

Įvairios kilmės kompostų poveikis lapinėms salotoms ir dirvožemio savybėms

Gediminas Staugaitis,

Karolina Gvildienė,

Romas Mažeika

Lietuvos agrarinių ir miškų
mokslų centras,

Instituto al. 1,

LT-58344 Akademija, Kėdainių r.

El. paštas agrolab@agrolab.lt

Turėdami tikslą ištirti iš įvairių bioskaidžių atliekų pagamintų kompostų kokybę ir nustatyti jų įtaką lapinių salotų derliui, kokybei, dirvožemio savybėms bei sunkiųjų metalų kaupimuisi 2012–2014 m. LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijos bandymų aikštelėje atlikome tyrimus su *Grand Rapids* lapinėmis salotomis. Jas auginome 6 l talpos *Mitčericho* tipo vegetaciniuose induose, augalus tręšėme įvairių komposto rūšių 10 ir 20 t ha⁻¹ normomis.

Tyrimų rezultatai parodė, kad lapinių salotų derlių labiausiai didino biodujų gamybos atliekų kompostas, kuris buvo turtingas organine medžiaga, azotu, fosforu, kaliu, turėjo nedaug sunkiųjų metalų. Mažiau, tik dvejus metus iš trejų, salotų derlių didino žaliųjų atliekų komposto 20 t ha⁻¹ norma ir nuotekų dumblo komposto 10 ir 20 t ha⁻¹ normos. Visi naudoti kompostai lapinėse salotose kadmio kiekio nedidino, tačiau nikelio ir vario kiekį ženkliai didino tręšimas mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostu. Chromo kiekį didino visi naudoti kompostai, išskyrus biodujų atliekų komposto 20 t ha⁻¹ norma. Švino kiekį didino didesnės nuotekų dumblo bei mišrių komunalinių atliekų kompostų normos. Beveik visi naudoti kompostai šiek tiek mažino cinko kiekį augaluose, o labai – biodujų atliekų kompostas.

Dirvožemyje organinės anglies kiekį didino tik žaliųjų atliekų kompostas, o judriojo fosforo kiekis ženkliai padidėjo patręšus nuotekų dumblo ir biodujų gamybos atliekų kompostais. Judriojo kalio kiekis labiau padidėjo patręšus nuotekų dumblo kompostu.

Raktažodžiai: kompostai, lapinės salotos, sunkieji metalai

ĮVADAS

Kompostavimo procesas yra vienas iš pagrindinių žaliųjų, gamybinių ir buitinių bioskaidžių atliekų utilizavimo būdų. Iš įvairių komponentų pagamintų kompostų kokybė labai skiriasi, todėl juos naudojant kaip dirvožemio gerinimo medžiagą ar tręšimui svarbu ištirti kokybę ir įtaką auginamam augalui (Carvalho, Marchi, 2015). Tai ypač svarbu ekologinės daržininkystės ūkiuose, kuriuose kompostai yra pagrindinė trąša. Ūkininkui būtina žinoti, ar jis gaus didesnę ir kokybišką derlių, naudodamas skirtingus kompostus vietoje mineralinių trąšų (Jaza Folefack, 2008). Tačiau mokslinių tyrimų, susijusių su ekologiškai auginamais augalais, tręšiamais įvairios kilmės ir sudėties kompostais, stokojama (Mirjalili, 2014).

Kompostai praturtina dirvožemį azotu, fosforu, kaliu ir organine anglimi, kurie būtini dideliame ir kokybiškame derliui gauti (Hernández1 et al., 2010; Miglierina et al., 2013). Be to, tręšdami kompostais pageriname dirvožemio kokybę, padidėja jame organinių medžiagų, geresnė būna struktūra, daugiau yra oro ir mikroorganizmų, o taip pat sumažėja augaluose toksiškų junginių, pavyzdžiui, nitratų ir kt. (Fuchs et al., 2008; Mirjalili, 2014). Nustatyta, kad kompostu tręštuose substratuose sėklos dygsta ir augalai auga geriau, tačiau svarbu atsižvelgti, kaip kompostai buvo brandinti ir kokia jų kokybė (Fuchs et al., 2008).

Lapinės salotos yra vienos iš svarbiausių komercinių daržovių, plačiai vartojamos visame pasaulyje (Moreira et al., 2014). Lapinių salotų lapai turtingi antioksidantų, turi daug mineralinių medžiagų,

vitaminų A ir C, yra geras skaidulų šaltinis (Shahein et al., 2014). Tačiau intensyviai tręšiamos azotinėmis trąšomis jos linkę kaupti nitratus, kurie gali kenkti žmonių, ypač mažų vaikų, sveikatai (Shahein et al., 2014). Siekiant mineralines trąšas pakeisti organinėmis buvo atlikti bandymai, kuriais nustatyta, kad mineralinės trąšos didina ne tik lapinių salotų derlių, bet ir nitratų kiekį jų lapuose (Montemurro et al., 2010; Moreira et al., 2014). Tuo tarpu tręšiant kompostais padidėja lapinių salotų derlius, o nitratų kiekis leistinos normos neviršija (Ali et al., 2007; Montemurro et al., 2010).

Šiuo metu kompostų gamyboje vis plačiau naudojama technogeninės atliekos – nuotekų dumblas, pelenai, mišrios bioskaidžios komunalinės atliekos, biodujų gamybos atliekos, dirvožemis ir augalai teršiami sunkiaisiais metalais, nitratais, o šie gali patekti į mitybos grandinę (Greger et al., 2007; Uriah, Shehu U., 2014; Carvalho, Marchi S., 2015).

Darbo tikslas – ištirti iš įvairių bioskaidžių atliekų (žaliųjų, nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių, biodujų gamybos atliekų) pagamintų kompostų kokybę ir nustatyti jų įtaką lapinių salotų derliui, kokybei, dirvožemio savybėms ir sunkiųjų metalų kaupimuisi.

METODAI IR SĄLYGOS

LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijos vegetacinių eksperimentų aikštelėje 2012–2014 m. buvo atliktas vegetacinis bandymas – augintos *Grand Rapids* veislės lapinės salotos. Bandyme naudota salotų tręšimo kompostais tyrimų schema pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Bandymo schema

Table 1. Experimental design

Variantai <i>Treatments</i>	Kompostai <i>Compost type</i>	Komposto kiekis t ha ⁻¹ <i>Compost share in substrate, t ha⁻¹</i>
1.	Kontrolė (dirvožemis be komposto) <i>Soil without compost</i>	0
2.	Žaliųjų atliekų kompostas	10
3.	<i>Green waste compost</i>	20
4.	Nuotekų dumblo kompostas	10
5.	<i>Sewage sludge compost</i>	20
6.	Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas	10
7.	<i>Mixed biodegradable municipal waste compost</i>	20
8.	Biodujų gamybos atliekų kompostas	10
9.	<i>Biogas production waste compost</i>	20

Atlikus matematinius skaičiavimus, 10 t ha⁻¹ komposto norma atitiko 31,4 g į vegetacinį indą, atitinkamai 20 t ha⁻¹ komposto norma atitiko 62,8 g į vegetacinį indą.

Bandymuose naudotų kompostų apibūdinimas ir sudėtis:

1. *Žaliųjų atliekų kompostas* – pagamintas iš nupjautos žolės, medžių lapų ir smulkintų medžio šakų. Žaliavos surinktos miesto komunalininkų.

2. *Nuotekų dumblo kompostas* – pagamintas iš nuotekų dumblo, susidariusio po Vilniaus miesto nuotekų valymo, ir sumaišyto su durpėmis (15 % pagal tūrį).

3. *Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas* – pagamintas iš bendrų komunalinių bioskaidžių atliekų, surinktų iš miesto ir jas išrūšiuvus.

4. *Biodujų gamybos atliekų kompostas* – pagamintas bioetanolio gamybos metu anaerobinėmis sąlygomis perdirbant grūdus.

Tyrimuose naudoti kompostai buvo gaminami atsižvelgiant į kompostuojamas žaliavas ir reikalavimus, keliamus kompostavimo aikštelėms. Šių reikalavimų gamintojai privalo laikytis. Komposto ėminiai vegetaciniam eksperimentui ir kokybės įvertinimo analizėms buvo imami iš 5–6 kompostavimo kaupo vietų, iš jų sudaromas bendras ėminys. Komposto ėminius ėmėme iš tų vietų, kur jis buvo homogeniškas, birus, purus, tamsios spalvos, jame buvo visiškai suirusios naudotos žaliavos. Tyrimams naudotų kompostų kokybė pateikta 2 lentelėje.

Dirvožemis naudotas vegetaciniame eksperimente – smėlingas, sekliai karbonatingas, lengvo priemolio, giliau glėjiškas rudžemis (*Epicalcari – Endohypogleyic Cambisol*), paimtas iš Radviliškio r., Skėmių km. Jame nustatyta judriojo fosforo

(P_2O_5) – 58 mg kg^{-1} , judriojo kalio (K_2O) – 126 mg kg^{-1} , N_{min} – 24,6 mg kg^{-1} , judriojo kalcio (Ca) – 5 286 mg kg^{-1} , judriojo magnio (Mg) – 1 160 mg kg^{-1} , organinės anglies ($C_{org.}$) – 1,97 %, pH_{KCl} – 6,9. Sunkiųjų metalų koncentracija: kadmio (Cd) – 0,100 mg kg^{-1} , chromo (Cr) – 14,3 mg kg^{-1} , vario (Cu) – 10,1 mg kg^{-1} , cinko (Zn) – 35,9 mg kg^{-1} , nikelio (Ni) – 11,0 mg kg^{-1} , švino (Pb) – 10,1 mg kg^{-1} , gyvsidabrio neaptikta. Dirvožemio elektros laidis – 0,15 mS cm^{-1} .

Kiekvienas bandymo variantas turėjo 4 pakartojimus. Vegetaciniai indai bandymų aikštelėje buvo išdėstyti randomizuotai. Naudoti *Mitčerlicho* tipo vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonai su skylutėmis dugne ir lėkštele po jais. Indo skersmuo 20 cm, aukštis – 17 cm. Į kiekvieną vegetacinį indą įpylėme 6,0 l substrato, kuris buvo paruoštas taip: dirvožemis gerai išmaišytas, išrinktos augalinės liekanos, akmenys išsijoti per <10 mm sietą, sumaišytas su atitinkamu kiekiu komposto. Prieš sėją substratas visuose induose patreštas mineralinių trąšų $N_{60}P_{30}K_{60}$ tirpalu. Trąšų tirpalas paruoštas iš amonio salietros, superfosfato ir kalio chlorido, trąšų normą skaičiuojant pagal indo paviršiaus plotą. Tokiu būdu į kiekvieną vegetacinį indą įterpta po 0,188 g (N), 0,0942 g (P_2O_5) ir 0,188 g (K_2O). Kaip po lapinių salotų sėjos praėjus dviems savaitėms ir lapinių salotų nuėmimo metu atrodė vegetaciniai indai pateikta 1 ir 2 paveiksluose.



1 pav. Substratu užpildyti vegetaciniai indai
Fig. 1. Substrate-filled pots

Lapinės salotos į vegetacinius indus pasėtos gegužės mėnesį: 2012 m. – 5 d., 2013 m. – 3 d., 2014 m. – 1 d. Derlius, atsižvelgiant į lapinių salotų lapų subrendimą, 2012 m. nuimtas po 54 d., 2013 m. – po 49 d., 2014 m. – po 50 d. vegetacijos dienų.



2 pav. Lapinės salotos prieš nuimant derlių
Fig. 2. Leaf lettuce crop prior harvesting

Kiekviename vazonėlyje sėta po 4 lapinių salotų sėklas. Jos buvo lygiais atstumais išberiamos substrato paviršiuje ir užbertos 1 cm storio substrato sluoksniu. Po sėjos ir visą augimo laikotarpį lapinės salotos laistytos rankiniu būdu atsižvelgiant į substrato paviršiaus drėgmę. Nuimant lapines salotas atskirai pasvertas kiekvienas augalas iš vegetacinio indo ir išmatuotas jo ilgiausias lapas. Po atliktų matavimų lapinės salotos supjaustytos ir išdžiovintos iki orausės masės.

Bandymų vykdymo laikotarpiu oro temperatūra ir kritulių kiekis įvairavo. 2012 ir 2014 m. salotų augimo metu vidutinė mėnesio temperatūra buvo artima daugiametei: gegužės mėn. 2012 m. – 13,8 °C, o 2014 m. – 13,4 °C, birželio mėn. atitinkamai 14,5 ir 14,7 °C. 2013 m. orai buvo gerokai šiltesni – gegužės mėn. vidutinė oro temperatūra siekė 16,1 °C, o birželį – 18,5 °C, todėl salotos greitai augo, tačiau augalų masė buvo mažesnė. Tyrimų metais kritulių gegužės mėn. iškrito 51–84 mm, birželį – 32–57 mm. Paprastai per savaitę salotas reikėdavo 2–3 kartus palaistyti, o karštuoju metu – vieną kartą per dieną.

Dirvožemyje pH_{KCl} nustatytas 1N KCl potenciometrinio metodu, judrusis fosforas, kalis, kalcis ir magnis – *Egner–Riehm–Domingo* metodu (A-L), organinė anglis – sauso deginimo būdu su bendrosios anglies analizatoriumi „Liqui TOC II“. Sunkieji metalai dirvožemyje ir kompostuose nustatyti karališkajame vandenyje atominės jonizacijos spektrometru Optima 2100 DV, Perkin Elmer, taikant standartus ISO 11466:1995 ir ISO 11047:1998. Kompostuose sausa medžiaga nustatyta pagal standartą LST EN ISO 13040:2008, organinė medžiaga – pagal LST EN 13039:2012, suminis

azotas – pagal standartą LST EN ISO 13342:2000 su azoto distiliatoriumi, suminis kalis – pagal standartą MN 1984 su liepsnos fotometru, o suminis fosforas – pagal LAND 78:2006. Natūralaus drėgnumo kompostuose elektrinis laidis ir tankis nustatytas pagal standartą LST EN 13038:2003.

Salotų cheminei sudėčiai nustatyti sumalta augalinė masė buvo deginama mufelyje 12 val. 550 °C temperatūroje. Nustatant azotą, fosforą ir kalį pelenai tirpinti druskos rūgšties 20 % tirpalu, sunkiesiems metalams pelenai tirpinti azoto rūgšties 1 % tirpalu. Azoto koncentracija buvo nustatoma Kjeldalio metodu, kalis – liepsnos fotometru. Fosforas ir sunkieji metalai analizuoti IPC spektrometru *Optima 2100 DV, Perkin Elmen*, naudojantis standartu LST CENT/TS 15621-2007. Nitratai lapinėse salotose nustatyti remiantis metodiniais nurodymais nitratams nustatyti augalininkystės produkcijoje Nr. 6013-2841.

Kompostų kokybės, lapinių salotų biometrinių matavimų ir cheminės sudėties bei dirvožemio po vegetacijos cheminės sudėties duomenys pateikti

aritmetiniu vidurkiu ir standartiniu nuokrypiu, skaičiuoti programa *Excel 97-2003*. Vegetacinio eksperimento derliaus duomenys apdoroti vieno veiksnio dispersinės analizės metodais naudojant statistinę programą *Anova*.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Įvairios kilmės kompostų kokybė

Analizuotų kompostų, surinktų iš kompostų gamintojų, kokybė pateikta 2 lentelėje.

Atlikti tyrimai parodė, kad didžiausi suminio azoto ir fosforo kiekiai gauti biodujų gamybos atliekų komposte. Jis pasižymėjo didžiausiu organinės medžiagos ir organinės anglies kiekiu bei elektriniu laidžiu, palyginti su kitais kompostais. Pagal šiuos rodiklius biodujų gamybos atliekų kompostas buvo turtingas maisto medžiagų, t. y. gera trąša. Tirtuose kompostuose suminis kalio kiekis, lyginant juos tarpusavyje, ženkliai neišsiskyrė. Biodujų atliekų komposte sunkiųjų metalų – kadmio, švino,

2 lentelė. Bandyuose naudotų kompostų kokybė

Table 2. Chemical content of composts used in the experiment

Rodikliai <i>Indicators</i>	Kompostai / <i>Composts</i>			
	Žaliųjų atliekų <i>Green waste</i>	Nuotekų dumblo <i>Sewage sludge</i>	Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų <i>Mixed biodegradable municipal waste</i>	Biodujų gamybos atliekų <i>Biogas production waste</i>
Suminis azotas (N) % <i>Total nitrogen (N), %</i>	0,84 ± 0,213	1,55 ± 0,268	0,65 ± 0,042	3,5 ± 0,08
Suminis fosforas (P) % <i>Total phosphorus (P), %</i>	0,17 ± 0,024	1,1 ± 0,42	0,31 ± 0,073	2,5 ± 0,12
Suminis kalis (K) % <i>Total potassium (K), %</i>	0,44 ± 0,217	0,33 ± 0,136	0,46 ± 0,170	0,67 ± 0,010
Sausa medžiaga % / <i>Dry matter, %</i>	48 ± 10,4	50 ± 6,1	64 ± 3,9	21 ± 0,1
Organinė medžiaga % <i>Organic matter, %</i>	35 ± 16,5	35 ± 2,8	17 ± 3,2	87 ± 0,6
Tankis g cm ⁻³ / <i>Density, g cm⁻³</i>	1 245 ± 41	1 259 ± 16	1 408 ± 9	1 200 ± 6
Organinė anglis (C _{org.}) % <i>Organic carbon (C_{org.}), %</i>	13,3 ± 5,46	17,3 ± 3,74	6,9 ± 1,67	33,3 ± 3,72
C:N santykis / <i>C:N ratio</i>	15,4 ± 2,52	11,1 ± 0,49	11,3 ± 0,26	9,5 ± 0,02
pH _{H₂O}	8,2 ± 0,23	6,7 ± 0,27	8,8 ± 0,37	6,9 ± 0,0
Elektrinis laidis mS cm ⁻¹ <i>Electrical conductance, mS cm⁻¹</i>	0,63 ± 0,077	1,1 ± 0,18	1,0 ± 0,27	2,0 ± 0,46
Cd, mg kg ⁻¹	0,14 ± 0,051	2,7 ± 1,15	1,3 ± 0,69	0,21 ± 0,014
Cr, mg kg ⁻¹	10,2 ± 2,47	33,8 ± 4,85	48,3 ± 7,42	19,7 ± 0,15
Ni, mg kg ⁻¹	7,4 ± 1,62	25,4 ± 3,23	54,9 ± 22,97	26,8 ± 0,60
Pb, mg kg ⁻¹	12,6 ± 7,90	37,0 ± 3,50	109 ± 29,6	7,2 ± 0,25
Cu, mg kg ⁻¹	13,5 ± 2,23	138 ± 37,3	219 ± 22,5	30,4 ± 2,32
Zn, mg kg ⁻¹	101 ± 8,9	557 ± 214	590 ± 90,5	231 ± 8,5

chromo – koncentracija buvo panaši kaip žaliųjų atliekų komposte. Tačiau nikelio, vario ir cinko koncentracija buvo 2,5 karto didesnė negu žaliųjų atliekų komposte ir atitinkamai sudarė 26,8, 30,4 ir 231 mg kg⁻¹, bet leistinų normų neviršijo (Ni < 50, Cu < 200, Zn < 400).

Vertindami žaliųjų atliekų kompostą pagal suminio azoto ir fosforo kiekius nustatėme, kad gauti duomenys buvo artimi mišrių komunalinių bioskaidžių atliekų komposto duomenims. Tuo tarpu mišrių komunalinių bioskaidžių atliekų kompostas išsiskyrė iš kitų tirtųjų kompostų didele sunkiųjų metalų koncentracija. Dideli kiekiai buvo aptikti nikelio (Ni) – 54,9 mg kg⁻¹, švino (Pb) – 109 mg kg⁻¹, vario (Cu) – 219 mg kg⁻¹. Nors jame gautas kadmio kiekis buvo perpus mažesnis negu nuotekų dumblo komposte, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas turėjo mažiausia suminio azoto, organinės medžiagos ir organinės anglies, todėl pagal

kokybės rodiklius ir įvertinus taršą sunkiaisiais metalais šis kompostas nebuvo vertinga trąša.

Nuotekų dumblo komposte nustatytas apie 2 kartus didesnis suminio azoto ir apie 4 kartus didesnis fosforo kiekis, palyginti su žaliųjų atliekų ir mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostais. Tačiau analizuojant sunkiuosius metalus gauti šie rezultatai: kadmio (Cd) – net 2,71 mg kg⁻¹, leistina norma <1,5 mg kg⁻¹, cinko (Zn) – 557 mg kg⁻¹, leistina norma <400 mg kg⁻¹ (Brazas, 2012). Cinko ir chromo koncentracija buvo artima šių metalų koncentracijai, esančiai mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų komposte. Nors šis kompostas turėjo daug azoto ir fosforo, tačiau dėl taršos sunkiaisiais metalais trąša buvo abejotinos vertės.

Kompostų įtaka lapinių salotų derliui ir kokybei
Tyrimų metais kompostų įtaka lapinių salotų derliui gauta skirtinga (3 lentelė).

3 lentelė. Įvairių kompostų įtaka lapinių salotų derliui, augalo masei ir nitratų kiekiui

Table 3. Leaf lettuce yield, plant weight and content of nitrates in plants as affected by different kinds of composts

Kompostai Compost	Komposto norma t ha ⁻¹ Compost application rate, t ha ⁻¹	Salotų derlius (g) iš indo sausoje medžiagoje Leaf lettuce yield, g of dry matter per pot				Augalo masė g Plant mass, g	Ilgiausias lapas cm The longest leaf, cm	Nitratų kiekis mg kg ⁻¹ Content of nitrates, mg kg ⁻¹
		2012 m.	2013 m.	2014 m.	\bar{x}			
Kontrolė Soil without compost	–	10,02	8,96	5,49	8,16	19,7 ± 1,95	15,0 ± 0,49	521 ± 123,5
Žaliųjų atliekų kom- postas Green waste compost	10	9,78	7,67	6,64	8,03	21,5 ± 0,32	14,9 ± 0,06	311 ± 419,5
	20	12,66*	7,44	7,22*	9,11	26,6 ± 4,00	15,7 ± 0,14	168 ± 107,3
Nuotekų dumblo kom- postas Sewage sludge compost	10	12,55*	8,47	8,97*	10,00	25,8 ± 1,66	14,9 ± 0,20	125 ± 6,9
	20	12,79*	8,84	9,60*	10,41	27,2 ± 2,08	15,6 ± 0,32	179 ± 42,4
Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas Mixed biodegrad- able municipal waste compost	10	10,52	8,07	6,55	8,38	21,2 ± 2,11	14,6 ± 0,26	636 ± 349,5
	20	12,09	7,24	7,45*	8,93	22,6 ± 6,89	14,9 ± 0,20	313 ± 203,6
Biodujų gamybos atliekų kompostas Biogas production waste compost	10	19,05*	10,18	12,44*	13,89*	37,3 ± 2,64	16,6 ± 0,33	206 ± 19,9
	20	20,80*	13,05*	15,60*	16,49*	43,7 ± 4,54	18,5 ± 0,24	194 ± 12,0
R _{0,5} / LSD _{0,5}		2,4	1,83	1,52	2,98			

Pastaba / Note: * – derliaus priedais esminis esant 95 % tikimybės lygiui / yield increase statistically significant at 95% confidence level.

Statistiškai patikimas (95 % tikimybės lygis) salotų derliaus padidėjimas 2012 m. gautas jas patyrėšus nuotekų dumblo, biodujų atliekų 10 ir 20 t ha⁻¹ kompostų normomis bei žaliųjų atliekų komposto 20 t ha⁻¹ norma. Tuo tarpu nepalankiais 2013 m. salotų derlių didino tik biodujų komposto 20 t ha⁻¹ norma, o 2014 m. lapinių salotų derlius statistiškai patikimai didėjo tręšiant tirtaisiais kompostais, išskyrus mažesnių 10 t ha⁻¹ žaliųjų ir mišrių komunalinių atliekų kompostų normas. Apibendrinus trejų metų duomenų vidurkius galima teigti, kad patikimas derliaus priedas gautas tik salotas patyrėšus biodujų atliekų komposto 10 ir 20 t ha⁻¹ normomis; atitinkamai jis sudarė net 70 ir 102 %. Kitų komposto rūšių, pavyzdžiui, žaliųjų atliekų komposto 20 t ha⁻¹ norma ir nuotekų dumblo komposto 10 ir 20 t ha⁻¹ normos lapinių salotų derlių esmingai didino dvejus metus iš trejų, palyginti su kontrole. Šiais kompostais tręšti augalai buvo stambesni ir sunkesni. Ypač tai akivaizdu palyginus vidutinę augalo masę, tręštą biodujų atliekų komposto 10 ir 20 t ha⁻¹ norma, su kontroliniu variantu – masės padidėjimas gautas atitinkamai 1,9 ir 2,2 karto.

Dvejų metų vidutiniais duomenimis, derliaus nuėmimo metu nitratų kiekis įvairiais kompostais tręštosiose lapinėse salotose įvairavo tarp 168–636 mg kg⁻¹. Mažiau jų nustatyta patyrėšus žaliųjų ir biodujų gamybos atliekų bei nuotekų dumblo kompostais, tačiau visuose bandymo variantuose nitratų norma neviršijo DLK (didžiausia leistina koncentracija) – 2 500 mg kg⁻¹ (Higienos norma, HN 54:2003).

Lapinių salotų cheminė sudėtis

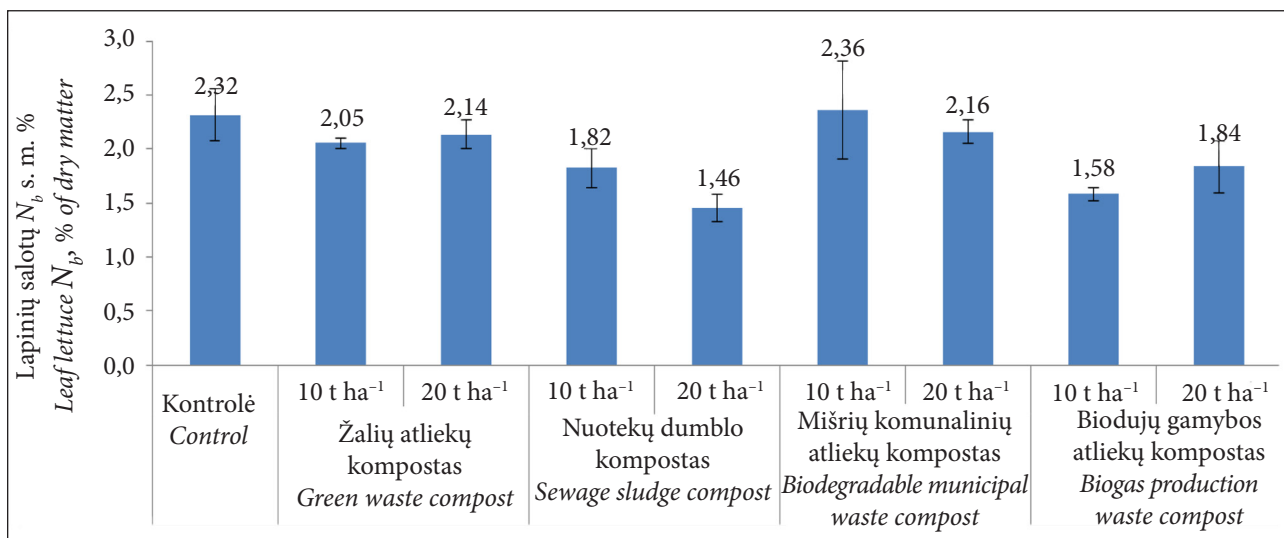
Nuėmus salotų derlių buvo atlikti lapinių salotų cheminės sudėties tyrimai. Gauti bendro azoto kiekiai pavaizduoti 3 paveiksle.

Tyrimai parodė, kad įvairiais kompostais tręštuose augaluose azoto kiekis nebuvo didesnis nei netręštuose, tačiau patyrėšus nuotekų dumblo bei biodujų gamybos atliekų kompostais azoto kiekis sumažėjo. Nors šie kompostai savo sudėtyje turėjo daugiausia azoto ir fosforo, tačiau galbūt dėl išauginto didžiausio derliaus azoto koncentracija augaluose tręšiant šiais kompostais gauta mažesnė. Tai galėjo lemti ir kiti veiksniai, pavyzdžiui, cheminių elementų tarpusavio ryšiai, šių kompostų mažesnės pH reikšmės, didesnis organinės anglies kiekis ir kt.

Trejų metų vidutiniais duomenimis, salotų lapuose fosforo (P) kiekis svyravo nuo 0,18 iki 0,24 %, o jo didėjimo tendencijos nustatytos augalus patyrėšus didesnėmis 20 t ha⁻¹ nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų ir biodujų gamybos kompostų normomis (4 pav.).

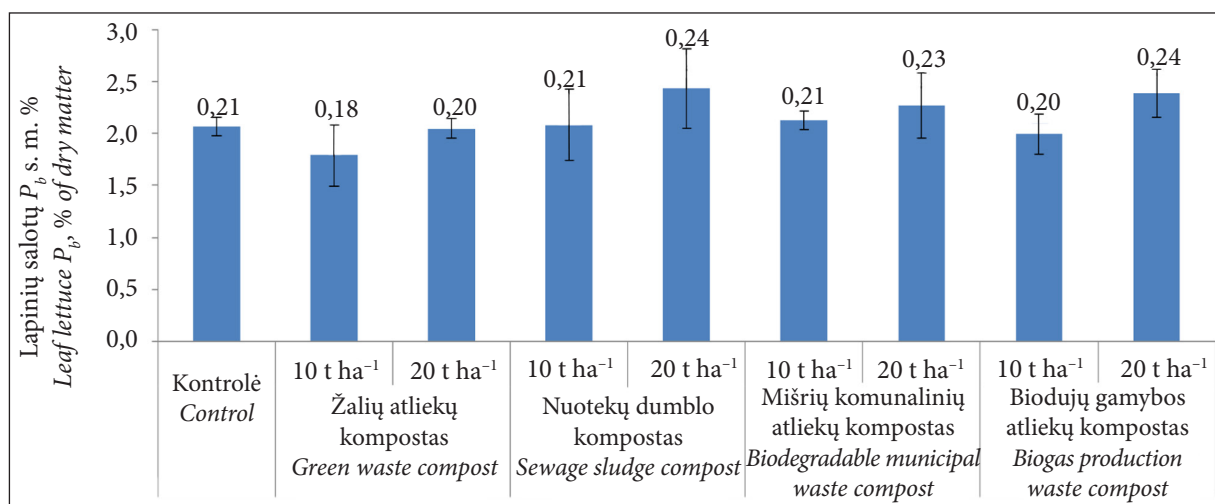
Salotose kalio kiekis didesnis nei kontrolėje nustatytas patyrėšus augalus mišrių komunalinių atliekų kompostu, tačiau gerokai mažesnis – biodujų gamybos atliekų kompostu (5 pav.). Čia akivaizdus kalio kiekio sumažėjimas, analogiškai kaip ir azoto, verčia ieškoti priežasčių, tačiau į tai atsakyti šiuo vienu bandymu kol kas negalime.

Įvairių kompostų įtaka sunkiųjų metalų kiekiui salotose pateikta 4 lentelėje.



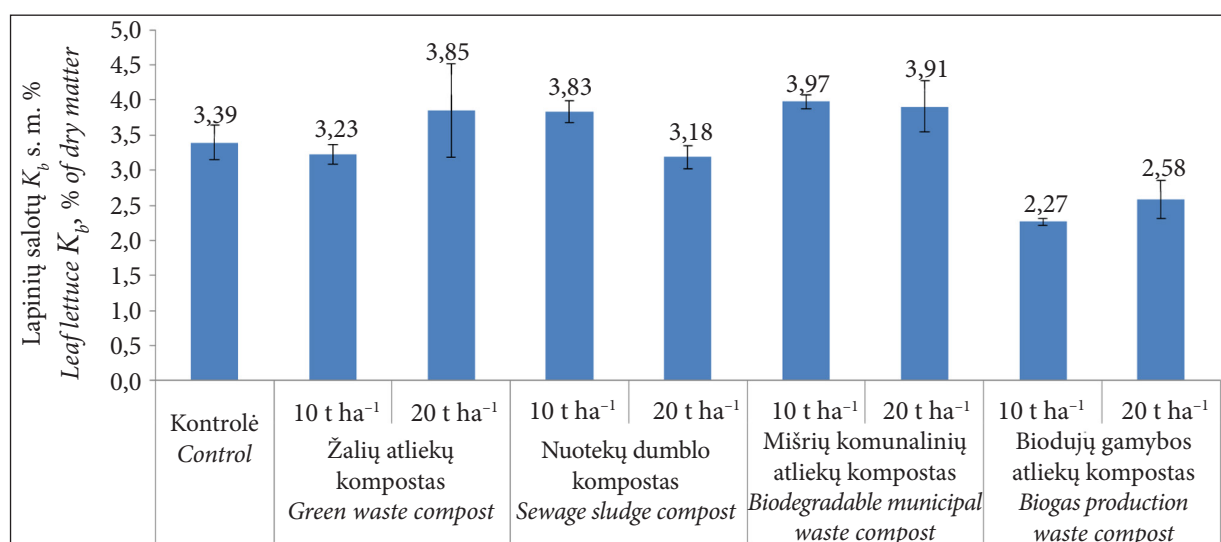
3 pav. Azoto koncentracija lapinėse salotose % (s. m.), 2012–2014 m.

Fig. 3. Nitrogen concentration in leaf lettuce in 2012–2014, % of dry matter



4 pav. Fosforo koncentracija lapinėse salotose % (s. m.), 2012–2014 m.

Fig. 4. Phosphorus concentration in leaf lettuce in 2012–2014, % of dry matter



5 pav. Kalio koncentracija lapinėse salotose % (s. m.), 2012–2014 m.

Fig. 5. Potassium concentration in leaf lettuce in 2012–2014, % of dry matter

4 lentelė. Trešimo įvairiais kompostais įtaka sunkiųjų metalų koncentracijai lapinėse salotose mg kg⁻¹ (s. m.), 2012–2014 m.

Table 4. Concentrations of heavy metals in leaf lettuce (mg kg⁻¹ of dry matter) as affected by the application of different kinds of composts, 2012–2014

Varianto Nr. Treatment No.	Cd	Ni	Cu	Cr	Pb	Zn
1.	0,22 ± 0,026	5,42 ± 0,581	5,55 ± 0,104	16,08 ± 1,195	0,42 ± 0,044	71,40 ± 6,044
2.	0,21 ± 0,033	12,53 ± 2,235	5,24 ± 0,156	34,94 ± 6,781	0,44 ± 0,031	64,14 ± 5,428
3.	0,20 ± 0,005	6,70 ± 1,104	4,56 ± 0,302	21,55 ± 2,267	0,39 ± 0,022	68,24 ± 2,888
4.	0,19 ± 0,018	9,11 ± 0,590	5,29 ± 0,638	27,47 ± 3,115	0,42 ± 0,087	68,03 ± 2,599
5.	0,15 ± 0,013	9,64 ± 0,000	5,14 ± 0,361	28,95 ± 0,227	0,46 ± 0,109	67,51 ± 4,196
6.	0,23 ± 0,027	10,13 ± 1,002	5,99 ± 0,340	29,73 ± 3,192	0,44 ± 0,013	72,72 ± 0,615
7.	0,24 ± 0,031	15,81 ± 5,234	6,92 ± 0,294	34,95 ± 0,000	0,46 ± 0,177	69,81 ± 1,334
8.	0,21 ± 0,036	6,71 ± 2,981	4,24 ± 0,119	25,21 ± 1,175	0,42 ± 0,049	59,65 ± 3,423
9.	0,20 ± 0,043	4,68 ± 1,264	4,27 ± 0,067	14,06 ± 2,524	0,37 ± 0,000	56,35 ± 4,156

Trejų metų vidutiniais duomenimis, kadmio kiekis lapinėse salotose svyravo nuo 0,15 iki 0,24 mg kg⁻¹. Tyrimuose naudoti kompostai, palyginti su kontrole, kadmio kiekio salotose nedidino. Nors nuotekų dumblo kompostas pasižymėjo dideliu kadmio kiekiu (2,7 mg kg⁻¹), į salotas vegetacijos metu jis neperėjo: tręšiant 10 t ha⁻¹ norma kadmio (Cd) nustatyta 0,19 mg kg⁻¹; 20 t ha⁻¹ norma – 0,15 mg kg⁻¹, palyginti su kontrole. Nikelio kiekis salotose tarp variantų labai įvairavo, kas mus vertė kartoti analizę, tačiau gauti duomenys sutapo. Nikelio kiekį labai didino mišrių komunalinių atliekų kompostas, kiek mažiau – nuotekų dumblo ir žaliųjų atliekų kompostai.

Salotose vario (Cu) kiekį didino tręšimas mišrių komunalinių atliekų kompostu. Trejų metų vidutiniais duomenimis, švino (Pb) kiekis salotose svyravo tarp 0,37–0,46 mg kg⁻¹. Jo kiekį didino didesnės nuotekų dumblo ir mišrių komunalinių atliekų normos.

Daugiausia iš visų sunkiųjų metalų salotose buvo cinko – 56,3–72,7 mg kg⁻¹. Visi naudoti kompostai cinko kiekio kompostuose nedidino, palyginti su kontrole, išskyrus 10 t ha⁻¹ mišrių komunalinių atliekų komposto normą. Sunkiųjų metalų kiekiui salotose įtakos turėjo daug veiksnių – tai skirtingos kompostų fizikinės-cheminės savybės, nevienodos maisto medžiagų, iš jų – sunkiųjų metalų koncentracijos, sunkiųjų metalų tarpusavio antagonistinis ryšys ir kt. Todėl atskirų kompostų įtaka sunkiųjų metalų kiekiui gauta nevienoda.

Kompostų įtaka dirvožemio savybėms ir cheminių elementų kiekiui

Po salotų vegetacijos, t. y. praėjus maždaug 50–55 dienoms po komposto įterpimo į dirvožemį, jame nustatyti augalui svarbūs judriųjų cheminių elementų kiekiai (5 lentelė).

Organinės anglies kiekį dirvožemyje didino tik žaliųjų atliekų kompostas, o kitų kompostų įtaka beveik nesiskyrė nuo kontrolės. Mineralinis azotas yra judrus, todėl mažiau jo liko tuose vegetaciniuose induose, kur augalai intensyviausiai augo ir daugiau jo sunaudojo. Kompostu tręštame dirvožemyje judriojo fosforo kiekis padidėjo, tačiau nedaug tręšiant žaliųjų ir mišrių komunalinių atliekų kompostais, o gausiai – patręšus nuotekų dumblo ir biodujų gamybos atliekų kompostais. Dirvožemyje judriojo fosforo kiekio padidėjimas dėsninai priklausė nuo įterptos komposto normos.

Judriojo kalio kiekis dirvožemyje labai padidėjo patręšus nuotekų dumblo kompostu, kiek mažiau – mišrių komunalinių atliekų kompostu. Judriojo kalio kiekį dirvožemyje žaliųjų bei biodujų gamybos atliekų kompostai didino tik patręšus 20 t ha⁻¹ normomis. Nors judriojo kalcio bei magnio dirvožemyje nustatyta labai daug, tačiau įterpus biodujų gamybos atliekų komposto šių elementų kiekiai dirvožemyje dar padidėjo. Judriojo kalcio bei magnio kiekiui įtakos turėjo ir nuotekų dumblo bei mišrių komunalinių atliekų kompostai, tačiau jų įtaka buvo mažesnė.

Dirvožemyje atskirų sunkiųjų metalų pokytis po tręšimo įvairiais kompostais gautas skirtingas (6 lentelė).

5 lentelė. Kompostų įtaka organinės anglies ir judriųjų cheminių elementų kiekiui dirvožemyje 2012–2014 m.
Table 5. Content of organic carbon and plant-available chemical elements in soil as affected by the application of different kinds of composts, 2012–2014

Varianto Nr. Treatment No.	C _{org} , %	N _{min} , mg kg ⁻¹	Judrieji cheminiai elementai mg kg ⁻¹ Plant-available chemical elements, mg kg ⁻¹			
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1.	1,86 ± 0,162	5,51 ± 0,226	65 ± 2,5	109 ± 5,4	4 213 ± 394	846 ± 87
2.	2,05 ± 0,040	5,61 ± 0,694	70 ± 6,2	110 ± 4,1	4 080 ± 508	889 ± 118
3.	2,05 ± 0,023	4,86 ± 0,279	75 ± 4,8	115 ± 9,6	3 915 ± 234	864 ± 21
4.	1,89 ± 0,093	3,92 ± 0,269	119 ± 21,6	166 ± 19,8	4 912 ± 125	1 188 ± 64
5.	1,90 ± 0,007	4,35 ± 0,166	151 ± 33,4	150 ± 32,3	4 647 ± 227	1 074 ± 133
6.	1,89 ± 0,102	5,06 ± 0,747	76 ± 1,1	120 ± 4,6	4 457 ± 220	981 ± 55
7.	1,95 ± 0,033	4,67 ± 0,241	98 ± 3,7	126 ± 1,6	5 660 ± 2 650	1 108 ± 416
8.	1,94 ± 0,027	3,75 ± 0,259	122 ± 32,7	108 ± 1,1	5 328 ± 180	1 326 ± 22
9.	1,93 ± 0,099	4,81 ± 1,069	175 ± 8,7	120 ± 2,7	5 347 ± 107	1 373 ± 30

6 lentelė. Tręšimo įvairiais kompostais įtaka sunkiųjų metalų koncentracijoms dirvožemyje mg kg^{-1} , 2012–2014 m.

Table 6. Concentrations of heavy metals in soil (mg kg^{-1}) as affected by the application of different kinds of composts, 2012–2014

Varianto Nr. Treatment No.	Cd	Ni	Cu	Cr	Pb	Zn
1.	0,09 ± 0,014	9,72 ± 0,383	8,0 ± 0,02	16,4 ± 0,53	8,7 ± 0,31	35,2 ± 2,29
2.	0,09 ± 0,001	10,05 ± 0,442	8,0 ± 0,10	16,0 ± 0,39	9,0 ± 0,22	37,3 ± 2,83
3.	0,09 ± 0,007	10,04 ± 0,319	8,1 ± 1,38	14,7 ± 0,44	9,2 ± 0,13	34,5 ± 2,34
4.	0,09 ± 0,004	10,31 ± 0,546	8,9 ± 0,89	16,3 ± 1,70	9,4 ± 0,63	41,7 ± 2,49
5.	0,09 ± 0,003	10,11 ± 0,407	9,5 ± 1,17	16,3 ± 0,29	8,9 ± 0,17	41,4 ± 0,33
6.	0,09 ± 0,001	10,59 ± 0,791	9,6 ± 0,18	16,7 ± 0,83	9,6 ± 0,31	37,5 ± 1,81
7.	0,10 ± 0,007	10,53 ± 0,360	11,2 ± 1,02	16,0 ± 0,87	9,6 ± 0,23	43,7 ± 3,15
8.	0,09 ± 0,004	9,60 ± 0,036	7,8 ± 0,14	14,5 ± 0,36	9,3 ± 0,18	36,8 ± 1,26
9.	0,09 ± 0,003	10,03 ± 0,157	8,6 ± 0,35	16,8 ± 0,5	9,6 ± 0,69	37,4 ± 1,43

Kadmio ir nikelio kiekis praktiškai nesikeitė. Vario ir cinko kiekį dirvožemyje didino nuotekų dumblo ir mišrių komunalinių atliekų kompostai. Chromo kiekis nuo įterptų kompostų mažai keitėsi. Dirvožemyje švino kiek daugiau nustatyta patręšus mišrių komunalinių atliekų kompostu, palyginti su kontrole.

IŠVADOS

1. Vertinant kompostų kokybę nustatyta, kad žaliųjų atliekų kompostas mažai turėjo azoto, fosforo, kalio ir sunkiųjų metalų. Nuotekų dumblo kompostai pasižymėjo kadmio ir cinko tarša. Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostai maisto medžiagų ir organinės anglies turėjo nedaug ir viršijo Cu, Ni, Pb ir Zn leistinas normas. Biodujų gamybos atliekų kompostuose buvo gausu organinės medžiagos, azoto, fosforo, kalio, nedidelė sunkiųjų metalų koncentracija, todėl labiausiai tiko salotoms auginti.

2. Biodujų gamybos atliekų kompostas esmingai ($R_{0,5}$) didino lapinių salotų derlių, augalai buvo stambesni ir sunkesni. Trejų metų vidutiniais duomenimis, šio komposto 10 ir 20 t ha^{-1} normos salotų derlių padidino 70 ir 102 %, o augalo masę atitinkamai 1,9 ir 2,2 karto.

3. Žaliųjų atliekų komposto 20 t ha^{-1} norma ir nuotekų dumblo komposto 10 ir 20 t ha^{-1} normos lapinių salotų derlių didino esant 95 % tikimybės lygiui dvejus metus iš trejų. Gauti derliaus priedai atskirais metais svyravo atitinkamai 26–32, 25–63 ir 28–75 %. Mišrių komunalinių atliekų komposto

20 t ha^{-1} norma lapinių salotų derlių didino vienus metus iš trejų, derliaus priedas gautas 36 %.

4. Sunkiųjų metalų koncentracijai lapinėse salotose įtakos turėjo skirtingos kompostų fizikinės-cheminės savybės. Naudoti kompostai kadmio kiekio lapinėse salotose nedidino. Nikelio, vario ir švino kiekį ženkliai didino tręšimas mišrių komunalinių atliekų kompostu, o švino kiekį didino ir nuotekų dumblo kompostas.

5. Dirvožemyje organinės anglies kiekį didino tik žaliųjų atliekų kompostas, o judriojo fosforo kiekis padidėjo patręšus nuotekų dumblo ir biodujų gamybos kompostais. Judriojo kalio kiekis padidėjo patręšus nuotekų dumblo kompostu, kiek mažiau – mišrių komunalinių atliekų ir 20 t ha^{-1} norma žaliųjų bei biodujų gamybos atliekų kompostu.

6. Dirvožemyje po vegetacijos beveik visuose variantuose sunkiųjų metalų kiekis svyravo paklaidos ribose, išskyrus vario ir cinko koncentraciją, kuri gauta didžiausia, palyginti su kontrole, variantuose, patręštuose nuotekų dumblo ir mišrių komunalinių atliekų kompostu.

Gauta 2015 06 04
Priimta 2015 09 14

LITERATŪRA

1. Ali M., Griffith A. J., Williams K. P., Jones D. L. 2007. Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology*. Vol. 43. No. 1. P. S316–S319.

2. Brazas A. 2012. *Bioskaidžių atliekų kompostavimas ir anaerobinis apdorojimas*. Vilnius.
3. Carvalho E., Marchi S. 2015. Lettuce growth characteristics as affected by fertilizers, liming, and a soil conditioner. *Journal of Horticulture and Forestry*. Vol. 7. No. 3. P. 65–72.
4. Fuchs J. G., Berner A., Mayer J., Smidt E., Schleiss K. 2008. Influence of compost and digestates on plant growth and health: potentials and limits. *Proceedings of CODIS 2008 101 International Congress*. Research Institute of Organic Agriculture. P. 101–110.
5. Greger M., Malm T., Kautsky L. 2007. Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *European Journal of Agronomy*. Vol. 26. No. 3. P. 257–265.
6. Hernández A., Castillo H., Ojeda D., Arras A., López J., Sánchez E. 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research*. Vol. 70. No. 4. P. 583–589.
7. Jaza Folefack A. J. 2008. The influence of compost use on the production of lettuce (*Lactuca sativa*) in the urban and peri-urban areas of Yaoundé (Cameroon). *Tropiculture*. Vol. 26. No. 4. P. 246–253.
8. Lietuvos higienos norma HN 54:2003. 2003. *Maisto produktai. Didžiausios leidžiamos teršalų ir pesticidų likučių koncentracijos*. Nr. V-773. Vilnius.
9. *Metodiniai nurodymai nitratams nustatyti augalininkystės produkcijoje*. 1990. Vilnius. Nr. 6013-2841.
10. Miglierina A. M., Iglesias J. O., Laurent G. C., Rodriguez R. A., Ayastuy M. E., Lobartini J. C. 2013. Application of compost to different texture soils: effect on soil properties and productivity of lettuce crop. *Proceedings of II International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture*. International Society for Horticultural Science.
11. Moreira M. A., Pereira dos Santos C. A., Lucas A. A. T., Bianchini F. B., Machado de Souza I., Viégas P. R. A. 2014. Lettuce production according to different sources of organic matter and soil cover. *Agricultural Sciences*. Vol. 5. No. 2. P. 99–105.
12. Montemurro F., Ferrib D., Tittarellic F., Canalic S., Vittib C. 2010. Anaerobic digestate and on-farm compost application: Effects on lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop production and soil properties. *Compost Science & Utilization*. Vol. 18. No. 3. P. 184–193.
13. Mirjalili S. A. 2014. Evaluation of some organic fertilizers on the yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L. CV. Ahoora). *Advances in Environmental Biology*. Vol. 8. No. 16. P. 82–86.
14. Staugaitis G., Mažeika R., Bernotaitytė K. 2012. *Komposto kokybės vertinimas. Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui*. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras.
15. Shahein M. M., Afifi M. M., Algharib M. A. 2014. Assessing the effect of humic substances extracted from compost and biogas manure on yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. Vol. 4. No. 10. P. 996–1009.
16. Uriah L. A., Shehu U. 2014. Environmental risk assessment of heavy metals content of municipal solid waste used as organic fertilizer in vegetable gardens on the Jos Plateau, Nigeria. *American Journal of Environmental Protection*. Vol. 3. No. 6–2. P. 1–13.

Gediminas Staugaitis, Karolina Gvildienė, Romas Mažeika

INFLUENCE OF COMPOSTS OF VARIOUS ORIGINS ON LEAF LETTUCE AND SOIL PROPERTIES

Summary

The pot experiments were carried out on the experimental site of the LRCAF Agrochemical Research Laboratory in 2012–2014 with an aim to investigate the quality of composts produced from different kinds of biodegradable waste and to assess the influence of these composts on the yield and quality of leaf lettuce, soil properties and accumulation of heavy metals. *Grand Rapids* leaf lettuce variety was used in the experiment as a test plant. The plants were grown in 6 l *Mitcherlich* pots. Pot soil was mixed with different kinds of composts at 10 and 20 t ha⁻¹ rates.

The obtained experimental data suggest that biogas production waste compost increased the leaf lettuce yield most of all. This compost was rich in organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and contained low amounts of heavy metals. 20 t ha⁻¹ rate of green waste compost as well as 10 and 20 t ha⁻¹ rates of sewage sludge compost increased the yield of leaf lettuce to a lesser extent and only in two experimental years out of three. All kinds of composts used in the experiment did not increase the concentration of cadmium in leaf lettuce. Nickel and copper concentration in leaf lettuce increased significantly when the compost of mixed biodegradable municipal waste was applied. All kinds of composts used in this experiment increased the chrome content in leaf lettuce with exception of biogas waste compost applied at 20 t ha⁻¹ rate. Higher application rates of sewage sludge and mixed municipal waste composts resulted in an increased content of lead in leaf lettuce plants. All kinds of tested composts decreased the content of zinc in plants insignificantly with one exception – biogas waste compost decreased the zinc content in plants significantly.

The content of organic carbon in soil increased only when the green waste compost was applied. The amount of plant-available phosphorus increased significantly when sewage sludge and biogas waste composts were applied. The amount of plant-available potassium increased more significantly when sewage sludge compost was applied.

Key words: composts, lettuce, heavy metals