

Įvairios kilmės kompostų fitotoksiškumas vasariniams miežiams

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*

Siekiant iširti iš įvairių bioskaidžių atliekų pagamintų kompostų fitotoksiškumą vegetaciniuose induose buvo auginami vasariniai miežiai. Tirtas jų daigumas, augalų masė (28 dieną po sėjos). Nustatyta, kad kompostai, pagaminti iš žaliųjų atliekų, nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų, biodujų gamybos atliekų, maisto atliekų, ženkliai skiriasi suminiu ir vandenyje tirpiu maisto medžiagų kiekiu, druskų koncentracija, organine medžiaga, sunkiųjų metalų kiekiu. Tiesiogiai kompostuose daiginti vasariniai miežiai dygsta prasčiau nei dirvožemyje: 10-ą dieną maisto atliekų komposte jų sudygsta 65 %, žaliųjų atliekų ir nuotekų dumblo kompostuose – 56 %, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų komposte – vos 25 %, dirvožemyje be komposto vasarinių miežių daigumas – 95 %. Biodujų gamybos atliekų komposte dėl didelio amoniakinio azoto kiekio miežiai visai nedygo. Dedant į dirvožemį 50 % komposto, pagal turį vasarinių miežių masę 28 dieną po sudygimo gaunama didžiausia naudojant maisto atliekų kompostą, kiek mažesnė – žaliųjų atliekų kompostą. Naudojant nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų ar biodujų gamybos atliekų kompostų substratus, nepriklausomai nuo kompostų normos, miežių masė gauta ne didesnė nei augintų dirvožemyje.

Raktažodžiai: kompostai, fitotoksiškumas, vasariniai miežiai

ĮVADAS

Iš įvairių biodegraduojančių atliekų sparčiai didėjanti kompostų gamyba verčia atidžiau peržiūrėti jų kokybę ir įtaką žemės ūkio augalams. Nors komposto kokybę apibūdina daug rodiklių, pavyzdžiui, suminis ir vandenyje tirpus azotas, fosforas, kalis, organinė medžiaga, pH, sunkieji metalai, mikroelementai ir kt. (LST CR 13455:2005; Fuchs et al., 2008; PAS 100:2011), tačiau praktiniu požiūriu yra labai svarbu greitai įvertinti, kaip augalai komposte auga, ar jis nėra fitotoksiškas, t. y. [pagal žodyną ↗ fito... + ↗ toksinis] nuodingas augalams (Baumgarten, Spiegel, 2004; Selim et al., 2012). Fitotoksiškumo priežastys gali būti labai įvairios: didelė tirpių druskų koncentracija, kuri dar priklauso ir nuo augalo jautrumo, daug sunkiųjų metalų, didelė amoniakinio azoto koncentracija, herbicidų likučiai, organiniai teršalai, komposte vykstantys mikrobiologiniai procesai, ypač jei kompostas nėra visiškai subrendęs, ir kt. (Fuchs et al., 2008;

Kupper et al., 2008; Gautam et al., 2010). Fitotoksiškumą sukelia daug veiksnių, kurie yra nežinomi arba jų nustatymas cheminiais ir fizikiniais metodais ekonomiškai netikslingas arba techniškai neįmanomas. Be to, dažnai fitotoksiškumą lemia dviejų ar daugiau veiksnių sinergetinis efektas, o žala augalams gali būti ilgalaikė arba laikina (LST CR 13455:2005). Nesubrendęs kompostas skatina mikrobinį aktyvumą, turi fitotoksinių medžiagų, pavyzdžiui, fenolio junginių, perteklinį kiekį etileno ir amoniako, organinių rūgščių. Tai lėtina sėklų dygimą bei augalų augimą, neigiama įtaka didėja naudojant didesnes tokio komposto normas (De Vleeshauwer, Verdonck, Van Assche, 1981; LST CR 13455:2005; Mittelut, Popa, 2011).

Iš nuotekų dumblo ar iš bioskaidžių komunalinių atliekų pagaminti kompostai bei digestatai dažnai turi ne tik daug sunkiųjų metalų (Zn, Mn, Cu, Ni, Cd, Cr), tačiau ir patvarių organinių teršalų: PAH, DEHP, PCCD/F, PCB ir kt., kurie toksiškai veikia augalus ir kaupiasi dirvožemyje (Rahel et al.,

2005; Brändli et al., 2006; Kupper et al., 2008; Paradelo et al., 2008). Mažiausiai toksiški yra iš augalinių atliekų sudaryti kompostai, tačiau jų tręšiamoji vertė nėra didelė (Paradelo et al., 2008). Nurodoma, kad tręštuose kompostų substratuose geriau dygsta sėklos ir auga augalai (Tooba, 2014).

Tyrimų tikslas – ištirti iš įvairių bioskaidžių atliekų, pavyzdžiui, žaliųjų atliekų, nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų, biodujų gamybos atliekų ir maisto atliekų pagamintų kompostų kokybę. Naudojant ištirtų kompostų skirtingas normas įvertinti jų fitotoksiškumą vasarinių miežių daigumui bei augalų masei ankstyvaisiais augimo tarpsniais.

METODAI IR SĄLYGOS

LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijoje 2011 m. buvo pradėta rengtis vegetaciniam eksperimentui, jis atliktas 2012 m. vegetacinių eksperimentų aikštelėje – auginti 'Carbona' veislės vasariniai miežiai. Eksperimente naudota tyrimų schema pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Bandymo schema

Table 1. Experimental design

Variantai Treatments	Įterpiamas kompostas Compost type	Inde komposto dalis pagal tūrį (%) Compost share in substrate, v/v %
1	Kontrolė (dirvožemis be komposto) / Soil without compost	0
2	Žaliųjų atliekų kompostas / Green waste compost	100
3	Nuotekų dumblo kompostas / Sewage sludge compost	100
4	Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas Mixed biodegradable municipal waste compost	100
5	Biodujų gamybos atliekų kompostas / Biogas production waste compost	100
6	Maisto atliekų kompostas / Food waste compost	100
7	Žaliųjų atliekų kompostas / Green waste compost	50
8	Nuotekų dumblo kompostas / Sewage sludge compost	50
9	Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas Mixed biodegradable municipal waste compost	50
10	Biodujų gamybos atliekų kompostas / Biogas production waste compost	50
11	Maisto atliekų kompostas / Food waste compost	50
12	Žaliųjų atliekų kompostas / Green waste compost	25
13	Nuotekų dumblo kompostas / Sewage sludge compost	25
14	Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas Mixed biodegradable municipal waste compost	25
15	Biodujų gamybos atliekų kompostas / Biogas production waste compost	25
16	Maisto atliekų kompostas / Food waste compost	25

Bandymo 2–6 variantuose į vegetacinius indus buvo pilamas substratas, kurį sudarė tik kompostas, 7–11 variantuose skaičiuojant pagal tūrį kompostas ir dirvožemis sudarė po 50 %, 12–16 variantuose – 25 % kompostas ir 75 % dirvožemis.

Bandymuose naudotų kompostų apibūdinimas ir sudėtis:

1. *Žaliųjų atliekų kompostas*. Jo gamybai naudota nupjauta žolė, medžių lapai, nedidelė dalis smulkintų šakų.

2. *Nuotekų dumblo kompostas*. Vilniaus miesto nuotekų dumblas maišytas su durpėmis (15 % pagal tūrį).

3. *Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas* gautas iš bendrų komunalinių atliekų, išrūšiuotus ir sukompstavus bioskaidžias atliekas.

4. *Biodujų gamybos atliekų kompostas* gautas anaerobinėmis sąlygomis grūdus perdirbant į biotanolį.

5. *Maisto atliekų kompostas*. Naudoti maisto produktai, kurių pasibaigęs galiojimo laikas: daržovės, vaisiai, pieno produktai ir termiškai apdorota mėsa.

Kompostai buvo gaminami pagal gamintojų taikomas technologijas, skirtas tos rūšies žaliavoms kompostuoti. Komposto ėminiai bandymams imti iš 5–6 kaupo vietų (kur kompostas buvo birus, pu-

rus, tamsios spalvos, jame visiškai suirusios naudotos žaliavos), iš jų sudarytas jungtinis ėminys. Bandymuose naudotų kompostų kokybę pateikta 2 lentelėje. Duomenys gauti iš dviejų pakartojimų.

2 lentelė. Bandymuose naudotų kompostų kokybė

Table 2. Chemical content of composts used in the experiment

Rodikliai Indicators	Kompostai / Composts				
	žaliųjų atliekų Green waste	nuotekų dumбло Sewage sludge	mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų Mixed biodegradable municipal waste	biodujų gamybos atliekų Biogas production waste	maisto atliekų Food waste
Suminis azotas (N) % Total nitrogen (N), %	0,60 ± 0,0	1,54 ± 0,13	0,55 ± 0,18	3,57 ± 0,07	1,90 ± 0,03
Vandenyje tirpus nitratinis azotas (N-NO ₃) mg l ⁻¹ Water soluble nitrate nitrogen (N-NO ₃), mg l ⁻¹	257 ± 24,0	37 ± 2,12	97 ± 11,3	245 ± 21,0	898 ± 2,83
Vandenyje tirpus amoniakinis azotas (N-NH ₄) mg l ⁻¹ Water soluble ammonia nitrogen (N-NH ₄), mg l ⁻¹	4 ± 1,41	9 ± 0,71	5 ± 0,0	460 ± 14,1	7 ± 2,83
Suminis fosforas (P) % Total phosphorus (P), %	0,14 ± 0,01	0,96 ± 0,13	0,30 ± 0,01	2,44 ± 0,06	0,60 ± 0,06
Vandenyje tirpus fosforas (P) mg l ⁻¹ Water soluble phosphorus (P), mg l ⁻¹	50 ± 7,07	103 ± 9,90	3 ± 0,0	204 ± 8,49	98 ± 9,90
Suminis kalis (K) % Total potassium (K), %	0,28 ± 0,05	0,27 ± 0,0	0,54 ± 0,10	0,68 ± 0,01	0,81 ± 0,03
Vandenyje tirpus kalis (K) Mg l ⁻¹ Water soluble potassium (K), mg l ⁻¹	344 ± 19,8	136 ± 22,6	1160 ± 42,4	501 ± 12,7	985 ± 35,6
Vandenyje tirpus kalcis (Ca) mg l ⁻¹ Water soluble calcium (Ca), mg l ⁻¹	151 ± 59,4	53 ± 4,16	181 ± 0,0	477 ± 32,5	642 ± 24,7
Vandenyje tirpus magnis (Mg) mg l ⁻¹ Water soluble magnesium (Mg), mg l ⁻¹	24 ± 2,83	13 ± 1,96	153 ± 41,7	226 ± 24,0	88 ± 4,45
Vandenyje tirpus natriis (Na) mg l ⁻¹ Water soluble sodium (Na), mg l ⁻¹	51 ± 27,6	137 ± 3,21	929 ± 47,4	251 ± 50,2	730 ± 19,8
Vandenyje tirpus sulfatai (SO ₄) mg l ⁻¹ Water soluble sulphates (SO ₄), mg l ⁻¹	116 ± 22,6	608 ± 73,5	4077 ± 71,4	1972 ± 67,9	1628 ± 74,9
Vandenyje tirpus chloridai (Cl) mg l ⁻¹ Water soluble chlorides (Cl), mg l ⁻¹	46 ± 5,66	16 ± 0,42	1523 ± 109	94 ± 22,6	1197 ± 134
Organinė anglis (C _{org.}) % Organic carbon (C _{org.}), %	9,3 ± 1,17	16,2 ± 1,09	8,0 ± 0,87	34,8 ± 2,12	19,4 ± 1,69
C:N santykis / C:N ratio	15,5 ± 1,96	10,5 ± 0,17	14,5 ± 3,39	9,7 ± 0,40	10,2 ± 1,00
pH _{H₂O}	7,4 ± 0,22	6,6 ± 0,07	7,9 ± 0,02	6,9 ± 0,07	7,0 ± 0,13
Elektrinis laidis mS cm ⁻¹ Electrical conductance, mS cm ⁻¹	0,53 ± 0,0	0,33 ± 0,0	2,39 ± 0,13	2,01 ± 0,09	2,46 ± 0,16
Cd, mg kg ⁻¹	0,21 ± 0,28	2,89 ± 0,87	4,14 ± 1,3	0,22 ± 0,01	0,16 ± 0,01
Cr, mg kg ⁻¹	10,3 ± 0,49	35,1 ± 1,56	36,0 ± 4,24	19,9 ± 0,21	8,8 ± 0,82
Ni, mg kg ⁻¹	5,8 ± 0,09	23,2 ± 1,91	24,2 ± 0,77	27,1 ± 0,42	6,6 ± 0,92
Pb, mg kg ⁻¹	9,2 ± 0,40	36,9 ± 4,74	74,7 ± 7,00	7,2 ± 0,07	23,4 ± 0,28
Cu, mg kg ⁻¹	15,2 ± 0,35	128 ± 18,4	212,5 ± 3,54	31,8 ± 1,98	16,4 ± 0,50
Zn, mg kg ⁻¹	109 ± 23,8	462 ± 65,1	470 ± 45,3	235 ± 5,66	109 ± 7,07

Bandymuose naudotas dirvožemis – smėlingas lengvo priemolio, sekiai karbonatingas, giliau glėjiškas rudžemis (*Epicalcari – Endohypogleyic Cambisol*), atvežtas iš Radviliškio r. Skėmių gyvenvietės. Jame nustatyta judriojo fosforo (P_2O_5) 47 mg kg^{-1} , judriojo kalio (K_2O) – 122 mg kg^{-1} , organinės anglies – $1,69 \%$, pH – $6,4$. Sunkiųjų metalų: Cd – $0,099 \text{ mg kg}^{-1}$, Cr – $14,28 \text{ mg kg}^{-1}$, Cu – $9,98 \text{ mg kg}^{-1}$, Zn – $35,71 \text{ mg kg}^{-1}$, Ni – $10,96 \text{ mg kg}^{-1}$, Pb – $9,86 \text{ mg kg}^{-1}$, gyvsidabrio neaptikta. Dirvožemio elektros laidis – $0,13 \text{ mS cm}^{-1}$, vandenyje tirpūs maisto elementai: azoto ($N-NO_3+N-NH_4$) – 21 mg l^{-1} , fosforo (P_2O_5) – 3 mg l^{-1} , kalio (K_2O) – 26 mg l^{-1} . Dirvožemis buvo nerūgštinis, jame aptikta mažai organinės anglies, judriojo ir vandenyje tirpaus fosforo bei sunkiųjų metalų, artimi arba vidutiniai kiekiai judriojo ir vandenyje tirpaus kalio bei azoto.

Kiekvienas bandymo variantas turėjo 4 pakartojimus. Vegetaciniai indai bandymų plote išdėstyti randomizuotai vegetacinio eksperimento aikštelėje be priedangos. Naudoti vegetaciniai indai – plastmasiniai vazonėliai, praleidžiantys vandenį, jų tūris – $0,55 \text{ l}$, skersmuo apačioje – $8,6 \text{ cm}$, viršuje – 10 cm , vazonėlio aukštis – $8,3 \text{ cm}$. Į kiekvieną vazonėlį pylėme $0,5 \text{ l}$ substrato, paruošto dirvožemį sijoiant per $<10 \text{ mm}$ sietą ir sumaišant su kompostu. Kaip atrodė užpildyti substratais vazonėliai prieš miežių sėją ir miežiai 28 dieną po sėjos, pateikta 1 ir 2 pav.

Vasariniai miežiai į vazonėlius buvo pasėti rugpjūčio 24 d., augalų antžeminė dalis nuimta ir pasverta rugsėjo 20 d. Augti vasariniams miežiams orai buvo palankūs. Rugpjūčio paskutinę dekadą vidutinė paros temperatūra siekė $15,9 \text{ }^\circ\text{C}$, rugsėjo pirmą dekadą – $14,1 \text{ }^\circ\text{C}$, antrą dekadą – $14,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Bandymo laikotarpiu dieną temperatūra rugpjūčio



1 pav. Substratu užpildyti vazonėliai
Fig. 1. Pots filled with substrate



2 pav. Vasariniai miežiai 28 dieną po sėjos
Fig. 2. Spring barley, 28 days after sowing

pabaigoje pakildavo iki $18\text{--}24 \text{ }^\circ\text{C}$, rugsėjo mėnesį – iki $15\text{--}22 \text{ }^\circ\text{C}$. Vidutinis kritulių kiekis rugpjūčio paskutinę dekadą buvo 19 mm , rugsėjo pirmą dekadą – 17 mm , antrą – 23 mm .

Kiekviename vazonėlyje sėta po 20 sėklų. Jos buvo lygiais atstumais išberiamos substrato paviršiuje, po to ant jų užberiamas 1 cm storio substrato sluoksnis. Po sėjos ir visą augimo laikotarpį miežiai laistyti rankiniu būdu atsižvelgiant į substrato paviršiaus drėgmę.

Standartizuoto metodo nustatyti fitotoksiškumą dar nėra, todėl naudojami įvairūs augalai, skiriasi ir nustatymo būdai (Asgharipour, Sirousmehr, 2012). Mes taikėme metodiką (Baumgarten, Spiegel, 2004), kai po sėjos 5 ir 10 dieną nustatomas vasarinių miežių daigumas, o 28 dieną – visų augusių puodelyje augalų vidutinė augalo antžeminė masė ir vidutinis visiškai išsivysčiusio lapo ilgis. Atskirai matavome ir svėrėme visus vegetacinio indo augalus.

Dirvožemyje pH_{KCl} nustatytas $1N \text{ KCl}$ potenciometrinio metodu, judrusis fosforas ir kalis – *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 Elmen, taikant standartus ISO 11466:1995 ir ISO 11047:1998. Kompostuose suminis azotas nustatytas 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 elektros laidis nustatytas pagal standartą LST EN 13038:2003, o vandenyje tirpios maisto

medžiagos – nitratinis ir amoniakinis azotas, fosforas, kalis, kalcis, magnis, natriis, sulfatai, chloridai – jonų chromatografu Shimadzu Prominence pagal standartą LST EN 13652:2006 substratą ekstrahuojant vandeniu (tūrio santykis 1:5). Vandenyje tirpus fosforas nustatytas spektrofotometru naudojant amonio molibdatą, o vandenyje tirpus kalis – liepsnos fotometru. Vertindami komposto kokybę ir taršą naudojamos 2012 m. rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui.

Kompostų kokybės duomenys pateikti aritmetiniu vidurkiu ir standartiniu nuokrypiu naudojant programą *Excel*. Vegetacinio eksperimento duomenys (vasarinių miežių daigumas, jų antžeminės dalies ir vieno augalo masė iš indelio, ilgiausio lapo ilgis) apdoroti dispersinės analizės metodais naudojant statistinę programą ANOVA.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Įvairios kilmės kompostų kokybės vertinimas

Prieš auginant augalus įvertinome tyrimuose naudojamų kompostų kokybę, o ši ženkliai skyrėsi (2 lentelė). Žaliųjų atliekų komposte gauta mažai suminio azoto, fosforo, kalio, sunkiųjų metalų ir organinės anglies. Nors jis pagal suminius augalams būtinų maisto medžiagų kiekius buvo pats neturtingiausias, tačiau vandenyje tirpaus nitratinio, azoto, fosforo, kalio, sulfatų turėjo pakankamai, kad augalai normaliai augtų. Elektrinis laidis nebuvo didelis, o sunkiųjų metalų šiame komposte rasta labai mažai.

Taip pat mažai suminio azoto bei organinės anglies nustatyta ir mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų komposte. Nors jame, palyginti su žaliųjų atliekų kompostu, dvigubai daugiau buvo suminio fosforo ir kalio, tačiau vandenyje tirpaus fosforo – labai mažai, o kalio – daug. Perteklinis kiekis šiame komposte buvo sulfatų, chloridų, daug vandenyje tirpaus natrio ir didelė druskų koncentracija. Šiame komposte aptikta labai daug visų tirtų sunkiųjų metalų, o kadmio (Cd) – net 4,14 mg kg⁻¹, švino (Pb) – 74,7 mg kg⁻¹, vario – 212,5 mg kg⁻¹, t. y. atitinkamai 20,6, 8,1 ir 14,0 kartų daugiau nei žaliųjų atliekų komposte. Gauti duomenys parodė, kad mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostas išsiskyrė pagal kokybės rodiklius – potencialiai didinantis taršą ir nebuvo optimalus žemės ūkio augalams augti.

Didesni suminio azoto, fosforo ir organinės anglies kiekiai gauti nuotekų dumblo bei mais-

to atliekų kompostuose. Tačiau jei maisto atliekų kompostas turėjo daug vandenyje tirpių maisto medžiagų ir mažai sunkiųjų metalų – artimą kiekį žaliųjų atliekų kompostui, tai nuotekų dumblo komposte jų buvo daug, kiekiai artimi mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostui. Nepaisant, kad maisto atliekų komposte daugoka sulfatų, chloridų, natrio, kitų vandenyje tirpių maisto medžiagų bei kiek per didelis elektros laidis, tačiau jis turėjo puikiai tikti augalams augti, nežinoma buvo tik jo optimali norma. Mažas nitratinio azoto kiekis nuotekų dumblo komposte galėjo būti vienas iš veiksnių, ribojančių vasarinių miežių augimą.

Biodujų gamybos atliekų komposte daugiausia nustatyta suminio azoto, fosforo ir organinės medžiagos, jie atitinkamai sudarė net 3,57, 2,44 ir 34,81 %. Sunkiųjų metalų – kadmio, švino aptikta nedaug, panašiai kaip žaliųjų atliekų ar maisto atliekų kompostuose, tačiau chromo, nikelio, vario ir cinko – dvigubai daugiau, bet vis tiek ženkliai mažiau nei nuotekų dumblo ar mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostuose. Šis kompostas pasižymėjo vandenyje tirpių maisto medžiagų kiekiu, ypač nitratinium azotu, fosforu, kalium, kalcium, magnium, sulfatais, todėl buvo pats vertingiausias, tačiau didelis amoniakinio azoto kiekis (sieki net 460 mg l⁻¹) turėjo būti toksiškas augalams.

Įvairios kilmės kompostų įtaka vasarinių miežių daigumui

Vegetaciniuose induose vasariniai miežiai gerai sudygo kontroliniame variante, kai buvo sėti tiesiai į dirvožemį: 5-ą dieną jų sudygo 89 %, 10-ą – 95 % (3 lentelė). Tačiau kompostuose auginti miežiai dygo esmingai prasčiau, palyginti su kontrole: 10-ą dieną žaliųjų atliekų ir nuotekų dumblo kompostuose jų sudygo 56 %, o maisto atliekų komposte – 65 %. Dar prasčiau miežiai dygo mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų komposte – vos 25 %, o biodujų gamybos atliekų komposte – iš viso nedygo. Tokio prasto dygimo priežastį paaiškintume didele atskirų cheminių medžiagų koncentracija kompostuose. Tai rodo mūsų nustatyta didelė amoniakinio azoto koncentracija biodujų gamybos atliekų komposte ir sulfatų, chloridų natrio bei sunkiųjų metalų kiekiai mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų komposte. Prastą dygimą galėjo lemti ir dar tebevykstantys kompostų irimo procesai, taip pat organiniai cheminiai junginiai, kurių nemaža dalis augalams yra toksiški (Fuchs et al., 2008; Paradelo et al., 2008).

3 lentelė. Vasarinių miežių biometriniai rodikliai, kai vasariniai miežiai auginti gryname komposte
 Table 3. Spring barley biometric indicators, spring barley grown in compost

Naudotas kompostas <i>Compost type</i>	Daigumas % <i>Germination, %</i>		28 dieną po sėjos (BBCH 18 tarpsnis) <i>Day 28 after sowing (BBCH 18)</i>		
	po 5 dienų <i>In 5 days</i>	po 10 dienų <i>In 10 days</i>	augalų antžeminė masė vegetaciniame inde g <i>Total weight of the above-ground parts of the plants grown in pot, g</i>	vidutinė vieno augalo antžeminė masė g <i>Average weight of the above-ground part of one plant, g</i>	augalo ilgiausio lapo ilgis cm <i>Length of the longest leaf, cm</i>
Kontrolė (dirvožemis be komposto) <i>Soil without compost</i>	89	95	4,4	0,36	16,5
Žaliųjų atliekų <i>Green waste compost</i>	36	56	3,0	0,47	15,4
Nuotekų dumblo <i>Sewage sludge compost</i>	41	56	3,8	0,59	20,2
Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų <i>Mixed biodegradable municipal waste compost</i>	10	25	2,3	0,56	18,9
Biodujų gamybos atliekų <i>Biogas production waste compost</i>	0	0	0	0	0
Maisto atliekų <i>Food waste compost</i>	45	65	5,5	0,81	23,4
$R_{0,5}$ $LSD_{0,5}$	17,1	16,5	1,10	0,141	2,44

Vegetaciniuose induose, kuriuose augalų sudygo 56 % ar mažiau, 28 dieną antžeminė masė gauta esmingai mažesnė nei variante, kur miežiai auginti tik dirvožemyje. Prastas daigumas ir tuo pačiu mažas augalų skaičius esmingai mažino bendrą augalų masę vegetaciniame inde, palyginti su kontrole. Tačiau vidutinė augalo masė dėl daugiau laisvos vietos inde gauta statistiškai patikimai didesnė. Maisto atliekų komposte augusių miežių antžeminė masė vegetaciniuose induose, esant 65 % dygimui, gauta ketvirtadaliu didesnė nei kontrolėje. Tikėtina, kad įtakos turėjo komposte optimalus maisto medžiagų kiekis ir santykis, nes net ir esant vegetaciniame inde mažiau augalų, jie buvo stambesni, todėl bendra masė gerokai lenkė augusius dirvožemyje. Tai paaiškėjo vertinant vidutinę vieno augalo antžeminę masę ir ilgiausio lapo ilgį, kurie atitinkamai sudarė 0,81 g ir 23,4 cm, kai kontrolėje – 0,36 g ir 16,5 cm. Duomenys gauti statistiškai patikimi, kai tikimybės lygis $R_{0,5}$.

Analizuojant duomenis pastebėjome, kad į kompostus tiesiogiai sėjami vasariniai miežiai dygsta prasčiau, tačiau sudygę augalai vėliau būna vešlesni ir stambesni.

Kai vasariniai miežiai auginti substratuose, kuriuose dirvožemis maišytas su 50 % komposto, augalų sudygo esmingai daugiau nei augintų tik komposte (4 lentelė). Žaliųjų atliekų komposto substrate jų sudygo 94 %, esminių skirtumų nebuvo, palyginti su kontrolinio varianto vasarinių miežių daigumu, kai tikimybės lygis $R_{0,5}$. Lygindami maisto atliekų komposto substratus su kontroliniu variantu, esminių skirtumų taip pat negavome. Reikia įvertinti, kad šiuose substratuose augintų miežių masė 28 dieną po sėjos inde gauta statistiškai patikimai didesnė, kai tikimybės lygis $R_{0,5}$, palyginti su augintais dirvožemyje: žaliųjų atliekų substrate masė 66 % didesnė, o maisto atliekų substrate – net 209 %. Galime manyti, kad tręšiamąja verte maisto ir žaliųjų atliekų kompostų substratai buvo vertingesni. Analizuojant duomenis nustatėme, kad komposto fitotoksiškumas maišant jį su dirvožemiu per pusę esmingai sumažėjo. Tai parodė ir biodujų gamybos atliekų komposto substrate pasiektas vasarinių miežių daigumas (net 65 %).

Nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų ir biodujų gamybos atliekų kompostų

4 lentelė. Vasarinių miežių biometriniai rodikliai, kai komposto į dirvožemį įterpta 50 % indelio tūrio
 Table 4. Spring barley biometric indicators, compost share in soil – 50% capacity of pot

Naudotas kompostas Compost type	Daigumas % Germination, %		28 dieną po sėjos (BBCH 18 tarpsnis) Day 28 after sowing (BBCH 18)		
	po 5 dienų In 5 days	po 10 dienų In 10 days	augalų antžeminė masė vegetaci- niame inde g Total weight of the above-ground parts of the plants grown in pot, g	vidutinė vieno augalo antžeminė masė g Average weight of the above- ground part of one plant, g	augalo ilgiausio lapo ilgis cm Length of the longest leaf, cm
Kontrolė (dirvožemis be komposto) Soil without compost	89	95	4,4	0,36	16,5
Žaliųjų atliekų Green waste compost	78	94	7,3	0,54	17,4
Nuotekų dumblo Sewage sludge compost	88	75	4,3	0,33	14,7
Mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų Mixed biodegradable municipal waste compost	56	68	4,7	0,42	16,7
Biodujų gamybos atliekų Biogas production waste compost	44	65	3,8	0,32	14,8
Maisto atliekų Food waste compost	84	88	9,2	0,77	19,8
$R_{0,5}$ $LSD_{0,5}$	19,0	13,4	1,60	0,099	3,13

substratuose auginti miežiai savo antžemine mase nepranoko augusių dirvožemyje be komposto, tarp variantų esminių skirtumų neišryškėjo. Šie substratai tręšiamąja verte nepranoko miežių dygimo metu pasireiškusių neigiamų fitotoksiškumo pasekmių.

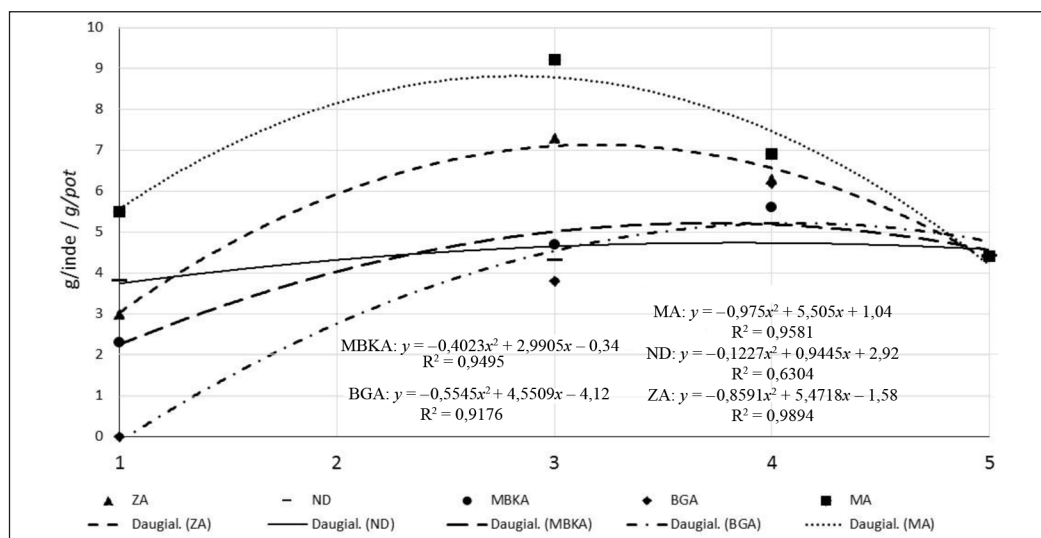
Kai vasariniai miežiai auginti substratuose, kuriuose dirvožemis sumaišytas su 25 % komposto, augalų daigumas 10-ą dieną siekė 86–96 % (5 lentelė). Tai rodo, kad kompostų neigiama fitotoksiškumo įtaka jau nebuvo (arba mažai buvo) pastebima, o skirtumai, palyginti su kontrole, gauti neesminiai. Augalų masė inde 28-ą miežių augimo dieną daugelyje tirtų substratų gauta didesnė nei auginta dirvožemyje ir statistiškai patikima ($R_{0,5}$ lygis), kai miežiai auginti maisto ir žaliųjų atliekų bei biodujų gamybos atliekų kompostų substratuose. Atitinkamai šiuose substratuose gauta didesnė ir statistiškai patikima vieno augalo antžeminė masė. Tik substratai, kuriuose naudoti nuotekų dumblo ir mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostai, augalų masė vegetaciniame inde, taip pat vieno augalo antžemi-

nė masė mažai skyrėsi nuo augintų dirvožemyje, o skirtumai gauti neesminiai. Kadangi šiuose kompostuose sunkiųjų metalų buvo ženkliai daugiau nei kituose, gali būti, kad jie ir lėmė silpnėnį augalų augimą.

Vertinat kompostų kiekio substratuose įtaką miežių masei 28 dieną po sudygimo, akivaizdu, kad maisto atliekų kompostas, kai jo į dirvožemį buvo dedama 50 % pagal tūrį, esmingai didino augalų masę vegetaciniame inde (3 pav.). Tie patys dėsningumai gauti ir miežius auginant substratuose su žaliųjų atliekų kompostu, tik masė gauta mažesnė. Miežius auginant nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų ir biodujų gamybos atliekų kompostų substratuose, nepriklausomai nuo naudotos kompostų normos, miežių masė induose 28 dieną po sudygimo nebuvo didesnė nei augintų dirvožemyje. Auginant miežius šiuose substratuose be dirvožemio, augalų masė net sumažėjo, ypač biodujų gamybos atliekų komposte. Tai verčia abejoti šių kompostų tręšimo teigiamu poveikiu pirmaisiais vasarinių miežių augimo tarpsniais.

5 lentelė. Vasarinių miežių biometriniai rodikliai, kai komposto į dirvožemį įterpta 25 % indelio tūrio
 Table 5. Spring barley biometric indicators, compost share in soil – 25% capacity of pot

Naudotas kompostas Compost type	Daigumas % Germination, %		28 dieną po sėjos (BBCH 18 tarpsnis) Day 28 after sowing (BBCH 18)		
	po 5 dienų In 5 days	po 10 dienų In 10 days	augalų antžeminė masė vegetaciniame inde g Total weight of the above-ground parts of the plants grown in pot, g	vidutinė vieno augalo antžeminė masė g Average weight of the above-ground part of one plant, g	augalo ilgiausio lapo ilgis cm Length of the longest leaf, cm
Kontrolė (dirvožemis be komposto) Soil without compost	89	95	4,4	0,36	16,5
Žaliųjų atliekų / Green waste compost	89	93	6,3	0,50	18,0
Nuotekų dumblo Sewage sludge compost	91	96	5,2	0,37	16,3
Mišrių biodegradabilių komunalinių atliekų Mixed biodegradable municipal waste compost	81	86	5,6	0,45	16,1
Biodujų gamybos atliekų Biogas production waste compost	46	92	6,2	0,59	18,5
Maisto atliekų / Food waste compost	88	91	6,9	0,57	16,5
$R_{0,5}$ / $LSD_{0,5}$	13,2	6,9	1,25	0,107	2,15



3 pav. Skirtinguose substratuose vasarinių miežių masė vegetaciniame inde 28 dieną po sėjos
 Fig. 3. Total weight of the above-ground parts of the plants grown in pot in 28 days after sowing
 1 – substrate 100 % komposto / compost share in substrate 100%; 2 – 75 % komposto (teoriškai iš grafi-
 kų) / compost share in substrate 75% (theoretical, based on the graphs); 3 – 50 % komposto / compost share in
 substrate 50%; 4 – 25 % komposto / compost share in substrate 25%; 5 – 0 % komposto (tik dirvožemis) / com-
 post share in substrate 0% (substrate is made of natural soil); ZA – žaliųjų atliekų kompostas / green waste
 compost, ND – nuotekų dumblo kompostas / sewage sludge compost; MKBA – mišrių biodegradabilių komunalini-
 ų atliekų kompostas / mixed biodegradable municipal waste compost; BGA – bioetanolio gamybos atliekų
 kompostas / biogas production waste compost; MA – maisto atliekų kompostas / food waste compost.

Mūsų tyrimų rezultatai atitinka ir kitų mokslininkų gautus rezultatus, kur nurodoma, kad augalinės kilmės kompostų vertė geresnė nei pagamintų iš urbanizuotų atliekų (Paradelo et al., 2008).

IŠVADOS

1. Kompostuose, pagamintuose iš žaliųjų atliekų, biodujų gamybos atliekų, maisto atliekų, nustatyta didesni kiekiai suminių ir vandenyje tirpių maisto medžiagų, druskų koncentracijos, organinės medžiagos, o nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų šių medžiagų kiekiai gauti mažesni, tačiau sunkiųjų metalų kiekiai nustatyti didesni. Įvairios kilmės kompostų kokybės skirtumus atskleidžia ir nevienodas vasarinių miežių daigumas, augimas pirmąsias 28 dienas po sėjos.

2. Gryname komposte daiginti vasariniai miežiai dygsta esmingai prasčiau nei dirvožemyje: 10-ą dieną maisto atliekų komposte jų sudygsta 65 %, žaliųjų atliekų ir nuotekų dumblo kompostuose – 56 %, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų komposte – vos 25 %, dirvožemyje be komposto – 95 %. Biodujų gamybos atliekų komposte dėl didelio amoniakinio azoto kiekio miežiai visai nedygsta.

3. Maišant dirvožemį su 50 % komposto pagal tūrį vasarinių miežių masė 28 dieną po sudygimo esmingai padidėjo naudojant maisto atliekų ir žaliųjų atliekų kompostą, o maišant dirvožemį su 25 % komposto – statistiškai patikimi skirtumai gauti ir naudojant biodujų gamybos atliekų kompostą. Tačiau naudojant nuotekų dumblo, mišrių bioskaidžių komunalinių atliekų kompostų substratus, nepriklausomai nuo kompostų normos, miežių masė nebuvo didesnė ir esmingai nesiskyrė nuo augintų dirvožemyje be komposto.

Gauta 2014 10 27

Priimta 2014 12 10

LITERATŪRA

1. Asgharipour M. R., Sirousmehr A. R. 2012. Comparison of three techniques for estimating phytotoxicity in municipal solid waste compost. *Annals of Biological Research*. Vol. 3. No. 2. P. 1094–1101.
2. Baumgarten A., Spiegel H. 2004. *Phytotoxicity (Plant Tolerance)*. Vienna: Agency for Health and Food Safety. 35 p.

3. Brändli R. C., Bucheli T. D., Kupper T., Zennegg M., Berger U., Edler P., Oehme M., Müller J., Schaffner C., Furrer R., Schmid P., Huber S., Ortelli D., Iozza S., Stadelmann F. X., Tarradellas J. 2006. Organic pollutants in source-separated compost. *Organohalogen Compounds*. Vol. 68. P. 863–866.
4. Brändli R. C., Bucheli T. D., Kupper T., Furrer R., Stadelmann F. X., Tarradellas J. 2005. Persistent organic pollutants in source-separated compost and its feedstock materials – a review of field studies. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 34. No. 3. P. 735–760.
5. De Vleeshauwer D., Verdonck O., Van Assche P. 1981. Phytotoxicity of refuse compost. *BioCycle*. Vol. 22. P. 44–46.
6. Fuchs J. G., Berner A., Jochen M., Smidt E., Schleiss K. 2008. Influence of compost and digestates on plant growth and health: potentials and limits. *Compost and Digestate: Sustainability, Benefits, Impacts for the Environment and for Plant Production: Proceedings of the International Congress CODIS*. Solothurn, Switzerland. P. 101–110.
7. Gautam S. P., Bundela P. S., Pandey A. K., Awasthi M. K., Sarsaiya S. 2010. Evolution of the municipal solid waste compost phytotoxicity and maturation for eco-friendly organic systems. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*. Vol. 5. No. 4. P. 397–402.
8. Kupper T., Brändli R. C., Buche T. D., Stämpfli C., Zennegg M., Berger U., Edler P., Pohl M., Niang F., Iozza S., Müller J., Schaffner Ch., Schmid P., Huber S., Ortelli D., Becker-van Slooten K., Mayer J., Bachmann H.-J., Stadelmann F. X., Tar J. 2008. Organic pollutants in compost and digestate: occurrence, fate and impacts. *Compost and Digestate: Sustainability, Benefits, Impacts for the Environment and for Plant Production: Proceedings of the International Congress CODIS*. Solothurn, Switzerland. P. 27–34.
9. LST CR 13455:2005. *Dirvožemio gerinimo medžiagos ir auginimo terpės. Vartotojų, aplinkos ir augalų saugos vadovas*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2005.
10. Mitelut A. C., Popa M. E. 2011. Seed germination bioassay for toxicity evaluation of different composting biodegradable materials. *Romanian Biotechnological Letters*. Vol. 16. No. 1. P. 121–129.
11. Paradelo R., Moldes A. B., Rodríguez M., Barral M. T. 2008. Relationship between heavy metals and phytotoxicity compost. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol. 6. No. 2. P. 143–151.
12. PAS 100:2011. *Specification for Composted Materials*. London: British Standard Institution (BSI), 2011.
13. Selim Sh. M., Zayed M. S., Atta H. M. 2012. Evaluation of phytotoxicity of compost during

composting process. *Nature and Science*. Vol. 10. No. 2. P. 69–77.

14. Tooba H., Tasneem A. A., Razia B. 2014. Seed germination bioassay using maize seeds for phytotoxicity evaluation of different composted materials. *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 46. No. 2. P. 539–542.

Gediminas Staugaitis, Karolina Gvildienė, Romas Mažeika

COMPOST PHYTOTOXICITY AS AFFECTED BY COMPOST ORIGIN

S u m m a r y

Pot trial experiments were conducted with an aim of determining the phytotoxicity of composts produced using different kinds of biodegradable waste. Spring barley plants were sown in pots. The germination of plants and the weight of plants on the 28th day of growth were investigated. The chemical content of different composts used in the experiments was determined, and the data obtained revealed that the composts produced from different kinds of waste – green waste, sewage sludge, mixed biodegradable municipal waste,

biogas production waste, food waste – differed significantly in the contents of total and water-soluble nutrients, organic matter, heavy metals and the concentrations of salts. Spring barley grains sown in the pure compost germinated more slowly than those sown into the pure natural soil: on the 10th day after the sowing 65% of seeds germinated in the food waste compost, 56% in the green waste and sewage sludge waste composts, and 25% in the mixed biodegradable municipal waste compost, but 95% in the soil without compost. Spring barley grains sown in the biogas production waste compost did not germinate at all because of the high levels of ammonia nitrogen present in the compost. The heaviest weight of plants (on the 28th day of growth after germination) obtained from the pots filled with substrate containing 50% v/v of compost was recorded in the treatment where the food waste compost was used, followed by the treatment where the green waste compost was used. The weight of plants grown in the pots filled with substrates containing sewage sludge waste, mixed biodegradable municipal waste or biogas production waste composts, irrespective of the compost share in the substrate, was not higher than that obtained from the plants grown in the pots filled with natural soil.

Key words: composts, phytotoxicity, spring barley