I skyrius. DIRVOTYRA IR AGROCHEMIJA

ISSN 1392-3196
Žemdirbystė. Mokslo darbai, 2005, 4, 92, 3-19
UDK 631.582:631.46

SMĖLŽEMIŲ CHEMINĖS IR BIOLOGINĖS SAVYBĖS DIRVONUOJANČIOSE IR MIŠKU APŽELDINTOSE ŽEMĖS ŪKIO NAUDMENOSE

Kęstutis ARMOLAITIS[1], Jūratė ALEINIKOVIENĖ[1],
Alė BANIŪNIENĖ[2],Vilma ŽĖKAITĖ[2]

[1]Lietuvos miškų institutas
Girionys, Kauno rajonas
El. p. dirvo@mi.lt

[2]Lietuvos žemdirbystės institutas
Perloja, Varėnos rajonas
El. p. perloja@perloja.lzi.lt

Santrauka

Lietuvos žemdirbystės instituto Perlojos bandymų stotyje 1960 m. įrengtas stacionarinis bandymas, siekiant palyginti žemės ūkio augalų ir pušynų produktyvumą smėlžemiuose. Nuo 1995 m. bandyme ariamos žemės dirvonuoja. Straipsnyje pateikiami 2004 m. atliktų tyrimų duomenys apie įveistų ir savaime atžėlusių pušynų būklę ir augimą bei palyginamos smėlžemių cheminės savybės ir mikroflora pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemėse.

Nustatyta, kad savaiminių pušies žėlinių būklė yra geresnė negu tankesnių želdinių, kurie yra pažeisti šakninės pinties (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). Tačiau retesni savaiminiai žėliniai yra mažiau produktyvūs, juose žymiai blogesnė medžių stiebų kokybė.

Smėlžemių tyrimams surinkti miško paklotės (OL ir OFH sluoksniai) ir ariamojo Ap horizonto viršutinio 0-2 cm ir 2-10 cm storio sluoksnių ėminiai. Nustatyta, kad palyginti su pušies želdiniais 10 metų dirvonuojančios žemės yra 1,2-1,9 pH_{CaCl_2} mažiau rūgščios ir 2-3 kartus labiau pasotintos judriaisiais P_2O_5 ir K_2O. Tačiau pušies želdiniuose, kadangi po miško paklote formuojasi humusinis Ah horizontas, yra didesnės mineralinio azoto (NO_3-N + NH_4-N) ir organinės anglies koncentracijos. Apskaičiuota, kad pušies želdiniuose miško paklotėje ir viršutiniame 10 cm storio mineraliniame smėlžemių sluoksnyje $N_{min.}$ sankaupa (2,67±0,38 g N m^{-2}) yra didesnė 3 kartus, o $C_{org.}$ (3,31±0,31 kg C m^{-2}) – apie 6 kartus didesnė, negu dirvonuojančioje žemėje. Dirvonuojančių šarmiškesnių smėlžemių mikroorganizmų, ypač bakterijų, gausa yra didesnė. Tačiau pušies želdiniuose smėlžemiai dėl susiformavusios miško paklotės pasižymi įvairesne mikroflora: morfologiškai nustatyta 10 rūšių didesnis bakterijų rūšių skaičius.

Reikšminiai žodžiai: smėlžemiai, dirvonuojanti žemė, pušies želdiniai ir žėliniai, cheminės savybės, mikroflora.

Įvadas

Kyoto protokolą pasirašiusios šalys sutiko sumažinti CO_2 emisijas, mažindamos pirminių energijos šaltinių suvartojimą ir didindamos miškų plotus. Dėl to XX a. aštunto dešimtmečio pabaigoje Vakarų Europoje pradėta intensyviai apželdinti žemės ūkio plotus. Pavyzdžiui, Danijoje jau 1989 m. deklaruota, kad miškų plotai per 100 metų šalyje turi padvigubėti /Vesterdal ir kt., 2002/. Apskaičiuota, kad jeigu Europoje mišku bus apželdinta 30 % ariamų žemių, per 100 metų organinės anglies sankaupa dirvožemyje padidės 12-13 % /Powlson ir kt., 1998/. Aktualiais tapo įveistų miško želdinių įtakos dirvožemių kokybei ir anglies sekvestracijai tyrimai.

Lietuvoje iki šiol miško dirvožemių genezės tyrimuose /Vaičys, 1975/ nebuvo akcentuojami dirvožemių savybių pokyčiai mišku apželdintuose žemės ūkio plotuose, nors po II Pasaulinio karo žemės ūkio naudmenose buvo įveista daugiau negu 300 tūkst. ha miško želdinių /Karazija, Danusevičius, 1997/. Ir dabar šalyje yra daugiau kaip 770 tūkst. ha nederlingų dirvožemių, kuriuose taip pat neracionalu verstis žemės ūkiu. Teigiama, kad 500-600 tūkst. ha tokių buvusių žemės ūkio plotų savaime apžels ar bus apsodinti mišku /TMKC – PLLS / LMA, 1999; Kundrotas, 2001; Riepšas, 2002/. Ypač aktualu mišku apželdinti nederlingus smėlžemius (Arenosols), kurie užima beveik 12 % Lietuvos teritorijos, o miškuose sudaro 25-30 % mišku apaugusio ploto /Beniušis, Vaičys, 2004/.

Lietuvos žemdirbystės instituto (LŽI) Perlojos bandymų stotyje prof. Petro Vasinausko sumanymu pagal prof. Antano Tindžiulio metodiką 1960 m. buvo įrengtas unikalus bandymas „Lauko ir miško kultūrų palyginimas gilaus smėlio dirvoje". Jame daugiausia tirta tręšimo įtaka lauko kultūrinių augalų derliui, epizodiškai – pušies želdinių augimui /Gudaitienė ir kt., 1984; Lukšienė, 1997/. Nuo 1994 m. šie tyrimai nevykdomi, nes paaiškėjo, kad dabartinėmis rinkos sąlygomis giliuose smėliuose ūkininkavimas nuostolingas /Žemdirbystės ypatumai lengvuose..., 1999/. Vėliau, 2004 m., tyrimai atnaujinti jau kitoje, ekologinėje plotmėje: tikslu įvertinti augalijos įvairovę, buvusių ariamų smėlžemių fizikinių, cheminių ir biologinių savybių pokyčius pušynuose ir dirvonuojančiose žemėse.

Šiame straipsnyje pateikiami žvalgybinių tyrimų duomenys apie minėtame Perlojos bandyme įveistų ir savaime atžėlusių pušynų augimą ir būklę, palyginamos smėlžemių cheminės savybės bei mikroflora pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemėse.

Tyrimų sąlygos ir metodai

LŽI Perlojos bandymų stotyje 1960 m. 40 ha plote smėlžemiuose (Arenosols; pagal ankstesnę klasifikaciją – velėniniai jauriniai menkai pajaurėję smėlio dirvožemiai) įrengtame bandyme „Lauko ir miško kultūrų palyginimas gilaus smėlio dirvoje" (toliau – Perlojos bandymas) 4-iais pakartojimais arba blokais dabar yra tokie biotopai: (1) paprastosios pušies (*Pinus sylvestris* L.) želdiniai; (2) paprastosios pušies savaiminiai žėliniai ir (3) dirvonuojančios žemės ūkio naudmenos. Tyrimai daryti 2004 m., kai pušies želdinių ir žėlinių amžius buvo

44 m., o žemės ūkio naudmenos dirvonavo 10 metų (1994 m. paskutinį kartą tręšta mėšlu 60 t ha^{-1} ir auginti kukurūzai).

Visuose pušies želdiniuose ir žėliniuose nustatyti šakninės pinties (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) židiniai. Patikslinus žuvusius pušynus natūroje, židinių plotai apskaičiuoti GIS Arcview programa, dešifruojant ortofoto (M1:5000) nuotrauką.

Instrumentinė taksacija pušies želdiniuose (apskaitos aikštelių n = 2, iš viso 298 apskaitos medžiai) ir žėliniuose (n = 2, 49 medžiai) atlikta skritulinėse, 400 m^2 ploto (R = 11,29 m) apskaitos aikštelėse. Jose buvo išmatuotas visų augančių ir sausų medžių skersmuo 1,3 m aukštyje, kas 7-as apskaitos medis matuotas kaip modelinis: nustatytas medžio aukštis, atstumas iki pirmųjų sausų ir žalių šakų, lajos defoliacija arba spyglių netekimas (%, pagal UN/ECE, 2004), konstatuotas stiebo kreivumas ir daugiastiebiškumas. Pirminiai taksaciniai duomenys apdoroti Lietuvos miškų institute paruošta FOXPRO 2.6 programa (autorė – M. Kvalkauskienė): apskaičiuota skersploščių suma, skalsumas, gyvybingų ir žuvusių medžių tūriai, medžių tankis ir kt. vidutiniai rodikliai.

Cheminei analizei ir mikrofloros tyrimams dirvožemio ėminiai (organiniai OL ir OFH sluoksniai – jie pušies želdiniuose sudaro miško paklotę) iš ariamojo horizonto viršutinio 10 cm storio sluoksnio – Ap (0-2 cm) ir Ap (2-10 cm) - surinkti pušies želdiniuose ir dirvonuojančiuose plotuose keturiais (n = 4) pakartojimais. Kiekviename pakartojime parinkti 20 m ilgio maršrutai, kuriuose kas 2 m iš 10-ies vietų jungtiniai organiniai ėminiai imti 0,1 m^2 ploto metaliniu žiedu, o jungtiniai mineralinio dirvožemio ėminiai – su 4 cm skersmens grąžtu zondu. Be to, su 188 cm^3 tūrio cilindru paimti mineraliniai ėminiai dirvožemio tankiui nustatyti. Vėliau laboratorijoje, išdžiovinus mėginius 105±2ºC temperatūroje, apskaičiuota organinių sluoksnių absoliučiai sausa masė (kg m^{-2}) ir mineralinio dirvožemio smulkiosios dalies (atskyrus > 2 mm skeletą) tankis.

Dirvožemio mėginių cheminiai rodikliai nustatyti LŽI Agrocheminių tyrimų centre: pH_{CaCl_2} – 0,01 M $CaCl_2$ suspensijoje potenciometriniu metodu; organinė anglis (org. C) – Hereus aparatu, deginant mėginius 900ºC temperatūroje; judrieji fosforas (P_2O_5) ir kalis (K_2O) – Egnerio-Rimo-Doming (A-L) metodu; amonio (NH_4-N) ir nitratinis (NO_3-N) azotas – 1 N KCl ištraukoje kolorimetriniu metodu; mainų katijonai (Ca^{2+}, Mg^{2+}) – veikiant mėginius 0,1 M $BaCl_2$ santykiu 1:10 atominės absorbcijos spektrometriniu metodu.

Mikroorganizmai išskirti iš dirvožemio praskiedimo metodu, užsėjant trimis pakartojimais ant suminiam mikroorganizmų skaičiaus nustatymui standartinės Plate-Count-Agar terpės /Annand ir kt., 2003/. Petri lėkštelės su mikroflora inkubuotos termostate 27ºC temperatūroje 5 paras, tada suskaičiuotos kolonijos ir apskaičiuotas suminis mikroorganizmų ir jų grupių skaičius 1 g išdžiovinto (90ºC temperatūroje iki pastovaus svorio) dirvožemio. Mikrofloros suminis kiekis apskaičiuotas pagal formulę $m = 20xad$, kai m – mikroorganizmų skaičius 1 g sausio dirvožemio; x – mikroorganizmų kolonijų skaičius; a – tirpalų praskiedimo laipsnis; d – dirvožemio drėgmės koeficientas; skaičius 20 – koeficientas perskaičiuoti

pasėtos suspensijos kiekį 1 ml. Bakterijos identifikuotos remiantis jų kolonijų morfologinėmis savybėmis ir nusidažymu *Gramo* būdu.

Visų duomenų patikimumas 95 % tikimybės lygiu tikrintas naudojant Stjudento *t* – testo kriterijų.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Pušies želdinių ir žėlinių būklės ir augimo ypatumai. Tirtų pušies želdinių būklė ir augimas Perlojos bandyme labai skiriasi. Geresnės sanitarinės būklės yra pušies žėliniai, kuriuose neišplito šakninė pintis (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). Tankesniuose pušies želdiniuose rasta net 15 židinių. Jų plotas labai įvairus – nuo 0,02-0,03 ha iki beveik 0,8 ha dydžio (1 lentelė). Taip pat netolygiai ir nevienodu intensyvumu šakninės pinties židiniai išsidėstę atskiruose blokuose. Pavyzdžiui, II bandymo bloke rastas tik vienas židinys, kuris sudaro 2-3 %, o šalia esančiame III bloke 5 židiniai užima daugiau kaip 50 % čia įveistų pušies želdinių ploto.

1 lentelė. Šakninės pinties (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) židiniai Perlojos bandymo pušies želdiniuose (2004 m.)
Table 1. *The outbreaks of Heterobasidion annosum in Scots pine plantations of Perloja experiment (2004)*

Bloko Nr. *Block No*	Pušies želdinių plotas ha *Area of pine plantations ha*	Šakninės pinties židinių plotas *Area of the outbreaks of Heterobasidion annosum*		
		Nr. / *No*	ha	pušų želdiniuose % *in pine plantations %*
I	2,105	1	0,024	1,1
		2	0,062	2,9
		3	0,226	10,7
		iš viso / *in total*	0,312	14,7
II	2,376	1	0,061	2,6
		iš viso / *in total*	0,061	2,6
III	2,300	1	0,039	1,7
		2	0,198	8,6
		3	0,088	3,8
		4	0,096	4,2
		5	0,763	33,2
		iš viso / *in total*	1,184	51,5
IV	2,434	1	0,143	5,9
		2	0,053	2,2
		3	0,027	1,1
		4	0,073	3,0
		5	0,079	3,2
		iš viso / *in total*	0,375	15,4
Iš viso želdiniuose *Total in plantations*	9,215		1,932	21,0

Iš viso Perlojos bandyme dėl šakninės pinties yra žuvę apie 21 % pušies želdinių. Dabar šiuose židiniuose yra išlikusios tik pavienės pušys, auga berželiai, gausu paprastųjų kadagių.

Būtina pažymėti, kad pušies želdiniuose ir žėliniuose nuo pat bandymo įrengimo pradžios buvo netinkamai atliekami miško darbai (ugdymas, sanitariniai kirtimai ir kt.). Todėl labai akivaizdžiai skiriasi medžių tankis (skaičius vnt. ha^{-1}), skersmuo ir tūris (2 lentelė). Vidutinis medžių skaičius pušies savaiminiuose žėliniuose yra tik 550 vnt. ha^{-1}, o įveistuose pušies želdiniuose (pradinis tankumas – 10 000 vnt. ha^{-1}) – apie 3 000 vnt. ha^{-1}, arba didesnis daugiau kaip 5 kartus.

2 lentelė. Perlojos bandymo 44 m. amžiaus pušies želdinių ir žėlinių taksacinė charakteristika (2004 m.)

Table 2. *Main characteristics of 44-year-old planted and naturally regenerated Scots pine stands in Perloja experiment (2004)*

Barelio Nr. *Sample plot No*	Medžių skaičius, vnt. ha^{-1} *Number of trees per ha*	Vidutiniai *Mean*		Tūris m^3 ha^{-1} *Volume (m^3 ha^{-1})*		Atstumas m *Distance (m)*	
		skersmuo $D_{1,3}$, cm *DBH (cm)*	aukštis m *tree height m*	augančių medžių *growing trees*	sausų medžių *dead trees*	iki sausų šakų *up to dead branches*	iki žalių šakų *up to leaving branches*
Pušies želdiniai / *Pine plantations*							
1	2875	13,0±0,6	16,9±1,1	330,7±4,3	39,1±4,6	7,5	11,6
2	3200	12,6±0,5	16,9±1,6	349,5±4,2	22,7±4,7	7,0	11,8
Vidurkis *In average*	3038	12,8±0,6	16,9±1,4	340,1±4,2	30,9±4,6	7,2±0,2	11,7±0,2
Pušies žėliniai / *Naturally regenerated pine stands*							
1	650	26,0±0,8	15,9±6,5	265,6±6,8	3,1±1,2	7,8	11,2
2	450	29,0±0,9	19,2±7,5	269,3±7,9	8,3±4,0	0,9	8,0
Vidurkis *In average*	550	27,5±0,8	17,6±7,0	267,5±7,4	5,7±2,6	4,3±1,5	9,6±0,9

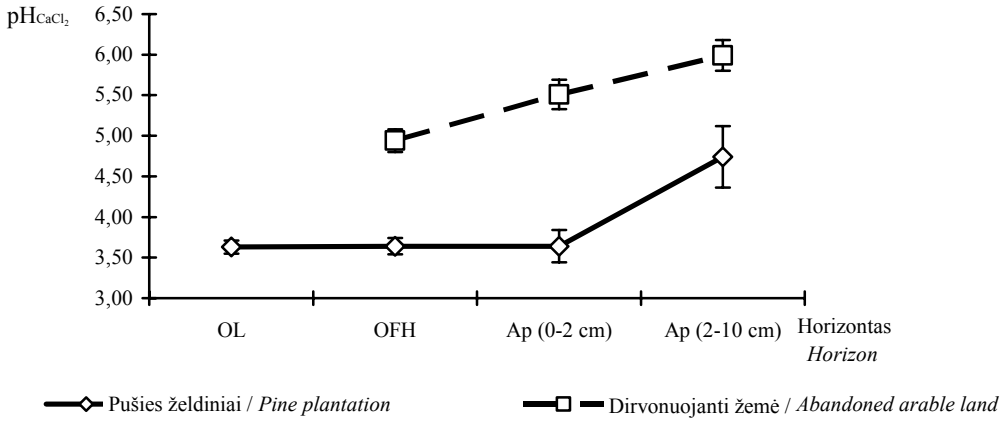
Dėsninga, kad tankesniuose pušies želdiniuose vidutinis medžių skersmuo (12,8±0,6 cm) apie 2 kartus mažesnis, negu retesniuose savaiminiuose žėliniuose (27,5±0,8 cm), nors vidutiniai aukščiai (17-18 m) iš esmės nesiskiria (2 lentelė). Dėl to pušies želdinių vidutinis tūris (340 m^3 ha^{-1}) tik apie 25 % didesnis už žėlinių (268 m^3 ha^{-1}). Tačiau vidurūšinė konkurencija neugdytame kultūrinės kilmės pušyne nulėmė 5 kartus didesnį žuvusių medžių tūrį (31 m^3 ha^{-1}) nei savaiminiame (6 m^3 ha^{-1}).

Medžių defoliacija pušies žėliniuose (15,0 %) buvo vidutiniškai 7 procentiniais vienetais mažesnė negu tankesniuose pušies želdiniuose (21,6 %), nes čia lajos daug intensyviau plakasi tarpusavyje (duomenys 2 lentelėje nepateikti). Tačiau retesniuose žėliniuose žymiai blogesnė medžių stiebų kokybė, kurią rodo mažesnis atstumas iki pirmųjų sausų ir žalių šakų (2 lentelė) ir medžių daugiastiebiškumas

(duomenys 2 lentelėje nepateikti). Pavyzdžiui, pušies želiniuose ilgesnės negu 10 cm sausos šakos dažnai prasideda 3-4 m nuo žemės paviršiaus, o želdiniuose visi pušų kamienai yra nusivalę nuo sausų šakų iki 7 m aukščio. Be to, pušies želiniuose net 41 % medžių turi du ar daugiau išsikreivinusius stiebus, o želdiniuose tokių medžių yra ne daugiau kaip 1 % (duomenys 2 lentelėje nepateikti).

Aprašyti duomenys rodo, kad nederlingų smėlžemių žemės ūkio naudmenose įveisti pušies želdiniai yra žymiai produktyvesni ir vertingesni ūkiniu požiūriu negu čia savaime atželiantys pušynai. Tačiau labai dažnai pušies želdiniai, ypač tankūs, pasiekę 30-50 metų amžių, išretėja ar net žūna dėl šakninės pinties pažeidimų /Vasiliauskas, 2001/. Masiniam šakninės pinties išplitimui Perlojos bandymo pušies želdiniuose taip pat įtakos galėjo turėti per didelis (10 000 vnt. ha^{-1}) šių želdinių pradinis tankumas. Apželdinant žemės ūkio smėlžemius, reikėtų prisilaikyti paskutiniais metais paruoštų rekomendacijų /Vasiliauskas, 2001/: veisti 10-20 % retesnius negu kirtavietėse mišrius pušies želdinius (pradinis tankumas – 5 000-6 000 vnt. ha^{-1}) su ne mažesne kaip 30 % lapuočių medžių ir krūmų priemaiša.

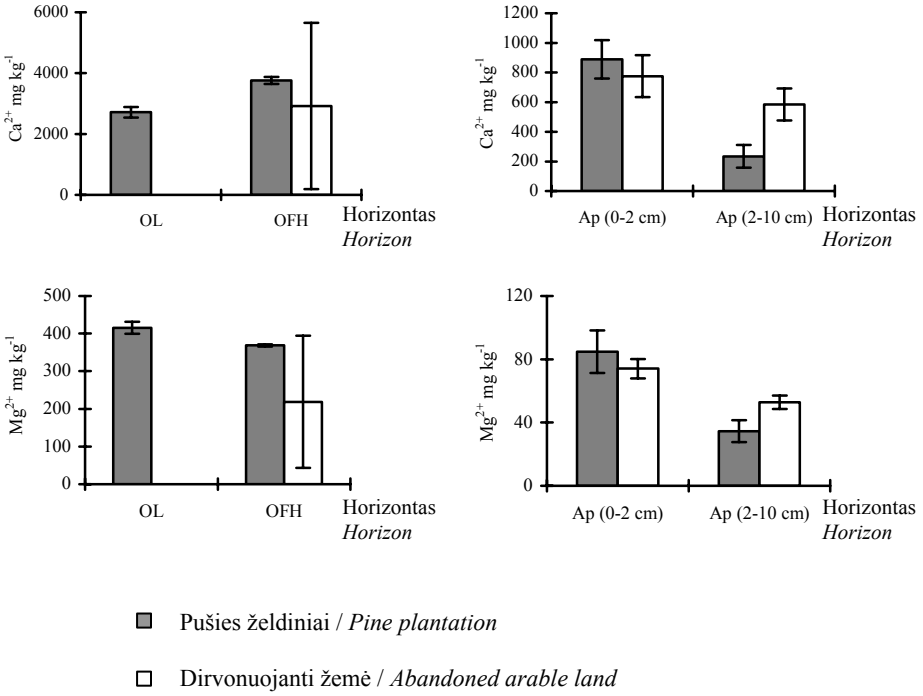
Smėlžemių cheminės savybės. Daugiau negu 10 metų dirvonuojančiuose arimuose smėlžemių viršutinis 10 cm storio sluoksnis yra šarmiškesnis negu pušies želdiniuose (1 pav.). Dirvonuojančiose žemėse žolinės dangos nuokritų OFH sluoksnio rūgštumas, palyginus su miško paklote (OL+OFH), yra vidutiniškai 1,30 pH_{CaCl_2}, o mineralinio dirvožemio – 1,25-1,87 pH_{CaCl_2} mažesnis.



1 paveikslas. Smėlžemių pH rodiklis pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemės ūkio naudmenose (Perlojos bandymas, 2004 m.)
Figure 1. *Acidity of Arenosols in Scots pine plantations and abandoned arable land (Perloja experiment, 2004)*

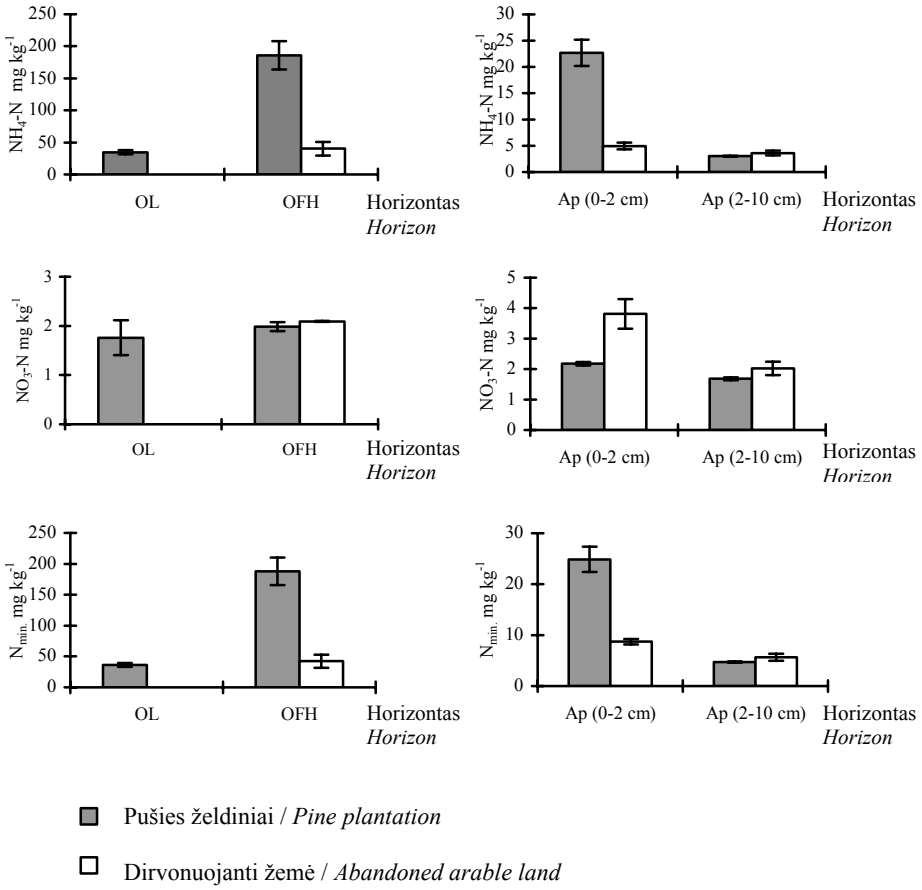
Nors dirvonuojančios žemės yra žymiai šarmiškesnės, jose mainų Ca^{2+} ir Mg^{2+} koncentracijos daugeliu atvejų iš esmės nesiskiria nuo šių bazinių katijonų koncentracijų pušies želdiniuose (2 pav.). Tik armens 2-10 cm gylyje apleistuose ari-

muose Ca^{2+} vidutinė koncentracija (584 mg kg^{-1}) yra 2,5 karto, Mg^{2+} (52,7 mg kg^{-1}) – apie 1,5 karto didesnė negu pušies želdiniuose.



2 paveikslas. Mainų Ca^{2+} ir Mg^{2+} koncentracijos smėlžemiuose: pušies želdiniai ir dirvonuojančios žemės ūkio naudmenos (Perlojos bandymas, 2004 m.)
Figure 2. *The concentrations of exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} in Arenosols: Scots pine plantations and abandoned arable land (Perloja experiment, 2004)*

Nustačius amonio (NH_4-N) ir nitratinio (NO_3-N) azoto koncentracijas paaiškėjo, kad dirvonuojančiose žemėse, nors jos anksčiau gausiai buvo tręšiamos azotu, mineralinis ($N_{min.}$) iš viršutinio ariamojo horizonto sluoksnio išsiplovė. Dabar jame $N_{min.}$ koncentracijos pušies želdiniuose ir dirvonuojančiuose arimuose iš esmės skiriasi (pušies želdiniuose yra beveik 4,5 karto didesnės) tik 0-2 cm gylyje (3 pav.). Nors jame, palyginus su pušies želdiniais, dirvonuojančiose žemėse NO_3-N vidutinės koncentracijos yra beveik 2 kartus didesnės, tačiau nustatytos vidutiniškai 4,5 karto mažesnės NH_4-N koncentracijos. Tokiam NH_4-N padidėjimui turi įtakos 4-5 kartus didesnės, negu žolinės dangos nuokritose, šio azoto koncentracijos miško paklotėse.

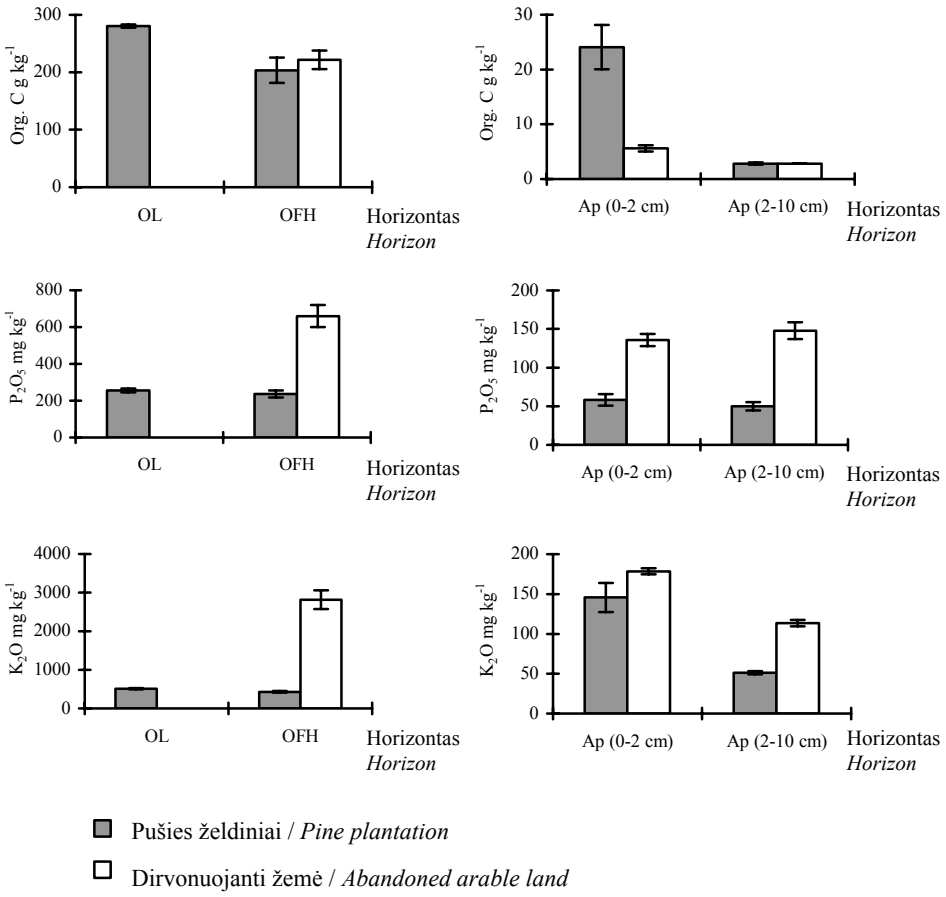


3 paveikslas. Mineralinio azoto koncentracijos smėlžemiuose: pušies želdiniai ir dirvonuojančios žemės ūkio naudmenos (Perlojos bandymas, 2004 m.)
Figure 3. *The concentrations of mineral nitrogen in Arenosols: Scots pine plantations and abandoned arable land (Perloja experiment, 2004)*

Palyginus su mineraliniu azotu, judrieji P_2O_5 ir K_2O anksčiau tręštose, bet dabar dirvonuojančiose žemėse išsiplauna lėčiau (4 pav.). Be to, šių maisto medžiagų koncentracija žolinės dangos nuokritose yra vidutiniškai nuo beveik 3 kartų (P_2O_5) iki 6-7 kartų (K_2O) didesnė (4 pav.). Tirtuose mineralinio dirvožemio 0-2 cm ir 2-10 cm gylio sluoksniuose, palyginus su pušies želdiniais, dirvonuojančiuose plotuose P_2O_5 koncentracijos nustatytos vidutiniškai 2,3-2,9 karto didesnės. Skirtumai K_2O atžvilgiu, kuris išsiplauna greičiau, mažesni: mineralinio dirvožemio 0-2 cm sluoksnyje abiejuose biotopuose koncentracijos iš esmės nesiskiria, o 2-10 cm gylyje yra apie 2 kartus didesnės dirvonuojančioje žemėje.

4 paveiksle taip pat parodytos organinės anglies koncentracijos. Šie duomenys ypač aktualūs įvertinant Kyoto protokole užakcentuotai anglies sekves-

tracijai ekosistemose. Nustatyta, kad šiuo aspektu pranašesni yra pušies želdiniai. Juose tuoj po miško paklotės OL ir OFH sluoksniais, 0-2 cm gylyje, mineraliniame dirvožemyje organinės anglies koncentracijos, palyginus su dirvonuojančiais plotais, yra vidutiniškai per 4 kartus didesnės. Tai rodo, kad pušies želdiniuose ariamajame Ap horizonte pradėjo formuotis humusinis Ah horizontas.

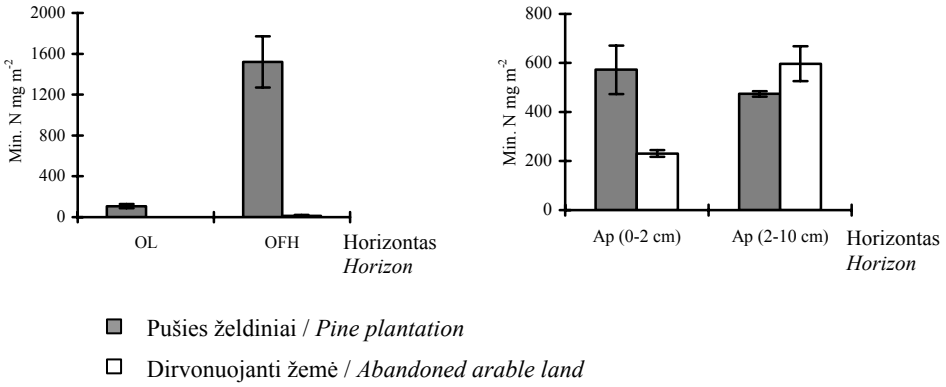


4 paveikslas. Organinės anglies, judriųjų P_2O_5 ir K_2O koncentracijos smėlžemiuose: pušies želdiniai ir dirvonuojančios žemės ūkio naudmenos (Perlojos bandymas, 2004 m.)

Figure 4*. The concentrations of organic carbon, mobile P_2O_5 and K_2O in Arenosols: Scots pine plantations and abandoned arable land (Perloja experiment, 2004)*

Pagal organinių sluoksnių masę ar mineralinio dirvožemio smulkiosios dalies tankį bei $N_{min.}$ ir $C_{org.}$ koncentracijas apskaičiuota šių medžiagų sankaupa (5 ir 6 pav.). Nustatyta, kad dėl padidėjusių $N_{min.}$ ir $C_{org.}$ koncentracijų besiformuojančiame Ah horizonte (0-2 cm) pušies želdiniuose smėlžemių viršutiniame 10 cm

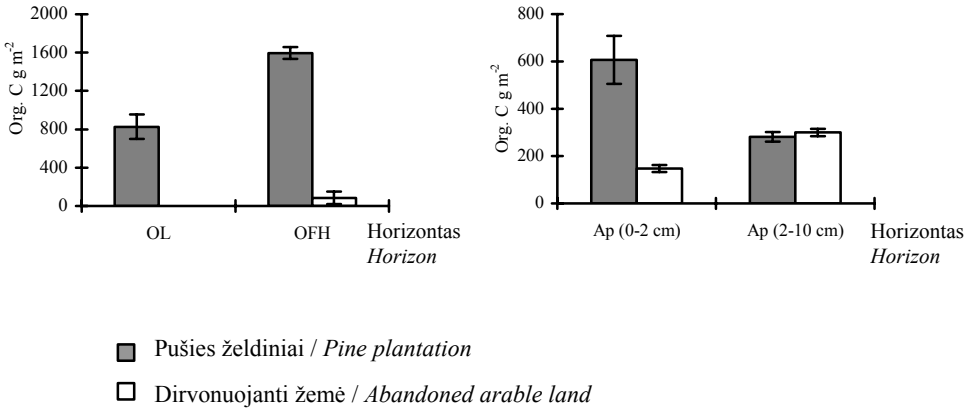
storio mineraliniame sluoksnyje $N_{min.}$ sankaupa (1,05 g m^{-2}) yra vidutiniškai apie 20 %, o $C_{org.}$ (0,89 kg m^{-2}) – apie 2 kartus didesnė, negu dirvonuojančioje žemėje. Apskaičiavus šių elementų sankaupas ir organiniuose horizontuose, gauti dar didesni skirtumai. Pušies želdiniuose dėl miško paklotės susiformavimo $N_{min.}$ sankaupa (2,67±0,38 g m^{-2}) yra 3 kartus didesnė negu $C_{org.}$ (3,31±0,31 kg m^{-2}) – apie 6 kartus didesnė negu dirvonuojančioje žemėje (čia nustatytos tokios sankaupos: 0,84±0,09 g N m^{-2} ir 0,53±0,10 kg C m^{-2}).



5 paveikslas. Mineralinio azoto ($N_{min.}$) sankaupa viršutiniame 10 cm storio smėlžemio sluoksnyje pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemės ūkio naudmenose (Perlojos bandymas, 2004 m.)

Figure 5*. Mineral nitrogen (N) pools in upper 10 cm layer of Arenosols in Scots pine plantations and abandoned arable land (Perloja experiment, 2004)*

Apibendrinant aprašytus duomenis, galima pažymėti, kad vykstant smėlžemių renatūralizacijai, viršutinio sluoksnio cheminės savybės tirtose 10 metų dirvonuojančiose žemėse ir 44 metų amžiaus pušies želdiniuose skiriasi. Anksčiau tręštuose apleistuose arimuose išsiplovė $N_{min.}$, tačiau jie yra mažesnio rūgštumo, turi daugiau P_2O_5 ir K_2O. Pušies želdiniuose dėl to, kad susiformavo apie 8,0 kg m^{-2} masės organinis horizontas (miško paklotė), smėlžemiai rūgštėja, po miško paklote kaupiasi $C_{org.}$ ir $N_{min.}$, prasidėjo ariamojo Ap horizonto viršutinio sluoksnio transformacija į humusinį Ah horizontą. Tokius dirvožemių cheminių savybių cheminius pokyčius dėl miško augalijos įtakos galima įvardinti kaip „silvatizaciją" /Belgard, Travleev, 1980/. Teigiama, kad šis procesas, įveisus ariamose žemėse miško želdinius, pasireiškia, kai šie želdiniai pasiekia apie 30 metų amžių /Binkley, Valentine, 1991; Nordén, 1994; Binkley, 1995; Augusto ir kt., 2002/. Tai patvirtina mūsų duomenis. Kita vertus, nustatyta, kad visame dirvožemio profilyje maisto medžiagų kiekis, palyginus su ariama žeme, gali sumažėti /Whiteley, Wilson, 1991; Kubiniok, Muller, 1994/. Todėl ateityje tiriant smėlžemius Perlojos bandyme, būtina visų jų horizontų cheminė analizė.



6 paveikslas. Organinės anglies ($C_{org.}$) sankaupa viršutiniame 10 cm storio smėlžemio sluoksnyje pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemės ūkio naudmenose (Perlojos bandymas, 2004)

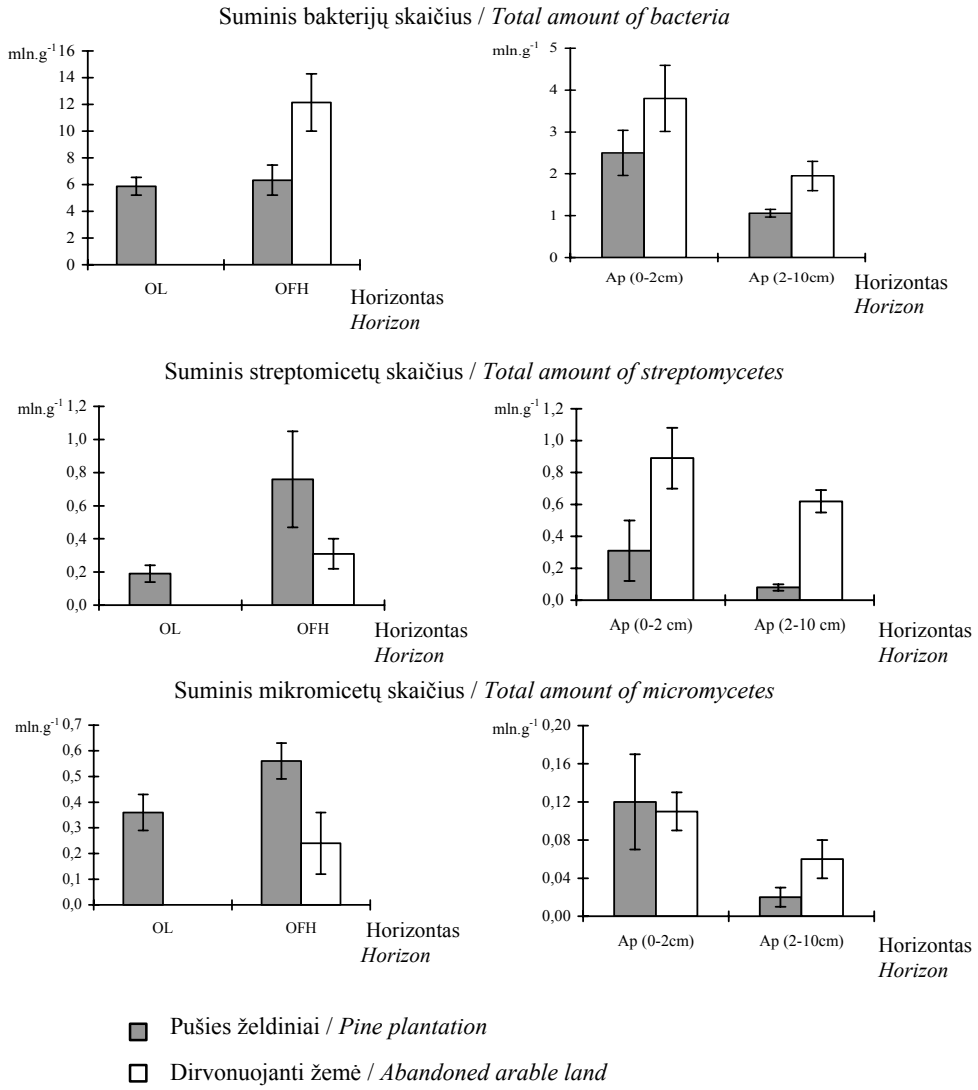
Figure 6*. Organic carbon (C) pools in upper 10 cm layer of Arenosols in Scots pine plantations and abandoned arable land (Perloja experiment, 2004)*

Smėlžemių mikroflora. Įvertinus tirtų dirvožemių mikroorganizmų gausą (mln.g^{-1}) nustatyta, kad ji didesnė dirvonuojančiose žemės ūkio naudmenose (7 pav.). Žolinės dangos nuokritose (OFH sluoksnis) mikroorganizmų rasta vidutiniškai 1,7 karto (12,7 mln. g^{-1}), o mineraliniame ariamajame Ap horizonte (0-2 ir 2-10 cm) – atitinkamai 1,6 ir 2,3 karto (4,8 mln. g^{-1} ir 2,63 mln. g^{-1}) daugiau negu pušynais apželdintuose ariamuose smėlžemiuose.

Vertinant mikroorganizmų grupių (bakterijų, streptomicetų ir mikromicetų) paplitimą pastebėta, kad tiek organiniuose, tiek viršutiniuose mineraliniuose smėlžemių sluoksniuose vyrauja bakterijos (7 pav.). Miško paklotėje jų vidutinis skaičius siekia 6,3 mln. g^{-1}, o dirvonuojančių žemių žolių nuokritose – beveik 2 kartus daugiau arba 12,2 mln. g^{-1}. Palyginus su organiniais sluoksniais, viršutiniame 10 cm storio mineraliniame smėlžemių sluoksnyje bakterijų skaičius apie 3-6 kartus mažesnis, o bakterijų gausa dirvonuojančiose žemėse (2,0-3,8 mln. g^{-1}) yra apie 1,5-1,8 karto didesnė negu pušyne (1,1-2,5 mln. g^{-1}).

Iš kitų mikroorganizmų grupių viršutiniame mineraliniame sluoksnyje yra 3-7 kartus daugiau streptomicetų (7 pav.). Tokiai streptomicetų gausai įtakos galėjo turėti dirvonuojančių smėlžemių mažesnis rūgštumas (1 pav.).

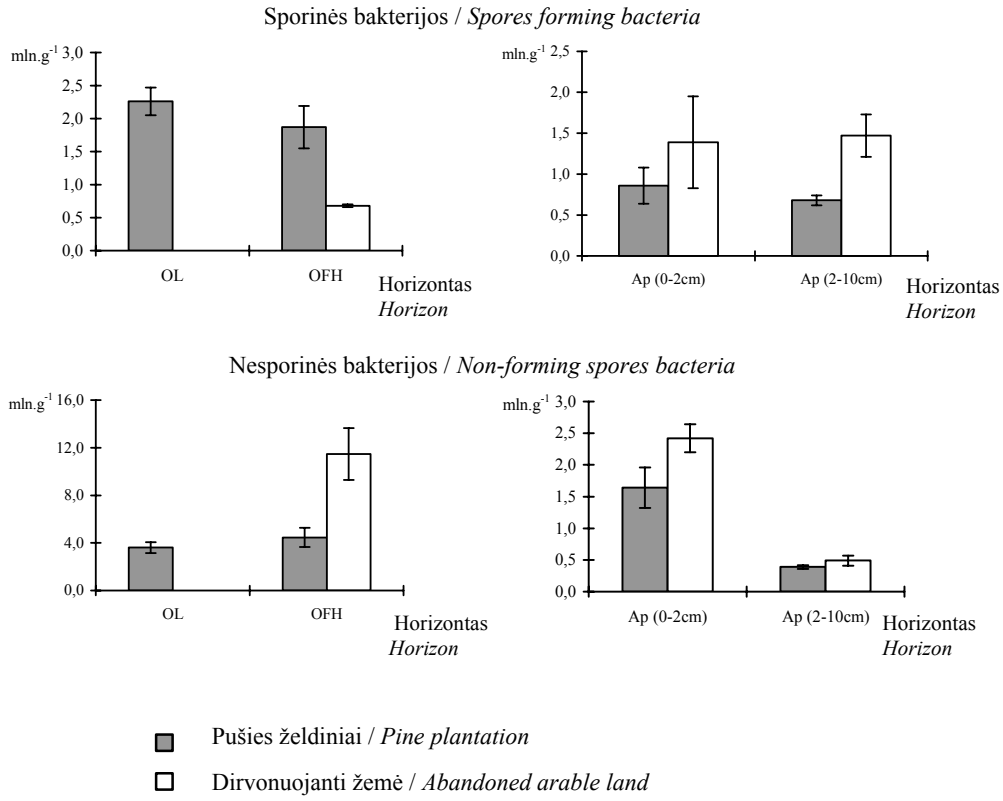
Mikromicetų daugiausia rasta pušyno miško paklotės OFH sluoksnyje (7 pav.). Mineraliniame dirvožemyje mikromicetų kiekis tirtuose biotopuose iš esmės nesiskyrė.



7 paveikslas. Suminis mikroorganizmų grupių skaičius smėlžemiuose Perlojos bandymo pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemėse (2004 m.)

Figure 7. *Total amount of microorganisms in Arenosols of Scots pine plantations and abandoned arable land in Perloja experiment (2004)*

Įvertinus bakterijų aktyvumą nustatyta, kad pušyno paklotėje biologiškai aktyvesnių nesporinių bakterijų yra beveik 1,5 karto mažiau negu dirvonuojančių naudmenų OFH sluoksnį formuojančiose žolinės dangos augalų nuokritose (8 pav.). Mineraliniame dirvožemyje nesporinių bakterijų skaičius, ypač 2-10 cm gylyje, skirtinguose biotopuose iš esmės nesiskiria, o sporinių bakterijų 2-10 cm gylyje yra per 2 kartus mažiau pušies želdiniuose (8 pav.).



8 paveikslas. Suminis sporinių ir nesporinių bakterijų skaičius smėlžemiuose Perlojos bandymo pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemėse (2004 m.)
Figure 8. *Total amount of spores forming and non-forming spores bacteria in Arenosols of Scots pine plantations and abandoned arable land in Perloja experiment (2004)*

Identifikuojant dirvožemių mikroorganizmus, didžiausias dėmesys buvo skiriamas bakterijų įvairovės vertinimui. Įvertinus bakterijų morfologinius požymius, nustatyta, kad pušies želdinių dirvožemiuose dominavo 10 bakterijų rūšių daugiau, nei dirvonuojančiose žemėse (3 lentelė).

3 lentelė. Pagal morfologines savybes nustatytų dominuojančių bakterijų genčių ar rūšių sąrašas smėlžemiuose Perlojos bandymo pušies želdiniuose ir dirvonuojančiose žemėse (2004 m.)

Table 3. *Occurrence of prevailing morphologically evaluated bacteria in Arenosols of Scots pine plantations and abandoned arable land in Perloja experiment (2004)*

Nustatytų bakterijų gentys ar rūšys / *The occurrence of bacteria genus or species*	
Paprastosios pušies želdiniai *Scots pine plantations*	Dirvonuojančios žemės ūkio naudmenos *Abandoned arable land*
Azospirillum spp.	-
Azotobacter	*Azotobacter*
Bacillus cerius	*Bacillus cereus*
Bacillus mycoides	-
Bacillus thuringiensis	-
Bacillus subtilis	*Bacillus subtilis*
Bradyrhizobium spp.	-
Cellulomonas spp.	-
Clostridium spp.	*Clostridium spp.*
Clostridium acetobutylicum	-
Cyanobacteria (Nostoc, Scytonema)	-
Frankia spp.	-
Klebsiella spp.	-
Nitrosospira spp.	-

Palyginus su arimais, dirvonuojančių žemių dirvožemiai yra natūralesni ir, kaip miško ekosistemų, pasižymi didesne ne tik augalų, bet dirvožemio mikroorganizmų įvairove /Van der Putten ir kt., 2000/. Be to, teigiama, kad dirvonuojančių žemių mikroorganizmų populiacijos yra gausios dėl to, kad dirvožemiai organinių medžiagų (žolinės dangos nuokritomis ir apmirusiomis šaknimis) biomase pasipildo keletą kartų per vegetacijos periodą /Bardgett, Cook, 1998/. Kita vertus, bakterijų įvairovė miško dirvožemiuose dėl mikorizinių grybų ir medžių šaknų išskyrų, taip pat dėl daugiakomponenčių organinės anglies junginių sankaupos miško paklotėje yra didesnė /Priha ir kt., 2001/. Šiuos teiginius patvirtina mūsų atlikti mikrofloros tyrimai: jau 10 metų dirvonuojančiose žemės ūkio naudmenose, palyginus su pušies želdiniais, mikroorganizmų skaičius yra gausesnis. Tam įtakos galėjo turėti tiriamų dirvonuojančių žemių šarmiškumas. Tačiau dėl miško paklotės su didesne organinės anglies sankaupa pušies želdinių dirvožemių vidurūšinė mikroflora yra įvairesnė.

Šių tyrimų pagrindu yra numatyta tęsti dirvožemio mikroorganizmų įvairovės tyrimus. Manome, kad parinkus susintetintus analogiškus anglies junginiams organinėje medžiagoje atitikmenis, galima bus tiksliau apibūdinti mikrofloros įvairovės kaitą dėl skirtingos organinės anglies sankaupos dirvožemyje.

Išvados

1. Net 21 % Perlojos bandyme ariamuose smėlžemiuose įveistų tankių (pradinis tankumas – 10 tūkst. vnt. ha^{-1}) pušies želdinių žuvo dėl šakninės pinties (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) pažeidimų. Savaime atžėlusiuose ir dabar apie 5 kartus retesniuose pušynuose šakninė pintis neišplito. Tačiau nepažeistų pušies želdinių produktyvumas yra didesnis. Be to, savaiminiuose retesniuose pušies žėliniuose yra žymiai blogesnė stiebų kokybė: medžiai lėčiau nusivalo sausas ir žalias šakas, apie 40 % medžių yra nevienastiebiai ir išsikreivinę.

2. Palyginus su pušies želdiniais, 10 metų dirvonuojančiuose arimuose smėlžemiai yra 1,2-1,9 pH_{CaCl_2} mažesnio rūgštumo, nors mainų Ca^{2+} ir Mg^{2+} koncentracijos skiriasi nežymiai. Be to, dirvonuojančiose žemėse viršutinis 10 cm storio armens sluoksnis yra daugiau pasotintas judriaisiais P_2O_5 ir K_2O. Tačiau pušies želdiniuose dėl susikaupusios miško paklotės 0-2 cm gylyje besiformuojančiame humusiniame Ah horizonte nustatytos daugiau negu 4 kartus didesnės $N_{min.}$ ir $C_{org.}$ koncentracijos. Dėl to pušies želdiniuose miško paklotėje ir viršutiniame 10 cm storio mineraliniame smėlžemių sluoksnyje $N_{min.}$ sankaupa (2,67±0,38 g m^{-2}) yra daugiau negu 3 kartus, o $C_{org.}$ (3,31±0,31 kg m^{-2}) – apie 6 kartus didesnė negu dirvonuojančioje žemėje.

3. Palyginus su pušies želdiniais, dirvonuojančiose žemėse šarmiškesniuose smėlžemiuose mikroorganizmų skaičius yra vidutiniškai apie 1,5-1,8 karto didesnis. Tačiau, tiriamų dirvožemių suspensijas sėjant ant standartinės Plate-Count-Agar terpės, nustatyta, kad smėlžemiai pušų želdiniuose pasižymi įvairesne mikroflora, kur dominuoja 10 bakterijų rūšių daugiau nei dirvonuojančiose žemėse.

Gauta 2005 08 26
Pasirašyta spaudai 2005 10 19

LITERATŪRA

1. Annand M., Ke-Ming M., Okonski A. et al. Characterising biocomplexity and soil microbial dynamics along a smelter-damaged landscape gradient // The Science of the Total Environment. - 2003, No.311, p.247-259

2. Augusto L., Ranger J., Binkley D., Rothe A. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility // Annales des Sciences Forestieres. - 2002, No.59, p.233-253

3. Bardgett R.D., Cook R. Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands // Applied Soil Ecology. - 1998, No.10, p.263-276

4. Belgard A.L., Travleev A.P. Izučenie vzaimodejstvija rastitel'nosti s počvami v lesnych BGC stepnoj Ukrainy // Voprosy biologičeskoj diagnostiki lesnych BGC. - Dniepropetrovsk: Gos.un-t, 1980, s.5-12. - Rus.

5. Beniušis R., Vaičys M. Gyvosios dirvožemio dangos įvairovė ir medynų augimo sąlygos Lietuvos miškų smėlžemiuose // Miškininkystė. - 2004, Nr.2(56), p.58-68

6. Binkley D. The influence of tree species on forest soils: processes and patterns / eds. D.J. Mead, I.S. Cornforth. Proceedings of the Trees and Soil Workshop 1994. Lincoln Univ. Press, Canterbury, N.Z. - 1995, p.1-33

7. Binkley D., Valentine D. Fifty-year biogeochemical effects of green ash, white pine, and Norway spruce in a replicated experiment // Forest Ecology and Management. - 1991, No.40, p.13-25

8. Gudaitienė R., Šleinys R., Aleksonis J. Lauko ir miško kultūrų palyginimas gilaus smėlio dirvožemyje // Agronomija: LŽMTI darbai. - 1984, t.31, p.115-121

9. Karazija S., Danusevičius J. Miškai. Valdžios požiūris // Kauno diena. - 1997, Nr.100(15127), p.19

10. Kubiniok J., Muller A. Pedological effects of afforestation of agricultural land on sandy soils // Forest und Holz. - 1994, No.1(49), p.6-9

11. Kundrotas A. Apželdinimo vaidmuo aplinkosaugos politikoje // Mūsų girios. - 2001, Nr.10, p.1-2

12. Lukšienė O. Lauko sėjomainos augalų derlingumas smėlio dirvožemyje įvairiai tręšiant // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija, 1997, t.59, p.73-83

13. Nordén U. Leaf Litterfall Correlations and Fluxes of Elements in Deciduous Tree Species // Scandinavian Journal of Forest Research. - 1994, No.9, p.9-16

14. Powlson D.S., Smith P., Coleman K. et al. European network of long-term sites for studies on soil organic matter // Soil and Tillage Research. - 1998, No.47, p.263-274

15. Priha O., Grayston S.J., Hiukka R. et al. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soils under *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites // Biological Fertility of Soils. - 2001, No.33, p.17-24

16. Riepšas E. Strategical Peculiarities of Forest Cover Enlargement in Lithuania // Baltic Forestry. - 2002, No.1(8/14), p.89-94

17. TMKC – PLLS/LMA, 1999. Lietuvos ekologinis tvarumas istoriniame kontekste: monografija / sudaryt. L. Kairiūkštis, Z. Rudzikas. - Vilnius, 1999. - 757 p.

18. UN/ECE. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. - 2004, Hamburg/Geneva: Programme Coordinating Centre. - 578 p.

19. Van der Putten W.H., Mortimer S., Hedlund K. et al. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach // Oecologia. - 2000, No.124, p.91-99

20. Vaičys M. Genezis i svojstva lesnych počv Južnoj Pribaltiki: monografija. Vilnius: Mintis, 1975. - 411 s. - Rus.

21. Vasiliauskas A. Kovos priemonių prieš šakninę pintį apžvalga // Mūsų girios. - 2001, Nr. 7, p.7-8

22. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecology and Management. - 2002, No.169, p.137-147

23. Whiteley G.M., Wilson W.S. Dynamics of organic carbon and nitrogen accumulation and distribution in soils following farm woodland planting / In: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. - Cambridge, 1991, p.285-292

24. Žemdirbystės ypatumai lengvuose dirvožemiuose / sudaryt. V. Kupčinskas - Vilnius, 1999. - 146 p.

ISSN 1392-3196
Agriculture. Scientific Articles, 2005, 4, 92, 3-19
UDK 631.582:631.46

CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF ARENOSOLS IN ABANDONED AND AFFORESTED ARABLE LAND

K. Armolaitis, J. Aleinikovienė, A. Baniūnienė, V. Žėkaitė

Summary

In 1960 a permanent experiment was established in Perloja Experimental Station of the Lithuanian Institute of Agriculture with the aim to compare the productivity of arable land and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations on Arenosols. The soil of the experiment has not been cultivated since 1995. In 2004 the experiment was re-established in order to assess the growth and the condition of planted and naturally regenerated Scots pine stands, and evaluate the impact of afforestation on the chemical and biological properties of the soils.

The conditions of naturally regenerated pine stands are significantly better because denser pine plantations are damaged by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. However the productivity and the quality of tree stems are higher or better in survived pine plantations.

For investigation of Arenosols properties, the organic O-horizon (OL and OFH layers) and mineral topsoil (0-2 cm and 2-10 cm) of pludged Ap-horizon were sampled. It was detected that despite 10-years non-cultivation period the abandoned farmland is still less acid (by 1.2-1.9 pH_{CaCl2}), and 2-3 times more saturated with mobile P_2O_5 and K_2O compounds. Though, the concentrations of mineral nitrogen (NO_3-N + NH_4-N) and organic carbon in topsoil are higher in pine plantations. This is because below organic O-horizon the Ah-horizon is under the development. To compare with non-cultivated at present farmland in pine plantations the mineral nitrogen and organic carbon pools are respectively more than by 3 and 6 fold higher and comprise 2.67±0.38 g N m^{-2} and 3.31±0.31 kg C m^{-2} in upper 10 cm layer including O-horizon. Therewith the abundance of microflora (mainly bacteria) is markedly expressed in more alkaline non-cultivated farmland. While the morphologically evaluated diversity of bacteria is by 10 species larger in pine plantations due to developed O-horizon.

Key words: Arenosols, arable land, Scots pine plantations, chemical properties, microflora

Padėka

Dėkojame tyrimus finansavusiam Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui (*Lithuanian State Science and Studies Foundation*). Nuoširdus ačiū Ričardui Beniušiui (Valstybinė miškotvarkos tarnyba), Arvydui Bagdonavičiui (Valstybinis miškotvarkos institutas) ir Mariui Aleinikovui (Lietuvos miškų institutas), padėjusiems atlikti pušies želdinių ir žėlinių instrumentinę taksaciją.