medžiagomis) tręšimo poveikis. Taip pat subalansuoto tręšimo reikšmė matyti ir tręšiant vien PK (8 var.), be azoto trąšų – šiam variante rasta mažiau mikroorganizmų nei visai netręštame dirvožemyje. Vegetacijos pabaigoje nebuvo pastebėta nuoseklaus trąšų poveikio mineralizatoriams. Gausiau mikroorganizmų buvo N (kasmet) + P kas 4 metai (4 var.) ir NK kasmet + P kas 4 metai (5 var.) tręštame dirvožemyje.

Ne tik mūsų tyrimuose trąšų trūkumas arba nesubalansuotas tręšimas N, P ir K daro neigiamą poveikį mikroorganizmų įvairovei ir bendrai mikroorganizmų masei dirvožemyje. Literatūroje nurodoma, kad nesubalansuotas tręšimas skatina mikrobų masės N sumažėjimą ir padidina C/N mikrobų biomasėje [21]. Tręšimas svarbus tiek augalams, tiek mikroorganizmams. Kažkurio elemento trūkumas turi įtakos ir mikroorganizmų veiklai. Mikroorganizmai yra sudėtinga sistema, veikianti kaip maistmedžiagių šaltinis ir talpykla.

Vidutiniais visų tyrimo metų duomenimis, trąšos daugeliu atvejų darė neigiamą poveikį aplinkos sąlygoms jautrioms azotą fiksuojančioms azotobakterėms (5 lentelė). Panašūs duomenys gauti ir apibendrinus 7 rotacijos duomenis [12]. PK trąšos dažnai, bet ne visada skatino azotobakterių plitimą. Fiziologiškai rūgščių trąšų derinys NK darė neigiamą poveikį mikrobų cenozei ir slopino azotobakterių plitimą. Duomenys rodo, kad azoto ir fosforo forma neveikė azotobakterių gausumo – daugiau nei dvigubai azotobakterių nustatyta N kasmet + P kas 4 metai (4 var.) ir NPK kasmet tręštame dirvožemyje tiek NP amofoso formos, tiek P – granuliuoto superfosfato formos ar N – amonio salietros formos (3 ir 10 var.). Dirvožemyje, kuriame augo miežiai, beveik du kartus daugiau nei netręštame dirvožemyje azotobakterių buvo tręšiant NK kasmet, P kas 4 metai (5 var.). 2003 metais, kai buvo auginami dobilai, bet koks tręšimas neigiamai veikė azotobakterių plitimą. Atsinaujinus kviečių vegetacijai azotobakterių dirvožemyje praktiškai visai nebuvo, o vasaros pabaigoje jų daugiau nei netręštame variante buvo rasta tik N kasmet, PK kas 4 metai (7 var.) tręšiant. Nepaisant to, kad dirvožemyje, kuriame augo dobilai, trąšos neigiamai veikė azotobakterių plitimą, jų bendras skaičius buvo didžiausias per visus tyrimo metus. Svarbu pažymėti, kad mažiausiai azotobakterių buvo tik NP kasmet (2 var.) ir NK kasmet (9 var.) tręštame dirvožemyje.

Nitrifikuojančių mikroorganizmų, oksiduojančių amonifikacijos metu susidariusį amoniaką bei amonio druskas iki nitratų, daugiausia nustatyta 2002 m. (6 lentelė). Kaip rodo tyrimų duomenys, trąšos dažnai neigiamai veikė nitrifikatorių gausumą. Gausiausiai jų nustatyta tręšiant N kasmet, P kas 4 metai (4 var.) ir mažiausiai PK kasmet (8 var.) 2001 m. Tik NP kasmet (2 var.) ir N kasmet,

5 lentelė. **Azotobakterių paplitimas dirvožemyje (vnt. g^{-1})**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	80	168	452	0	23
2. NP kasmet	34	11	116	0	0
3. NPK kasmet	23	116	116	44	58
4. N kasmet, P kas 4 metai	173	53	380	0	12
5. NK kasmet, P kas 4 metai	57	329	105	22	12
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	23	168	190	0	12
7. N kasmet, PK kas 4 metai	23	63	74	0	117
8. P*K kasmet	92	95	294	0	11
9. NK kasmet	0	21	74	0	12
10. NP*K kasmet	206	11	148	22	23
Vidurkis	71,1	103,5	194,9	8,8	28,0
S (standartinis nuokrypis)	68,8	98,6	134,2	15,4	34,9
V%	96,8	95,3	68,8	174	124

6 lentelė. **Dirvožemio nitrifikatorių paplitimas dirvožemyje (vnt. g^{-1})**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	132	2088	289	0,1	58
2. NP kasmet	253	2825	254	16	298
3. NPK kasmet	143	1255	1200	22	214
4. N kasmet, P kas 4 metai	283	1903	1569	60	478
5. NK kasmet, P kas 4 metai	229	1968	432	0	690
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	228	1176	195	0	1231
7. N kasmet, PK kas 4 metai	186	2241	518	82	164
8. P*K kasmet	46	773	740	0	1627
9. NK kasmet	161	1594	1521	16	843
10. NP*K kasmet	80	1871	259	55	242
Vidurkis	174,1	1769,4	697,7	25,1	584
S (standartinis nuokrypis)	76,2	591,2	537,8	29,8	514
V%	43,8	33,4	77,1	119	88,1

7 lentelė. **Dirvožemio mikromicetų paplitimas dirvožemyje (tūkst. g^{-1})**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	44,4	37,8	24,9	12,6	39,4
2. NP kasmet	43,3	31,8	21,7	15,8	49,6
3. NPK kasmet	54	27	19,7	36,7	43,7
4. N kasmet, P kas 4 metai	43,7	25,4	19,4	13,8	52,1
5. NK kasmet, P kas 4 metai	52,4	21,3	16,1	9,5	66,9
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	47,6	22,4	19,3	16,1	42,0
7. N kasmet, PK kas 4 metai	60,8	22,9	21,9	16,5	52,7
8. P*K kasmet	44,2	21	17,5	15	40,6
9. NK kasmet	56,9	28,7	20,8	12,5	39,0
10. NP*K kasmet	56,4	23,2	23,6	31	40,7
Vidurkis	50,37	26,5	20,49	17,9	46,7
S (standartinis nuokrypis)	6,51	5,36	2,66	8,74	8,81
V%	12,91	20,51	13,02	48,7	18,8

PK kas 4 metai (7 var.) tręštuose variantuose nitrifikatorių buvo daugiau nei netręštame dirvožemyje 2002 m. Vidutiniais tyrimų duomenimis, subalansuotas tręšimas nėra būtinas gausiam nitrifikatorių plitimui, daugiausia jų buvo dirvožemyje, tręštame NK kasmet (9 var.), N kasmet + P kas 4 metai (4 var.) ir NP kasmet (2 var.).

Mikromicetų skaičius labai įvairavo atskirais tyrimų metais (7 lentelė). Esant mažai drėgmės dirvožemyje, tręšimas darė neigiamą poveikį mikromicetų kiekiui, jų rasta mažiau nei dirvožemyje be trąšų. Mažiau mikromicetų nustatyta ir tręšiant ne visomis pagrindinėmis trąšomis. Mikromicetams plisti šiek tiek palankesnės sąlygos buvo kasmet tręšiant fiziologiškai rūgščiomis NK trąšomis, nes mikromicetai geriau auga rūgštesnėje aplinkoje, nei bakterijos. Esant didesniam drėgnumui, pirmais trąšų įterpimo metais buvo teigiamas poveikis mikromicetų plitimui, ypač visų trąšų naudojimo atvejais. Įdomu pažymėti, kad pavasarį, atsinaujinus žieminių kviečių vegetacijai, ypač gausu mikromicetų buvo tręšiant kasmet NPK tiek amofosu, tiek superfosfatu (3 ir 10 var.). Rudenį dar buvo juntamas visų tręšimo variantų poveikis, bet daug silpnesnis.

Sporas formuojančių bakterijų plitimui trąšos turėjo nevienodos įtakos (8 lentelė). Sporinės bakterijos skaido sudėtingus organinius junginius ir dažnai pagausėja pablogėjus mikroorganizmų vystymosi sąlygoms, kai nesporinių amonifikatorių sąlyginai sumažėja. Teigiama įtaka buvo ypač pastebima pirmais trąšų įterpimo metais NK kasmet, P kas 4 metai (5 var.) ir N kasmet, PK kas 4 metai (7 var.) variantuose. Be azoto trąšų sporinių bakterijų buvo šiek tiek mažiau. Sausros sąlygomis 2002 m. vasarą tręšimas neturėjo teigiamos įtakos. 2004 m. duomenys rodo, kad daugiausia sporinių bakterijų buvo netręštame dirvožemyje, palyginus su jų paplitimu tręštame dirvožemyje. Vegetacijos pradžioje tirtame dirvožemyje rasta daugiausia bakterijų tręšiant ne visomis trąšomis, o rudenį bakterijų gerokai sumažėjo, ypač NPK kasmet (3 var.) tręštuose laukeliuose.

8 lentelė. **Sporas formuojančių bakterijų paplitimas dirvožemyje (tūkst. g^{-1})**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Bulvės	Miežiai	Dobilai	Ž. kviečiai	
	2001 09 03	2002 08 27	2003 06 20	2004 05 06	2004 08 06
1. $N_0P_0K_0$	337	469	–	299	585
2. NP kasmet	394	442	–	359	589
3. NPK kasmet	426	461	–	345	344
4. N kasmet, P kas 4 metai	403	335	–	393	559
5. NK kasmet, P kas 4 metai	466	404	–	308	526
6. N kasmet, P kas 4 m., K kas 2 m.	396	437	–	308	487
7. N kasmet, PK kas 4 metai	467	485	–	432	492
8. P*K kasmet	298	480	–	345	507
9. NK kasmet	391	532	–	400	499
10. NP*K kasmet	381	309	–	343	392
Vidurkis	395,9	435		353,2	498
S (standartinis nuokrypis)	51,88	68,84		43,8	78,5
V%	13,10	1,81		12,4	15,7

Fermento sacharazės, dalyvaujančios sacharozės hidrolizėje, apibūdinančios organinių anglies junginių kitimo procesus, dalyvaujančios humuso sintezėje, aktyvumui tręšimas beveik visais atvejais turėjo teigiamą įtaką. Vidutiniškai per visus tyrimų metus aktyvumas buvo beveik vienodas, šiek tiek mažiau dirvožemyje, tręštame N kasmet + P kas 4 metai (4 var.). Kita vertus, sacharazės aktyvumas (mg gliukozės 48 h^{-1}) buvo didesnis dirvožemyje, tręštame NP kasmet (2 var.), ir variante be azoto trąšų (8 var.), atitinkamai 22,48 ir 23,9%, palyginus su netręštu dirvožemiu.

Ureazė, katalizuojanti baltymų skaidymosi metu susidariusius amidus iki amoniako išsiskyrimo, naudojama azoto režimo charakteristikai. Jos aktyvumas (mgNH_3 24 h^{-1}) nuo trąšų ne visais tręšimo atvejais ir ne visais tyrimų metais buvo didesnis nei netręštame dirvožemyje. Trąšų įterpimo metais ureazės aktyvumas mažesnis buvo N kasmet + P kas 4 metai (4 var.), PK kasmet (8 var.) bei NK kasmet (9 var.) tręštame dirvožemyje. O paskutiniais rotacijos metais ureazės aktyvumas sumažėjo dirvožemyje visais tręšimo atvejais. Išryškėjo tendencija, kad didesnis ureazės aktyvumas būna dirvožemyje, tręštame visomis trąšomis ir nesvarbu, kada jos sėjomainoje panaudojamos – ar kasmet, ar kas 4 metai.

Dirvožemio pH yra reikšminga sąlyga mikroorganizmų paplitimui [5]. Buferingo, turtingo karbonatų dirvožemio pH_{KCl} laikytinas stabiliu rodikliu. Dėsningų dirvožemio reakcijos skirtumų tarp atskirų tręšimo variantų per visus tyrimo metus įžvelgti neįmanoma. Nedideli skirtumai tarp atskirų tyrimo metų matyt labiau priklausė nuo meteorologinių sąlygų, dirvožemio drėgnumo.

Humuso kiekis dirvožemyje daug priklauso nuo mikroorganizmų veiklos ir, atvirkščiai, mikroorganizmų aktyvumas priklauso nuo dirvožemio humusingumo. Pirmųjų paskutinės, aštuntosios, rotacijos metų rudenį, t. y. praėjus metams po šiaudų užarimo, dėl dirvožemio praturtinimo organine medžiaga humuso kiekis armenyje, palyginus su buvusiu prieš šiaudų įterpimą, padidėjo. Tačiau palyginę paskutinių rotacijos metų armens humusingumą pastebime armenyje jo kiekio mažėjimo tendenciją (9 len-

9 lentelė. **PK trąšų paskirstymo sėjomainos rotacijoje įtaka dirvožemio biologiniam aktyvumui ir sėjomainos produktyvumui**
Dotnuva, 2001–2004 m.

Variantas	Mineralizacijos/imobilizacijos koeficientas		Humusas %		Bendras biologinis aktyvumas %	Derlius t/ha^{-1}		Rotacijos augalų derliaus bendrosios energijos GJ/ha^{-1} 2001–2004
	Bulvės 2001	Ž. kviečiai 2004	Bulvės 2001	Ž. kviečiai 2004		Bulvės 2001	Ž. kviečiai 2004	
1. Be trąšų	1,73	2,29	2,34	2,19	100	16,6	4,28	548,6
2. NP	1,33	2,46	2,72	2,58	115	20,5	6,59	691,6
3. NPK	1,49	1,29	2,28	2,32	118	26,8	6,36	796,7
4. NP4	1,64	2,19	2,64	2,46	113	19,5	6,49	680,9
5. NP4K	1,57	2,91	2,55	2,41	116	28,9	6,46	812,3
6. NP4K2	1,56	2,52	2,23	2,31	106	30,0	6,26	793,3
7. NP4K4	1,65	1,07	2,93	2,47	118	32,3	6,53	823,1
8. PKS	1,44	1,98	2,42	2,31	102	22,9	4,51	614,2
9. NK	1,97	1,99	2,55	2,41	116	24,2	6,13	727,4
10. NPKS	1,81	1,92	2,26	2,31	110	26,8	6,55	794,9

telė). Tai rodo, kad kiekvienos rotacijos paskutinių augalų – žieminių kviečių šiaudus reikia panaudoti trąšai. Po šiaudų užarimo iš visų tręšimo variantų ženkliau humuso kiekis armenyje pirmaisiais bulvių auginimo metais padidėjo, panaudojus keturgubas fosforo, kalio ir viengubas azoto normas. Tačiau taip tręšiamų laukelių dirvožemyje rotacijos pabaigoje humuso kiekis labiau ir sumažėjo. Pažymėtina, kad periodiškai kas 4 metai tręšiant fosforu ir kaliu, azotu kasmet armens humusingumas nebuvo mažesnis kaip tręšiant kasmet.

Fosforu kas ketveri metai, kaliu kas dveji ir kaip ir azotu kasmet tręšiamame dirvožemyje humuso susikaupęs kiekis tiek pastarosios rotacijos pradžioje, tiek pabaigoje buvo artimas kasmet tręšiamo dirvožemio humusingumui.

Fosforo ir kalio trąšų paskirstymo sėjomainoje bandyme bulvės buvo pirmieji rotacijos augalai, kuriems teko keturgubos fosforo bei kalio, viengubos ir dvigubos kalio normos keturgubų fosforo normų ir azoto optimalių normų fone.

Bulvės 2001 m. naudojosi užartais spėjusiais iš dalies mineralizuotis priešsėlio šiaudais. Bulvių gumbų derliaus duomenimis, efektyviausios buvo kalio trąšos. Kalio 90 kg ha^{-1} norma azoto ir fosforo trąšų fone padidino gumbų derlių 6,3 t ha^{-1} (9 lentelė). Keturgubomis ketveriems metams skirtomis fosforo 180 kg ha^{-1} ir kalio 360 kg ha^{-1} normomis tręštų bulvių gautas iš visų periodinio tręšimo variantų didžiausias – 32,3 t ha^{-1} gumbų derlius. Bulvių, tręštųjų visai rotacijai skirtomis PK trąšomis gumbų derlius, palyginus su kasmetiniu tręšimu P_{45}, K_{90} (normos viengubos), buvo 5,5 t ha^{-1} didesnis.

Ankstesniais tyrimų metais bulvių gumbų derliaus duomenys rodo aiškią sieros turinčios trąšos – superfosfato didesnio efektyvumo tendenciją, palyginus su amofoso veikimu. 2001 m. tiek amofosas, neturintis sieros, tiek superfosfatas su siera bulvių gumbų derlių didino vienodai.

Žieminiai kviečiai – paskutinieji sėjomainos rotacijos augalai, kurių derlius rodo, koks rotacijos pradžioje išbertų keturgubų fosforo ir kalio normų bei kviečių priešsėliui dobilams išbertų dvigubų kalio normų poveikis, palyginus su kasmet, tarp jų ir kviečiams, išbertų trąšų tiesiogine įtaka. Žieminių kviečių grūdų derliaus duomenys rodo statistiškai patikimą trąšų veikimą visuose tręšimo variantuose, išskyrus kasmetinį tręšimą vien fosforo ir kalio trąšomis (9 lentelė). Pastebimas statistiškai patikimas fosforo ir kalio trąšų, išbertų rotacijos pradžioje kasmet beriamų azoto trąšų fone, poveikis žieminiams kviečiams.

Sieros turinčių trąšų naudojimas ne visoms mikroorganizmų fiziologinėms grupėms turėjo teigiamos įtakos, nei vien naudojant sieros neturinčias trąšas.

Bendras biologinis aktyvumas buvo didesnis naudojant PK trąšas tiek periodiškai kartą per 4 metus, tiek kasmet, palyginus su kitais tręšimo variantais. Apibendrinus rotacijos duomenis, PK trąšas naudojant kas 4 metus ir N kasmet (7 var.) bei kasmet tręšiant NPK (3 var.), bendras biologinis aktyvumas buvo vienodas. Mineralinį azotą asimiliuojančių mikroorganizmų taip pat buvo daugiau tręšiant tiek kas 4 metus, tiek kasmet, vadinasi, mineralinio azoto režimas buvo ne blogesnis PK trąšas beriant kas 4 metai. Matyt, tai galėjo turėti įtakos ir augalų derliui. Mineralizacijos koeficientas rotacijos pabaigoje vidutiniškai labai išaugo, palyginus su pirmais rotacijos metais, išskyrus 3 ir 7 variantus, kur netgi ženkliai sumažėjo. Sacharazės, susijusios su humifikacijos procesu, aktyvumas leidžia spręsti apie intensyvesnę mineralizaciją tręšiant PK kas 4 metai (7 var.). Be to, tai siejasi su mažėjimu humuso kiekio, kuris rotacijos pabaigoje nustojo mažėjęs ir prilygo kasmet tręšimui NPK. Goyal ir kt. taip pat nustatė, kad mikrobų biomasė didėja naudojant subalansuotą tręšimą, nei pavienes trąšas [7].

Paskutiniais rotacijos metais pastebėtos geresnio azoto režimo dirvožemyje, intensyvesnės mineralizacijos bei silpnesnės humifikacijos tendencijos rodo periodiško tręšimo pranašumą, palyginus su kasmetiniu. Turimi duomenys, gauti per rotaciją, pakankamai gerai atspindi mikrobiologinių ir biocheminių procesų sąveiką, formavusią dirvožemio derlingumą ir sėjomainos produktyvumą.

Tyrimų duomenys rodo bendrą tendenciją, kad periodinis tręšimas, kaip ir tręšimas NPK trąšomis kasmet, turi teigiamos įtakos daugumos tirtų mikroorganizmų gausumui ir veiklai.

IŠVADOS

1. Mikroorganizmų skaičius atskirais tyrimų metais įvairavo, priklausomai nuo metų meteorologinių sąlygų ir auginamų augalų.

2. Daugeliu atvejų dėl tręšimo mikroorganizmų skaičius didėjo. Tręšimas NPK trąšomis kasmet, kaip ir tręšimas fosforu ir kaliu kas keleri metai, o azotu kasmet, turi teigiamos įtakos daugumos tirtų mikroorganizmų gausumui ir veiklai. Mažiau mikroorganizmų randama ne visomis pagrindinėmis trąšomis tręšiamame dirvožemyje.

3. Patręšus fosforu (180 kg ha^{-1}) ir kaliu (360 kg ha^{-1}) rotacijos pradžioje, o azotu (45–90 kg ha^{-1}) tręšiant kasmet ar kasmet naudojant NPK trąšas, bendras biologinis aktyvumas buvo vienodas. Mažiausias biologinis aktyvumas pastebimas dirvožemyje, netręštame azoto trąšomis. Naudojant PK trąšas vieną kartą per rotaciją ar kasmet, nustatytas mažiausias mineralizacijos/mobilizacijos koeficientas.

4. Rotacijos pradžioje, po šiaudų užarimo iš visų tręšimo variantų ženkliau humuso kiekis armenyje padidėjo panaudojus keturgubas fosforo, kalio ir viengubas azoto normas. Paskutiniais rotacijos metais armens humuso kiekis turėjo mažėjimo tendenciją. Tačiau periodiškai kas 4 metai tręšiant fosforu ir kaliu, azotu kasmet armens humusingumas buvo nemažesnis kaip tręšiant NPK kasmet.

5. Įterpus visą PK normą rotacijos pradžioje, o N kasmet, gauta iš visų periodinio tręšimo variantų daugiausia rotacijos keturių augalų derliaus bendrosios energijos (823,1 GJ ha^{-1}), kada kasmet tręšiamų augalų sėjomainos produktyvumas buvo 796,7 GJ ha^{-1}.

Gauta 2006 09 29
Parengta 2006 10 27

Literatūra

1. Aref S., Wander M. M. Long-term trends of corn yield and soil organic matter in different crop sequences and soil fertility treatments on the Morrow Plots // Advance Agronomy. 1998. Vol. 62. P. 153–161.
2. Burket J. Z., Dick R. P. Microbial and soil parameters in relation to N mineralization in soils of diverse genesis under different management systems // Biology and Fertility of Soils. 1998. Vol. 7. P. 430–438.
3. Campbell C. A., Biederbeck V. O., Zenter R. P., Lafond G. P. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem // Canadian Journal of Soil Science. 1991. Vol. 71. P. 363–376.
4. Cassman K. G., Pingali P. L. Extrapolating trends from long-term experiments to farmer's fields: The case of irrigated rice systems in Asia. In: Barnett V., Payne R., Steiner R. (eds.). Agricultural Sustainability, Economic, Environmental and Statistical Considerations. London: Wiley and Sons, 1995. P. 63–84.
5. Dobbs T. L., Smolik J. D. Productivity and profitability of conventional and alternative farming systems: A long-term on farm paired comparison // Journal Sustainable Agriculture. 1996. Vol. 9. P. 63–79.
6. Doran J. W., Sarrantonio M., Liebig M. A. Soil health and sustainability // Advance Agronomy. 1996. Vol. 56. P. 1–54.
7. Goyal S., Mishra M. M., Hooda I. S. et al. Organic matter-microbial biomass relationships in field experiments under tropical conditions: Effects of inorganic fertilization and organic amendments // Soil Biology and Biochemistry. 1992. Vol. 24. P. 1081–1084.
8. Graham M. H, Haynes R. J., Meyer J. H. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications,burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Afrika // Soil Biology and Biochemistry. 2002. Vol. 34. P. 93–102.
9. Johnston A. E. The Rothamsted classical experiments. In: Leigh R. A., Johnston A. E. (eds.). Long-term Experiments in Agricultural and Ecological Sciences. Wallingford: CAB International, 1994. P. 9–37.
10. Lugauskas A., Repečkienė J., Salina O. Mikroorganizmų paplitimas įvairiomis NPK trąšų normomis tręštame priesmėlio ganyklos dirvožemyje // Žemdirbystė. Mokslo darbai. 1997. Nr. 59. P. 193–208.
11. Mader P., Pfiffner L., Fliebbbach A. Soil ecology – the impact of organic and conventional agriculture on soil biota and its significance for soil fertility // Proceedings of the 11th IFOAM sc. Conference: Fundamentals of Organic Agriculture. Copenhagen, 1996. Vol. 1. P. 24–40.
12. Mašauskas V., Svirskienė A. Periodiško tręšimo fosforu ir kaliu įtaka dirvožemio biologiniam aktyvumui ir sėjomainos produktyvumui // Žemdirbystė. Mokslo darbai. 2003. Nr. 84(4). P. 35–48.
13. Mažvila A., Vaišvila Z., Mašauskas V. Judrieji fosforas ir kalis Lietuvos dirvožemiuose ir jų įtaka žemės ūkio augalų derliui // Žemės ūkio mokslai. 1996. Nr. 2. P. 21–29.
14. McCarty W., Shogren R., Bremner M. Regulation of urease production in soil by microbial assimilation of nitrogen // Biology and Fertility of Soils. 1992. Vol. 12. P. 261–264.
15. McGill W. G., Cannon K. R., Robertson J. A., Cook F. D. Dynamic of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations // Canadian. Journal of Soil Science. 1986. Vol. 66. P. 1–19.
16. Michelsen A., Graglia E., Schmidt I. et al. Differential responses of grass and a dwarf shrub to long-term changes in soil microbial biomass C, N and P following factorial addition of NPK fertilizer, fungicide and labile carbon to a heath // The New Phytologist. 1999. Vol. 143. P. 523–538.
17. Narula N., Deubel A., Gransee A. et al. Impact of fertilizers on total microbiological flora in planted and unplanted soils of long-term fertilization experiment // Archives of Agronomy and Soil Science. 2002. Vol. 48(3). P. 171–180.
18. Omay A. B., Rice C. W., Maddux L. D. et al. Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization // Soil Science Society American Journal. 1997. Vol. 61. P. 1672–1678.
19. Sarathchandra S. U., Ghani A., Yeates G. W. et al. Effect of nitrogen and phosphate fertilisers on microbial and nematode diversity in pasture soils // Soil Biology and Biochemistry. 2001. Vol. 33. P. 953–964.
20. Smolander A., Kurka A., Kitunen V. et al. Microbial biomass C and N, and respiratory activity in soil from repeatedly limed and N- and P-fertilized spruce stands // Soil Biology and Biochemistry. 1994. Vol. 26. P. 957–962.
21. Zhang Q.-Ch., Wang G.-H. Studies on nutrient uptake of rice and characteristics of soil microorganisms in a long-term fertilization experiments for irrigated rice // Journal of Zhejiang University Science. 2005. Vol. 6B(2). P. 147–154.
22. Mašauskas V., Mašauskienė A. Effects of biennial and every four years versus annual potassium application in long-term experiment // Почвоведение и агрохимия. Научный журнал Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси. 2005. № 1(34). С. 252–255.
23. Свирскене А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы // Почвоведение. 2003. № 2. С. 202–210.
24. Чундерова А. И. Активность инвертазы в дерново-подзолистых почвах // Биологические науки. 1970. № 12. С. 104–110.

Dalia Janušauskaitė, Vytas Mašauskas

EFFECTS OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM PERIODICAL APPLICATION ON SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY AND CROP ROTATION PRODUCTIVITY

Summary

The effect of phosphorus fertilizers applied every year and of potassium fertilizers applied annually, every two and every four years on the productivity of four-course crop rotation and soil

chemical and biological properties have been investigated at the Lithuanian Institute of Agriculture in Dotnuva since 1971.

The objective of the present study was to investigate the effects of periodical N, P and K applications on the microbial properties of soil in rotation with potato, barley clover and winter wheat.

Microbial populations and activities in soil of different fertilization treatment were primarily influenced by weather conditions during the growing seasons and, to a lesser extent, by soil fertilization. Soil microbial level was highest under wet conditions. The numerosity of microbes differs among fertilizer treatments and has not the same impact. At different years, the number of ammonificators ranges from 6.1 to 14.14 mln g^{-1}, the number of mineralizers from 4.9 to 27.4 mln g^{-1}, fungi from 20.5 to 50.4 thousand g^{-1} of soil, spore forming bacteria from 353 to 497 thousand g^{-1} of soil. Under the conditions of our study, there was no observable detriment in microbial activity from the use of chemicals fertilizers. In general, soil microbial level of NPK plots was higher. On nitrogen fixing bacteria, fertilization had a negative impact; their amount decreased by 15–85%. Urease and invertase slightly increased in the fertilized plots. Unbalanced treatment in some cases had a negative impact on urease activity. These results show the necessity of fully balanced fertilizer inputs in order to enhance microbial activity.

Periodical application of phosphorus (180 kg ha^{-1}) and potassium (360 kg ha^{-1}) once per four years on the background of nitrogen (45–90 kg ha^{-1}) annually resulted in the 823.1 GJ ha^{-1} total energy yield of the crop rotation plants. The annual application of fertilizers resulted in the 796.7 GJ ha^{-1}.

Key words: phosphorus, potassium, fertilization, crop rotation, soil microbes, activity

Даля Янушаускайте, Витас Машаускас

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ ФОСФОРОМ И КАЛИЕМ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Р е з ю м е

В Литовском институте земледелия в Дотнуве с 1971 г. исследуется, как на биологическую активность почвы и продуктивность четырехпольного (картофель, ячмень, клевер красный, озимая пшеница) севооборота при ежегодном удобрении азотом влияют вносимые периодически (один раз в четыре года) фосфорные удобрения, а также калийные удобрения, вносимые ежегодно, однократно в два и в четыре года. В статье обобщены данные исследований 2001–2004 гг. биологических свойств почв и продуктивности культур восьмой ротации севооборота.

В разные годы в зависимости от метеорологических условий, подопытных культур и удобрений содержание аммонифицирующих бактерий составляло от 6,1 до 14,14 млн. $г^{-1}$ почвы, ассимилирующих минеральный азот – от 4,9 до 27,4 млн. $г^{-1}$ почвы, микромицетов от 20,5 до 50,4 тыс. $г^{-1}$ почвы, споровых бактерий – от 353 до 498 тыс. $г^{-1}$ почвы. Выявлена общая тенденция: периодическое внесение PK раз в несколько лет, а азота ежегодно, как и ежегодное применение NPK удобрений положительно влияли на изобилие большинства исследованных групп микроорганизмов, а также на активность ферментов инвертазы и уреазы. Удобрения отрицательно влияли только на содержание азотобактера, численность которого сократилась на 15–85%.

При внесении фосфора 180 кг $га^{-1}$, калия 360 кг $га^{-1}$ однократно за всю ротацию, а азота по 45–90 кг $га^{-1}$ ежегодно получено наибольше общей энергии урожая – 823,1 ГДж $га^{-1}$, когда продуктивность севооборота ежегодно удобряемых растений составляла только 796,7 ГДж $га^{-1}$.

Ключевые слова: фосфор, калий, удобрения, севооборот, урожай, почвенные микроорганизмы, активность