

Nuotekų dumblo komposto įtaka energetinių augalų – pavėsinio kiečio (*Artemisia dubia* Wall.) ir sidos (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) – augimui

Jelena Titova,

Eugenija Bakšienė

Lietuvos agrarinių ir miškų

mokslų centras,

Instituto al. 1,

LT-58344 Akademija, Kėdainių r.

El. paštas: titovajelena1@gmail.com;

eugenija.baksiene@voke.lzi.lt

Straipsnyje aprašomi netradicinių Lietuvoje augalų – pavėsinio kiečio (*Artemisia dubia* Wall.) ir sidos (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) – auginimo energetiniams tikslams tyrimo rezultatai. Tyrimai 2012–2014 m. vykdyti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vokės filiale. Bioenergetinės žolės buvo tręšiamos mineralinėmis trąšomis ir nuotekų dumblo kompostu pagal schemą: kontrolė (be trąšų); $N_{90}P_{60}K_{90}$; 20, 40 ir 80 t ha⁻¹ nuotekų dumblo komposto sausosios medžiagos. Tyrimų tikslas – išsiaiškinti, ar minėtų žolinių augalų tręšimas nuotekų dumblo kompostu padidina jų derlių ir pagerina kitus augimo rodiklius. Nustatyta, kad priesmėlio paprastajame išplautžemyje tręšimui panaudojus nuotekų dumblo kompostą, pavėsinių kiečių aukštis patikimai padidėjo visais augimo metais. Sidų aukštis iš esmės padidėjo tręšimui panaudojus nuotekų dumblo kompostą tik antraisiais derliaus nuėmimo metais. Pavėsinių kiečių stiebų tankumo tręšimas nuotekų dumblo kompostu nepaveikė. Pastebėtas tik sidų stiebų tankumo esminis padidėjimas, tręšimui panaudojus 80 t ha⁻¹ komposto normą. Pavėsinių kiečių sausųjų medžiagų masės derlius padidėjo patręšus 20 ir 80 t ha⁻¹ komposto norma tik trečiaisiais auginimo metais. Sidų sausųjų medžiagų masės derliaus tręšimas nuotekų dumblo kompostu nepaveikė ($p > 0,05$).

Raktažodžiai: energetiniai augalai, *Sida hermaphrodita*, *Artemisia dubia*, nuotekų dumblo kompostas

ĮVADAS

Nuolatos didėjantis energijos poreikis, augančios energijos kainos, mažėjančios naftos atsargos, taip pat vis ryškesnės aplinkosauginės problemos, šiltnamio efekto dujų emisijų kiekio didėjimas atmosferoje skatina ieškoti alternatyvių energijos šaltinių, kurie prisidėtų prie tvaraus žaliavų naudojimo, užtikrintų teigiamą energinį potencialą bei skatintų socioekonominių problemų sprendimą.

Energijai gauti dažniausiai naudojama trumpo rotacijos energetinių miškų bei daugiamečių žolinių augalų biomasė. Minėtų augalų auginimas leidžia užtikrinti teigiamą energinį potencialą, kadangi vieną kartą pasodinus arba pasėjus juos ilgą laiką galima auginti vienoje vietoje (Ericsson et al., 2006; *Kietoji biomasė*, 2009; Mola-Yudego et al., 2010). Rudenį nupjovus, pavasarį jie ir vėl atželia.

Tokiu būdu nemažai sutaupoma žemės dirbimo, sėklų pirkimo, sėjos darbų kaštų sąskaita. Lieka tik trąšų, tręšimo ir derliaus nuėmimo išlaidos. Tai naudinga ne tik ekonominiu, bet ir organizaciniu požiūriu (Jakienė ir kt., 2013).

Ne visų minėtų grupių augalų biomasė gali tapti ekonomiškai naudinga biokuru. Energetiniai augalai turi būti kuo įmanoma labiau atsparūs nepalankiems aplinkos veiksniams, gerai prigyti, greitai ir stabiliai formuoti pakankamą biomasės kiekį. Patys augalai irgi turi kainuoti nedaug, sąnaudos produkcijai užauginti taip pat turėtų būti nedidelės. Energetinių augalų auginimas turėtų minimaliai teršti aplinką, kitaip žlunga visa energetinių augalų auginimo ir naudojimo idėja (McKendry, 2002; Lemežienė ir kt., 2009).

Daugiausia Lietuvoje yra ištirti tradiciniai augalai, pasižymintys giliomis auginimo ir vartojimo

tradicijomis (Budžiuvienė, 2006). Tai A. Kryžiavičienės ir kt. tyrimai (2005); E. Gruzdevienės ir kt. (2014) didžiųjų dilgėlių (*Urtica dioica* (L.)), J. Kanapecko ir kt. (2011), V. Tilvikienės ir kt. (2009) paprastųjų šunažolių (*Dactylis glomerata* L.) bei nendrinų eraičinių (*Festuca arundinacea* Schreb.) tyrimai ir daugelis kitų mokslininkų darbų. Netradicinių Lietuvai augalų auginimas energetiniams tikslams yra mažai tirtas. Atlikti drambliažolės (*Miscanthus × giganteus*) (Dzenajavičienė ir kt., 2011; Kryževičienė ir kt., 2011; Šarūnaitė ir kt.; Kadžiulienė ir kt., 2014), geltonžiedžio legėsto (*Silphium perfoliatum* L.) (Šiaudinis ir kt., 2012), pavėsinio kiekčio (*Artemisia dubia* Wall.), sidos (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) (Kryževičienė ir kt., 2010; Kadžiulienė ir kt., 2012) ir kitų augalų tyrimai. Tačiau Pietryčių Lietuvos regione tyrimų atlikta labai mažai.

Mes pasirinkome dvi žolinių daugiamečių augalų rūšis: pavėsinį kietį ir sidą. Jų biomasė pasižymi mažu pelenų kiekiu, tai teigiamai veikia šilumingumą (Kadžiulienė ir kt., 2012) Pavėsinis kietis Lietuvoje šiuo metu yra mažai auginamas, tačiau pagal produktyvumą jis lenkia paprastąjį kietį (*Artemisia vulgaris* L.) (Kryževičienė ir kt., 2010; Kadžiulienė ir kt., 2012).

Norint gauti kuo didesnę bioenergetinę masę, augalus reikia tręšti. Vienas iš galimų būdų – tręšimas miestų komunalinių nuotekų dumblo kompostu. Šis būdas leistų sutaupyti išlaidas trąšoms, kadangi minėtą kompostą galima gauti nemokamai iš įvairių Lietuvos miestų nuotekų valymo įmonių. Beveik visos Europos šalys, tik ne tais pačiais mastais, dalį dumblo, skirtą žemės ūkiui, kompostuoja (Radžiūtė, Matusevičiūtė, 2010). Vokietijoje ir kitose Vakarų Europos šalyse jau yra bandoma energetinius augalus tręšti valymo įrenginių dumblo arba dumblo kompostu (Borkowska, Wardzinska, 2003; Jakienė ir kt., 2013; Kacprzak et al., 2010). Lietuvoje tyrimų, susijusių su nuotekų dumblo komposto panaudojimu bioenergetinių augalų trąšai, yra labai nedaug. Nuotekų dumblo tvarkymas ir utilizavimas šiuo metu yra globali problema. Kasmet Lietuvoje susikaupia apie 200 tūkst. tonų nuotekų dumblo (Radžiūtė, Matusevičiūtė, 2010). Netinkamai tvarkomas arba visiškai nesutvarkytas nuotekų dumblas kelia pavojų aplinkai ir gyventojų sveikatai dėl į aplinkos orą išsiskiriančių dujų (metano, anglies dioksido), dirvožemį ir podirvio vandenį teršiančio filtrato,

sklindančio nemalonaus kvapo (Pažusis, Rimeika, 2010). Nuotekų dumblo komposto panaudojimas tręšimui galėtų būti vienas iš būdų spręsti ekologinę miestų nuotekų dumblo utilizavimo problemą. Tačiau dėl intensyvios pramonės ir koncentruoto antropogeninio poveikio miestų nuotekų dumblo gali susikaupti nepageidautini, gyviems organizmams per dideli sunkiųjų metalų kiekiai. Jei šių medžiagų kiekiai nėra per dideli sanitariiniu atžvilgiu, dumblo ar jo kompostu galima tręšti viršutinius dirvos sluoksnius (Radžiūtė, Matusevičiūtė, 2010). Šiuo metu Lietuvoje kompostuoti ir po to naudoti tręšimui galima I ir II kategorijos, A ir B klasės dumblą (*Lietuvos Respublikos...*, 2007, Nr. 23-902). Leidžiamas sunkiųjų metalų koncentracijas komposte ir dirvožemyje po tręšimo kompostu aprašo LAND 20-2005 „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui bei rekultivavimui reikalavimai“, patvirtinti aplinkos ministro 2001 m. birželio 29 d. įsakymu Nr. 349 (*Lietuvos Respublikos...*, 2001, Nr. 61-2196). Tyrimų tikslas yra išsiaiškinti, ar įmanoma laikantis galiojančių įstatymų reikšmingai padidinti energetinių augalų (pavėsinio kiekčio ir sidos) biomasę auginant juos Pietryčių Lietuvos regiono lengvos granulimetrinės sudėties nenašiuose dirvožemiuose, tręšiant nuotekų dumblo kompostu.

TYRIMO METODAI IR SĄLYGOS

Eksperimentas įrengtas LAMMC Vokės filiale priešmėlio paprastajame išplautžemyje (pagal FAO UNESCO klasifikaciją – sandy loam *Haplic Luvisols*). Dirvožemio agrocheminiai rodikliai prieš eksperimento įrengimą buvo: pH_{KCl} 5,6–5,7, hidrolizinis rūgštingumas 2,9–3,8 mekv kg^{-1} , sorbuotų bazių suma 6,4–7,2 mekv kg^{-1} , humuso 1,97–2,1 %, judriojo fosforo 232 mg kg^{-1} ir kalio 205 mg kg^{-1} . Auginti žoliniai daugiamečiai bioenergetiniai augalai: pavėsinis kietis ir sida. Pavėsinio kiekčio augalai pasodinti 2012 m. pavasarį. Derlius nuimtas 2012, 2013 ir 2014 m. lapkritį, prasidėjus šalčiams. Sidos augalai pasodinti 2012 m. vasarą. Dėl šios priežasties sidų 2012 m. derlius buvo menkas, todėl neanalizuojamas. Analizei panaudoti 2013 ir 2014 m. duomenys. Žoliniai augalai sodinti daigais (Kryževičienė ir kt., 2010; 2011): pavėsiniai kiekčiai – 4 vnt. m^{-2} , sida – 2 vnt. m^{-2} . Bioenergetinės žolės tręštos pagal schemą: 1) kontrolė (be trąšų); 2) $N_{90}P_{60}K_{90}$ (90 kg ha^{-1} N; 60 kg ha^{-1} P_2O_5 ; 90 kg ha^{-1} K_2O);

3) 20 t ha⁻¹; 4) 40 t ha⁻¹ ir 5) 80 t ha⁻¹ nuotekų dumblo komposto sausosios medžiagos. Mineralinės trąšos buvo beriamos kasmet nuo 2012 m. prasidėjus vegetacijai, o nuotekų dumblo kompostu dirvožemis patreštas vieną kartą per 3 metus prieš įrengiant bandymą (2012).

Tręšimui naudotas Vilniaus miesto nuotekų dumblo kompostas. Jame nustatyta: pH – 6,7; sausosios medžiagos – 67,37 %; organinė medžiaga – 40,48 %; bendras fosforas (P) – 8 292 mg/kg; bendras kalis (K) – 4 082 mg/kg; organinė anglis (C) – 21,61 %. Taip pat jame nustatyta 1,5 % suminio azoto koncentracija. Minimali komposto norma (20 t ha⁻¹) pagal azoto kiekį atitiko mineralinių azoto trąšų normą, įterpiamą per 3 eksperimento vykdymo metus. Nuotekų dumblo komposto norma – 80 t ha⁻¹, ji artima maksimaliai leidžiamai naudoti Lietuvoje. Auginant energetinius augalus per 3 metus galima įterpti ne daugiau kaip 100 t ha⁻¹ nuotekų dumblo (*Lietuvos Respublikos...*, 2001, Nr. 61-2196). 40 t ha⁻¹ nuotekų dumblo komposto norma buvo pasirinkta kaip tarpinė tarp 20 ir 80 t ha⁻¹ normų.

Tirtųjų augalų derlingumo rodikliai buvo įvertinami kasmet vegetacijos sezono pabaigoje prieš derliaus nuėmimą. Nustatyta: sausųjų medžiagų masės derlius (t ha⁻¹), augalų aukštis (m) ir augalų tankumas (stiebai m⁻²). Pavėsinio kiečio biomasės derliaus apskaita atlikta 2012–2014 m., sidos – 2013 ir 2014 m.

Duomenų analizė atlikta naudojant statistinių duomenų apdorojimo programą ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Duomenų patikimumas vertintas pagal Fišerio kriterijų (Čekanaavičius, Murauskas, 2003; Tarakanovas, Raudonius, 2003).

TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Eksperimento rezultatai parodė, kad Pietryčių Lietuvos klimatinės ir dirvožemio sąlygos priimtinos augti introdukuotiems, netradiciniams augalams – pavėsiniam kiečiui ir sidai. Literatūroje nurodoma, kad šie augalai yra atsparūs nepalankioms klimato sąlygoms, ypač kritulių trūkumui, nėra reiklūs dirvožemio derlingumui (Ostrowski et al., 2009; Šarūnaitė ir kt., 2011). Pirmaisiais auginimo metais (2012) pavėsinio kiečio aukštis siekė vidutiniškai 1,22–1,28 m (1 pav.). Remiantis literatūros šaltiniais, pavėsinis kietis Lietuvos sąlygomis gali išaugti iki 2,5 m aukščio (Šarūnaitė ir kt., 2011).

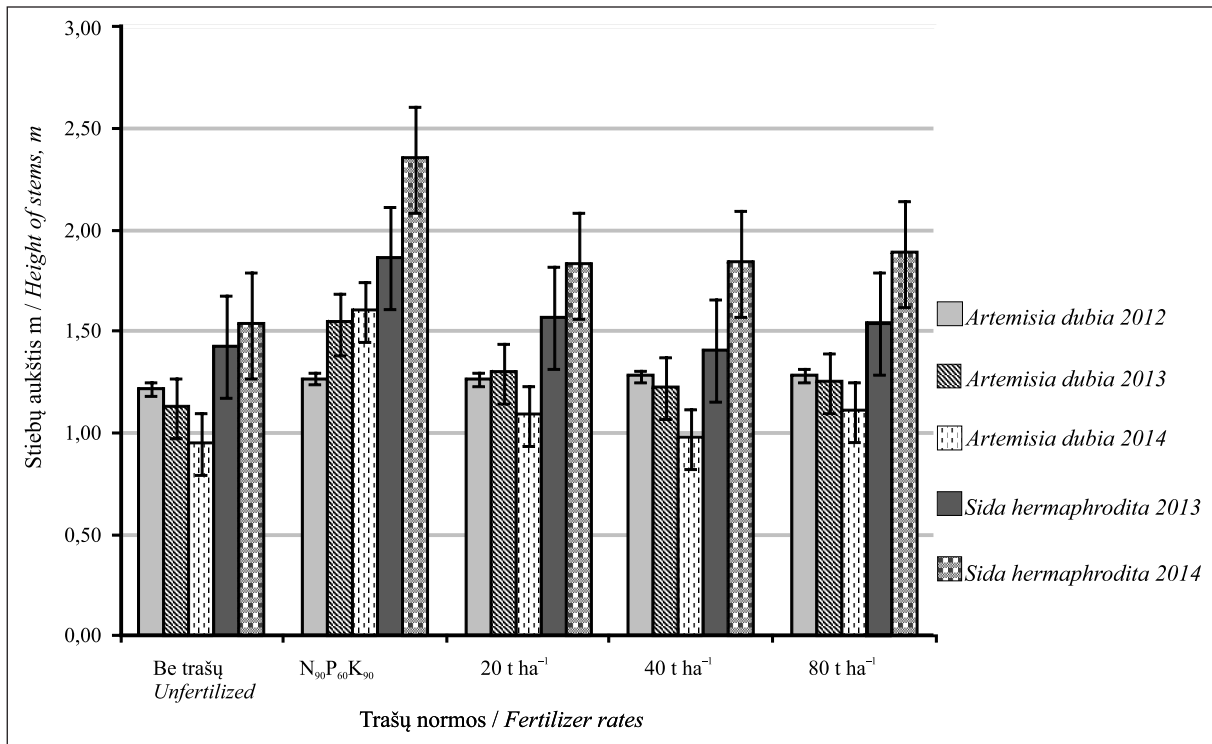
Nuotekų dumblo kompostas ir mineralinės trąšos vienodai efektyviai skatino augalų augimą ir, palyginti su augintais netreštame dirvožemyje, jų aukštis padidėjo esmingai 0,05–0,06 m ($p < 0,05$). Komposto normos didinimas nuo 20 iki 80 t ha⁻¹ neskatino intensyvesnio augalų augimo.

Antraisiais auginimo metais (2013) netreštame dirvožemyje, mažėjant maistinių elementų kiekiui, pavėsinio kiečio augalai užaugo 0,10 m žemesni, palyginti su 2012 m. (1 pav.). Taip pat išryškėjo mineralinių trąšų ir komposto poveikio skirtumai. Trešči nuotekų dumblo kompostu pavėsinio kiečio augalai vidutiniškai buvo 0,25–0,32 m žemesni nei trešči mineralinėmis trąšomis. Labiausiai jų augimą skatino mineralinės trąšos N₉₀P₆₀K₉₀ – palyginti su netreštu dirvožemiu, augalų aukštis padidėjo 0,42 m ($p < 0,05$). Antraisiais auginimo metais teigiamas komposto poveikis augalų aukščiui buvo nustatytas tik kiečių, treštų mažiausia komposto norma (20 t ha⁻¹). Normos didinimas iki 40–80 t ha⁻¹ buvo neefektyvus ir, palyginti su netreštu dirvožemiu, esminės įtakos augalų aukščiui neturėjo.

Trečiaisiais auginimo metais (2014) pavėsinio kiečio stiebų aukštis beveik visada buvo nežymiai mažesnis nei 2013 m. (1 pav.) Tik trešči mineralinėmis trąšomis pavėsinio kiečio augalai vidutiniškai buvo 0,06 m aukštesni. Tai galėjo lemti 2014 m. dar labiau padidėjęs kiečių tankumas. Augalų stiebai konkuravo tarpusavyje ir trukdė vieni kitiems augti. Nuotekų dumblo kompostas turėjo iš esmės teigiamą poveikį pavėsinio kiečių aukščiui tik patrešus juos 80 t ha⁻¹ norma ($p < 0,05$). Tačiau daugiausia aukštį didino mineralinės trąšos ($p < 0,01$). Pavėsiniai kiečiai, patrešči N₉₀P₆₀K₉₀, buvo net 1,7 kartų aukštesni, palyginti su netreštais augalais, ir 1,45 kartų aukštesni nei kiečiai, patrešči 80 t ha⁻¹ komposto norma ($p < 0,05$).

Sidos augalai Pietryčių Lietuvos klimato sąlygomis, palyginti su pavėsinio kiečiu, pirmaisiais metais užaugo 0,13–0,59 m daugiau. Vidutiniškai jų aukštis siekė 1,41–1,86 m. (1 pav.). Palyginus su netreštu dirvožemiu, iš esmės aukštesni augalai ($p < 0,05$) užaugo tik treštame mineralinėmis trąšomis dirvožemyje. Skirtumas tarp treštų ir netreštų sidų aukščių vidutiniškai buvo 0,43 metrai. Šių augalų tręšimas nuotekų dumblo kompostu 2013 m. aukščiui įtakos neturėjo.

Antraisiais sidų derliaus nuėmimo metais (2014) jų aukštis buvo 0,11–0,49 m didesnis nei



1 pav. Trąšų įtaka pavėsinio kiekio (2012–2014) ir sidos (2013, 2014) stiebų aukščiui m

Fig. 1. The influence of fertilizer on the stem height of mugwort (*Artemisia dubia* Wall.) in 2012–2014 and Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) in 2013, 2014

pirmaisiais ir 0,41–0,81 m nei panašaus amžiaus pavėsinių kiekį. (1 pav.). Nuotekų dumblo kompostas ir mineralinės trąšos efektyviai skatino augalų augimą ir, palyginti su augalais, augintais netręštame dirvožemyje, jų aukštis padidėjo esmingai 0,29–0,81 m ($p < 0,05$). Tačiau vis dar efektyviausios buvo mineralinės trąšos ($p < 0,05$).

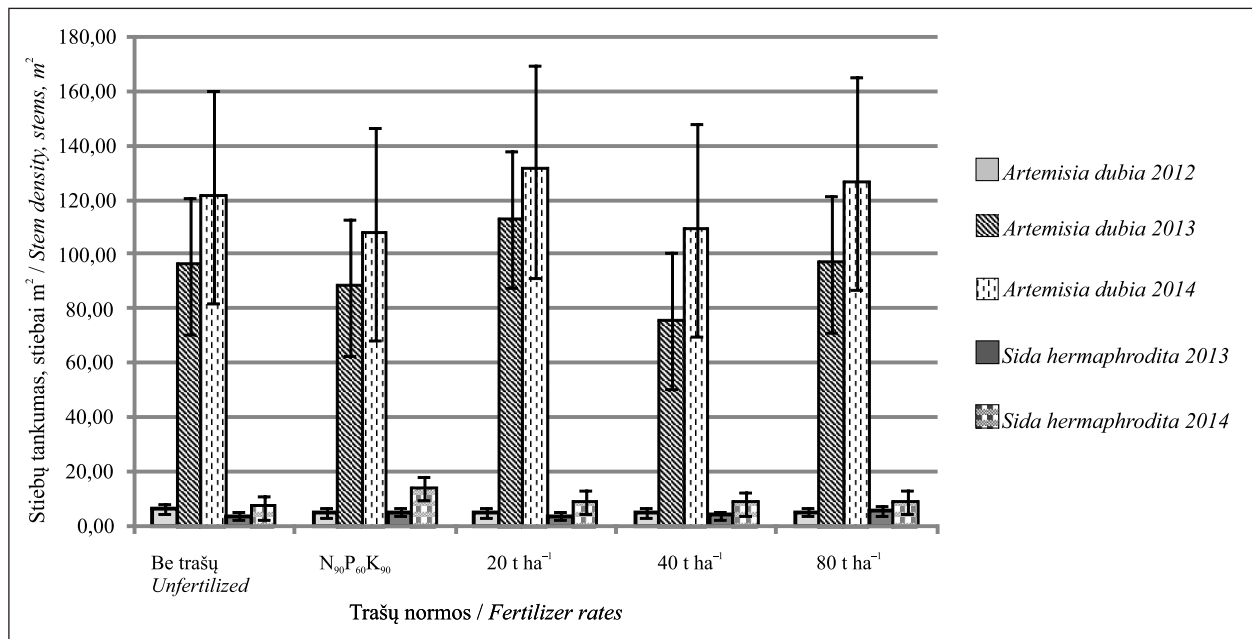
Daugiamečių energetinių augalų pasėlių tankumas priklauso ne tik nuo pasodintų augalų skaičiaus, bet ir nuo jų amžiaus, nes kasmet pavasarį jie užaugina naujų stiebų. Atliktų tyrimų duomenimis, pavėsinio kiekio pasėlio tankis pirmaisiais auginimo metais buvo nedidelis ir sudarė 5,41–6,37 stiebų m^{-2} (2 pav.). Vidutiniškai vienas augalas užaugino 1,4–1,6 stiebo. Esminių skirtumų tarp tręštų ir netręštų kiekų tankumo bei tarp skirtingų tręšimo variantų nustatyta nebuvo. Antraisiais auginimo metais pavėsiniai kiekiai pradėjo intensyviai kerotis, jų tankumas, palyginti su pirmaisiais metais, padidėjo keliolika kartų ir vidutiniškai siekė 75,33–112,67 stiebų m^{-2} . Iš vieno pasodinto augalo antraisiais metais užaugo 18,8–28,2 stiebai. Trečiaisiais auginimo metais tankumas dar labiau padidėjo ir vidutiniškai siekė jau 107,3–130,7 stiebų m^{-2} . Kaip ir pirmaisiais, vėlesniaisiais tyrimų

metais esminio trąšų poveikio pavėsinio kiekio tankumui nustatyta nebuvo.

Sidų pasėlių tankumas, kaip ir pavėsinių kiekų, pirmaisiais derliaus nuėmimo metais buvo nedidelis ir sudarė vidutiniškai 3,95–5,90 stiebų m^{-2} (2 pav.). Galima buvo įžvelgti tendenciją, kad mineralinės trąšos ir nuotekų dumblo kompostas didino pasėlio tankumą, bet esminis padidėjimas (1,95 stiebų m^{-2}) nustatytas tik panaudojus tręšimui didžiausią nuotekų dumblo komposto normą – 80 t ha^{-1} ($p < 0,05$).

Antraisiais tyrimo metais (2014) sidų tankumas padidėjo nuo 1,5 iki 2,6 kartų, palyginti su sidų tankumu 2013 m., tačiau vis dar buvo žymiai mažesnis nei panašaus amžiaus pavėsinių kiekų tankumas (2 pav.). Tręšimas nuotekų dumblo kompostu didino sidų tankumą, tačiau neesmingai. Tik tręšimas mineralinėmis trąšomis iš esmės padidino sidų tankumą 2014 m. – nuo 6,9 m^{-2} netręštuose iki 14 stiebų m^{-2} tręštuose laukuose ($p < 0,001$).

Pavėsinio kiekio augalų biomasės apskaita atlikta 2012–2014 m. Iš literatūroje pateiktų duomenų matome, kad pavėsinis kietis Lietuvos sąlygomis gali išauginti iki 24 t ha^{-1} sausosios medžiagos biomasės per metus (Šarūnaitė ir kt., 2011). Šio tyrimo

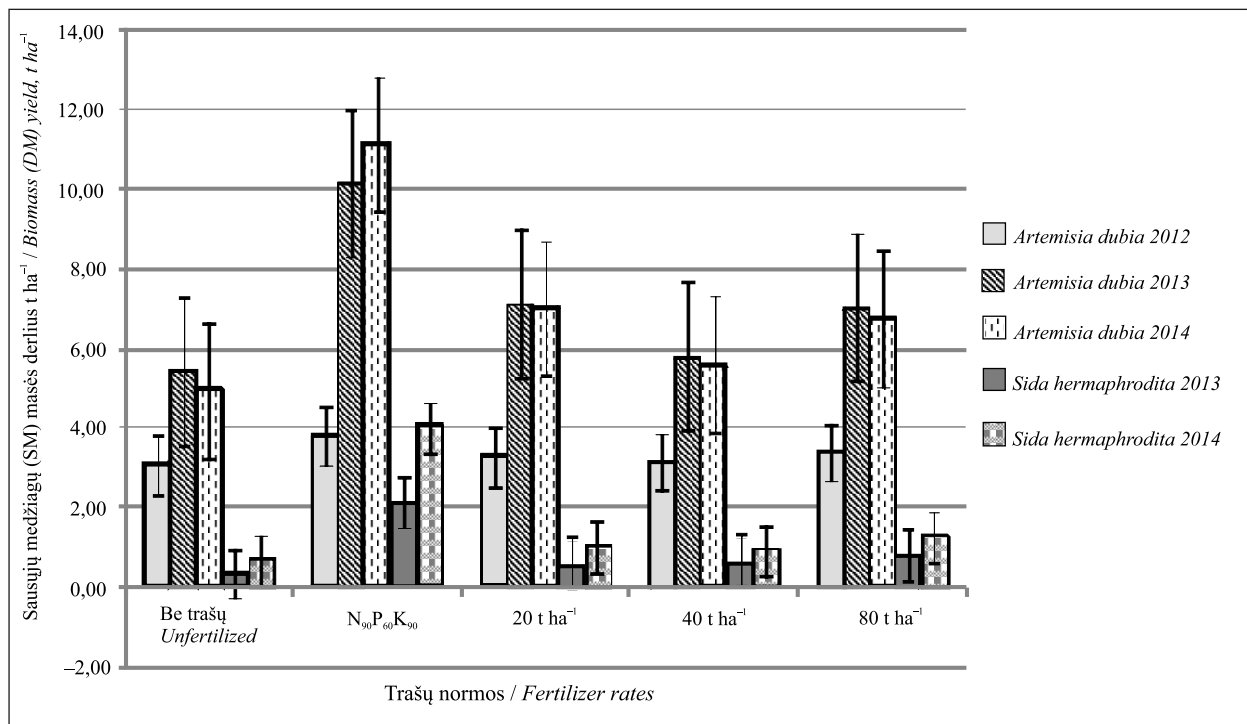


2 pav. Trašų įtaka pavėsinio kiekio (2012–2014) ir sidos (2013, 2014) stiebų tankumui (vnt./m²)

Fig. 2. The influence of fertilizer on the stem density of mugwort (*Artemisia dubia* Wall.) in 2012–2014 and Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) in 2013, 2014

pirmaisiais auginimo metais kiekio sausųjų medžiagų derlius užaugo nedidelis ir buvo vidutiniškai 3,08–3,80 t ha⁻¹ (3 pav.). Mineralinės trašos ir nuotekų dumblo kompostas, palyginti su kontro-

liniu variantu, nežymiai didino sausųjų medžiagų derlių (0,06–0,72 t ha⁻¹), bet padidėjimas nebuvo statistiškai esminis ($p > 0,05$). Antraisiais metais, išsikerojus augalams, biomės derlius padidėjo



3 pav. Trašų įtaka pavėsinio kiekio (2012–2014) ir sidos (2013, 2014) sausųjų medžiagų (SM) masės derliui (t ha⁻¹)

Fig. 3. The influence of fertilizer on the biomass dry matter (DM) yield of mugwort (*Artemisia dubia* Wall.) in 2012–2014 and Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) in 2012, 2013

2–3 kartus ir vidutiniškai sudarė 5,43–10,15 t ha⁻¹ (3 pav.). Esminį poveikį biomasės derliui turėjo tik mineralinės N₉₀P₆₀K₉₀ trąšos. Palyginus su netręštu dirvožemiu, biomasės sausųjų medžiagų derlius padidėjo 5,43 t ha⁻¹ (p < 0,05). Mineralinės trąšos buvo žymiai efektyvesnės, palyginti su nuotekų dumblo kompostu. Biomasės sausųjų medžiagų derliaus skirtumai buvo statistiškai esminiai ir sudarė 3,02–4,34 t ha⁻¹.

Trečiaisiais auginimo metais pavėsinių kiečio sausųjų medžiagų biomasės derlius esmingai nepadidėjo ir siekė tik 4,94–11,13 t ha⁻¹ (3 pav.). Tai gali būti susiję su jau paminėtu didelių stiebų tankumu. Augalų stiebai trukdo vienas kitam augti, tačiau ir tankumas negali didėti be ribų. Ar biomasės derlius didės toliau, ar liks toks, koks buvo 2014 m., parodys tolimesni tyrimai. Trečiaisiais pavėsinių kiečio auginimo metais pirmą kartą išryškėjo nuotekų dumblo komposto teigiamas poveikis sausųjų medžiagų biomasės derliui. 20 ir 80 t ha⁻¹ komposto normos esmingai padidino derlių 2,08 ir 1,82 t ha⁻¹, palyginti su netręštu variantu. Tačiau tręšimas mineralinėmis trąšomis daugiausia didino pavėsinių kiečio derlių – 6,19 ha⁻¹ (p < 0,01).

Sidų biomasės sausųjų medžiagų derlius pirmaisiais auginimo metais buvo 2–9 kartus mažesnis, palyginti su pavėsinių kiečių pirmųjų metų derliumi. Iš literatūros yra žinoma, kad sida Vidurio Lietuvos klimatinėmis sąlygomis gali išauginti iki 15 t ha⁻¹ sausųjų medžiagų biomasės per metus (Kadžiulienė ir kt., 2012). Tačiau mūsų tyrimų metu sida vidutiniškai suformavo pirmaisiais derliaus nuėmimo metais tik 0,34–2,13 t ha⁻¹ sausųjų medžiagų biomasės, o antraisiais – 0,67–4,01 t ha⁻¹ (3 pav.). Gal todėl, kad pateikiami rezultatai yra pirmųjų auginimo metų derliaus rezultatai. Vėliau sidų šaknų sistema turėtų sustiprėti ir derlius turėtų būti daug didesnis. Be to, Vidurio Lietuvoje yra žymiai derlingesni dirvožemiai nei Pietryčių Lietuvos priemolio paprastasis išplautžemis.

Palyginus su netręštu dirvožemiu, patikimai didesnis biomasės derliaus priedas 1,79 ir 3,34 t ha⁻¹ buvo gautas pirmaisiais ir antraisiais derliaus nuėmimo metais atitinkamai tręštuose mineralinėmis trąšomis laukeliuose (p < 0,05). Nuotekų dumblo kompostas turėjo teigiamą įtaką sausųjų medžiagų derliui, tačiau skirtumai su kontrole buvo nesmingiai (0,22–0,46 ir 0,24–0,59 t ha⁻¹, p > 0,05). Dumblo normos didinimas nuo 20 iki 80 t ha⁻¹

ženkliai įtakos biomasės prieaugiui neturėjo, skirtumai tarp variantų buvo neesminiai. Mineralinės trąšos daugiau didino sidų derlių nei nuotekų dumblo kompostas – biomasės sausųjų medžiagų derliaus skirtumai buvo statistiškai esminiai, sudarė 1,33–1,57 ir 2,75–3,1 t ha⁻¹ (p < 0,05).

Silpnas nuotekų dumblo poveikis energetinių augalų biomasės derliui gali būti susietas su lėta dumblo organinės medžiagos mineralizacija. Tikrasis komposto poveikis turėtų pasireikšti praėjus daugiau nei vieniems arba dvejiems metams. Patręšus nuotekų dumblo kitus energetinius augalus, panašų efektą pastebėjo ir daugiau mokslininkų (Jakienė ir kt., 2013). Taip pat svarbu, kad nuotekų dumblo komposte gausu sunkiųjų metalų, kurie gali neigiamai paveikti augalų augimą ir jų biokuro savybes.

IŠVADOS

1. Pavėsinių kiečio stiebų aukštis didėjo visais tyrimo metais tręšiant jį nuotekų dumblo kompostu. Pirmaisiais auginimo metais esminį padidėjimą vienodai efektyviai lėmė visos tirtosios nuotekų dumblo komposto normos, antraisiais – 20 t ha⁻¹ komposto, trečiaisiais – 80 t ha⁻¹ komposto norma (p < 0,05).

Sidų tręšimas nuotekų dumblo kompostu pirmaisiais augimo metais augalų aukščiui įtakos neturėjo. Antraisiais sidų derliaus nuėmimo metais (2014) visos nuotekų dumblo komposto normos esmingai didino aukštį (p < 0,05). Abiejų tirtųjų augalų aukštis visais tyrimo metais esmingai didėjo tręšiant N₉₀P₆₀K₉₀.

2. Pavėsinių kiečio pasėlio tankis pirmaisiais auginimo metais buvo nedidelis ir sudarė 5,4–6,4 stiebų m⁻². Antraisiais augimo metais jų tankumas padidėjo keliolika kartų ir beveik toks pats išliko trečiaisiais augimo metais. Tręšimas pavėsinių kiečio tankiui įtakos neturėjo (p > 0,05).

Sidų pasėlių tankumas pirmaisiais tyrimo metais buvo nedidelis ir sudarė vidutiniškai 3,9–5,9 stiebų m⁻². Antraisiais metais jis padidėjo 1,5–2,6 kartų, tačiau vis dar buvo žymiai mažesnis nei panašaus amžiaus pavėsinių kiečių tankumas. Didesnis tankumas buvo pirmaisiais metais, panaudojus sidų tręšimui didžiausią nuotekų dumblo komposto normą – 80 t ha⁻¹ (p < 0,05). Antraisiais metais sidų tankumas esmingai didėjo tik patręšus mineralinėmis trąšomis.

3. Atlikto tyrimo metu pirmaisiais auginimo metais kiečio sausųjų medžiagų derlius užaugo nedidelis ir buvo vidutiniškai 3,1–3,8 t ha⁻¹. Antraisiais metais, išsikerojus augalams, biomasės derlius padidėjo 2–3 kartus. Trečiaisiais auginimo metais pavėsinio kiečio sausųjų medžiagų biomasės derlius esmingai nepadidėjo ($p > 0,05$). Tręšimas nuotekų dumblo kompostu esmingai didino pavėsinio kiečio biomasės sausųjų medžiagų derlių tik trečiaisiais auginimo metais (20 ir 80 t ha⁻¹ komposto normos) ($p < 0,05$).

Sidų biomasės sausųjų medžiagų derlius pirmaisiais tyrimo metais buvo 2–9 kartus mažesnis, palyginti su pavėsinio kiečių pirmųjų metų derliumi, ir siekė tik 0,3–2,1 t ha⁻¹ biomasės sausųjų medžiagų. Antraisiais tyrimo metais derlius buvo dvigubai didesnis. Nuotekų dumblo kompostas turėjo teigiamą įtaką sidos sausųjų medžiagų derliui, tačiau padidėjimas buvo neesminis ($p > 0,05$). Abiejų tirtųjų augalų tręšimas mineralinėmis trąšomis esmingai didino jų sausųjų medžiagų biomasės derlių.

Gauta 2015 04 17

Priimta 2015 09 14

LITERATŪRA

- Borkowska H., Wardzinska K. 2003. Some effects of *Sida hermaphrodita* R. cultivations on sewage sludge. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 12. No. 1. P. 119–122.
- Būdžiuvienė J. 2006. Netradicinio žemės ūkio plėtra ekonominio pagrindimo kontekste. *Studentų mokslinės konferencijos „Jaunasis mokslininkas“ straipsnių rinkinys*. 6 p. [žiūrėta 2015-04-16]. Prieiga per internetą: http://jaunasis-mokslininkas.asu.lt/smk_2006/ekonomika/Budziuviene%20Jurgita.pdf
- Čekanavičius V., Murauskas G. 2003. *Statistika ir jos taikymai*. Vilnius: TEV. T. 1. 240 p.
- Dzenajavičienė E. F., Pedišius N., Škėma R. 2011. Darni bioenergetika. Iš: *Baltijos jūros regiono bioenergetikos skatinimo projekto leidinys*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 136 p.
- Ericsson K., Rosenqvist H., Ganko E., Pisarek M., Nilsson L. 2006. An agro-economic analysis of willow cultivation in Poland. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 30. No. 1. P. 16–27.
- Gruzdevienė E., Jankauskienė Z., Butkutė B., Duchovskis P., Brazaitytė A. 2014. Alternatyvių pluoštinių augalų agrobiologiniai ir cheminiai tyrimai Lietuvoje. *Agrariniai ir miškininkystės mokslai: naujausi tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai*: mokslinės konferencijos pranešimai. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras. Nr. 4. P. 85–87.
- Jakienė E., Liakas V., Klimas E., Bačkaitis J. 2013. *Energetinių žolinių ir sumedėjusių augalų auginimo technologijos*: mokomoji knyga. Akademija: Aleksandro Stulginskio universitetas. 199 p.
- Kacprzak M., Ociepa A., Bien J. 2010. The influence of soil fertilization on the amounts of ashes and contents of heavy metals in biomass ashes. *Archivum Combustionis*. Vol. 30. No. 3. P. 125–131.
- Kadžiulienė Ž., Kryževičienė A., Šarūnaitė L., Stukonis V., Šlepetytys J., Dabkevičius Z. 2012. Žolinių augalų ir miškų želdinių biomasės energetinėms reikmėms formavimosi dinamika per pirmuosius penkerius metus. *Mokslinės konferencijos „Agrariniai ir miškininkystės mokslai: naujausi tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai“ pranešimų rinkinys*. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras. Nr. 2. P. 89–91.
- Kadžiulienė Ž., Jasinskas A., Zinkevičius R., Makarevičienė V., Šarūnaitė L., Tilvikienė V., Šlepetytys J. 2014. *Miscanthus* biomass quality composition and methods of feedstock preparation for conversion into synthetic diesel fuel. *Žemdirbystė-Agriculture*. Vol. 101. No. 1. P. 27–34.
- Kanapeckas J., Lemežienė L., Butkutė B., Stukonis V. 2011. Evaluation of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) varieties and wild ecotypes as feedstock for biogas production. *Žemdirbystė-Agriculture*. Vol. 98. No. 2. P. 149–156.
- Kietoji biomasė. *Baltijos jūros regiono bioenergetikos skatinimo projektas*. 2009. 32 p. [žiūrėta 2015-04-16]. Prieiga per internetą: http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Bio.pdf
- Kryževičienė A., Žaltauskas A., Jasinskas A. 2005. Daugiamečių žolių auginimas ir panaudojimas biokurui. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1. P. 40–49.
- Kryževičienė A., Šarūnaitė L., Stukonis V., Dabkevičius Z., Kadžiulienė Ž. 2010. Assessment of perennial mugwort (*Artemisia vulgaris* L. and *Artemisia dubia* Wall.) potential for biofuel production. *Žemės ūkio mokslai*. Vol. 17. No. 1/2. P. 32–40.
- Kryževičienė A., Kadžiulienė Ž., Šarūnaitė L., Dabkevičius Z., Tilvikienė V., Šlepetytys J. 2011. Cultivation of *Miscanthus × giganteus* for biofuel and its tolerance of Lithuania's climate. *Žemdirbystė-Agriculture*. Vol. 98. No. 3. P. 267–274.
- Lemežienė N., Kanapeckas J., Butkutė B. 2009. Biodujų gamybai tinkamiausios paprastosios šunažolės (*Dactylis glomerata* L.) veislės, selekcinės linijos ir ekotipai. *Žemdirbystė-Agriculture*. Vol. 96. No. 3. P. 36–46.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007 m. sausio 25 d. įsakymas Nr. D1-57 „Dėl biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo aplinkosauginių reikalavimų patvirtinimo“. *Valstybės žinios*. 2007. Nr. 23-902; 2009. Nr. 88-3777.

18. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2001 m. birželio 28 d. įsakymas Nr. 349 „Dėl normatyvinio dokumento LAND 20-2001 ‘Nuotėkų dumblo naudojimo trešimui reikalavimai patvirtinimo’. *Valstybės žinios*. 2001. Nr. 61-2196; 2005. Nr. 142-5135; 2012. Nr. 15-673; 2012. Nr. 115-5840.
19. McKendry P. 2002. Energy production from biomass (part I): overview of biomass. *Bioresource Technology*. Vol. 83. No. 1. P. 37–46.
20. Mola-Yudego B., Gonzáles-Olabarria J. R. 2010. Mapping the expansion and distribution of willow plantations for bioenergy in Sweden: Lessons to be learned about the spread of energy crops. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 34. No. 4. P. 442–448.
21. Ostrowski J., Gutkowska A., Tusiński E. 2009. The role of water factor in modelling categorisation and evaluation of land usefulness for cultivation of energetic crops. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. Vol. 9. No. 28. P. 187–202.
22. Pažusis R., Rimeika M. 2010. Dumblo kompostavimo įrenginių efektyvumo tyrimai. *13-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos ciklo „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos „Pastatų inžinerinės sistemos“ straipsnių rinkinys*. Vilnius: VGTU. P. 76–79.
23. Radžiūtė M., Matusėvičiūtė A. 2010. Nuotėkų dumblo kompostu treštų dirvožemių fizikinė-cheminė charakteristika. *13-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos ciklo „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys*. Vilnius: VGTU. Nr. 5. P. 87–92.
24. Šarūnaitė L., Kadžiulienė Ž., Tilvikienė V., Lazauskas S. 2011. Daugiametės žolės bioenergetikai. *Baltijos jūros regiono bioenergetikos skatinimo projekto leidinys*. Akademijs, Kėdainių r. 9 p.
25. Šiaudinis G., Jasinskas A., Šlepetienė A., Karčiauskienė D. 2012. The evaluation of biomass and energy productivity of common mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) and cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) in Albeluvisol. *Žemdirbystė-Agriculture*. Vol. 99. No. 4. P. 357–362.
26. Tarakanovas P., Raudonius S. 2003. *Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT*. Akademijs. 57 p.
27. Tilvikienė V., Butkutė B., Dabkevičius Z., Kadžiulienė Ž., Kryževičienė A. 2009. Nendrinų eraičinų ir paprastųjų šunažolių biomasės kaita plaukėjimo bei žydėjimo tarpsniais. *Žemdirbystė-Agriculture*. T. 96. Nr. 2. P. 138–150.

Jelena Titova, Eugenija Bakšienė

THE INFLUENCE OF SEWAGE SLUDGE COMPOST ON THE GROWTH OF ENERGY PLANTS MUGWORT (*Artemisia dubia* Wall.) AND VIRGINIA FANPETALS (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby)

S u m m a r y

The article describes the research results of the nontraditional plants, mugwort (*Artemisia dubia* Wall.) and Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), grown for energy purposes in Lithuania. The investigation has been performed at the Vokė Branch of the Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. Perennial grasses were grown in light textured soil in the climatic zone of the southeastern region of Lithuania in 2012–2014.

Plants were fertilized with mineral fertilizers and sewage sludge compost under the scheme: control (unfertilized); $N_{90}P_{60}K_{90}$; 20, 40 and 80 t ha⁻¹ of dry sewage sludge compost.

The task of the research was to determine which fertilizer rate of sewage sludge compost significantly increases the yield and other indicators of mugwort and Virginia fanpetals.

In 2012 the stem height of unfertilized mugwort plants significantly ($p < 0.05$) differed from the stem height of plants fertilized with all rates, in 2013 with $N_{90}P_{60}K_{90}$ and 20 t ha⁻¹ of compost, in 2014 with $N_{90}P_{60}K_{90}$ and 80 t ha⁻¹ of compost. The stem density of mugwort was not dependent on the fertilizer rate ($p < 0.05$) (2012–2014). In 2013 the dry matter yield of unfertilized plants significantly ($p < 0.05$) differed from the dry matter yield of plants fertilized with $N_{90}P_{60}K_{90}$ in 2014 with $N_{90}P_{60}K_{90}$ and 20 and 80 t ha⁻¹ of compost.

In 2013 the stem height of unfertilized Virginia fanpetals plants significantly ($p < 0.05$) differed from the stem height of plants fertilized with $N_{90}P_{60}K_{90}$, in 2014 with all rates. In 2013 the stem density of unfertilized plants significantly ($p < 0.05$) differed from the stem density of plants fertilized with 80 t ha⁻¹ of compost, in 2014 with the $N_{90}P_{60}K_{90}$ fertilizer rate. The dry matter yield of unfertilized Virginia fanpetals plants significantly ($p < 0.05$) differed from the dry matter yield of plants fertilized with the $N_{90}P_{60}K_{90}$ fertilizer rate (2013, 2014).

Key words: energy crops, *Sida hermaphrodita*, *Artemisia dubia*, sewage sludge compost