
Vandenvalos nuotėkų nuosėdų skleidimo būdų įtaka gluosnių energiniams želdiniams išekspluotuojuose durpynuose

A. Gradeckas

Lietuvos miškų institutas,
Liepų g. 1, LT-4362,
Girionys, Kauno r., Lietuva

Išekspluotuojuose durpynuose skleidžiant leistiną nuotėkų nuosėdų kiekį iki 100–400 t/ha sausos medžiagos (s. m.), į suformuojamas derlingas dirvožemio sluoksnis, tinkamas gluosniams augti. Tačiau paskleistas nuotėkų nuosėdų sluoksnis šaknų zonoje yra nepakankamas gerai gluosniams augti, nes durpė yra nederlinga, dažnai rūgščios reakcijos ir užmirkusi. Siekiant nustatyti optimalią energinių želdinių augimui nuotėkų nuosėdų skleidimo technologiją, eksperimentas įrengtas išekspluotuojuose durpyne, kuriame įveisti *Salix viminalis* 'americana' želdiniai, tręšiant 250 t/ha s. m.

Tinkamiausias nuotėkų nuosėdų skleidimo būdas durpiniuose dirvožemiuose yra jų bėrimas volais: sudaromas dirbtinis labai derlingas dirvožemio horizontas ir išsprendžiama sodinimo vietos nusausinimo problema. Dėl to smarkiai padidėja šaknų ir antžeminės dalies biomasė – 50%. Nuotėkų nuosėdas įterpus, giliau vystosi šaknų sistema ir gaunamas 17% didesnis antžeminės dalies biomasės prieaugis antraisiais metais. Tačiau pirmaisiais metais prigyjant menkos šaknys sunkiau pasiekia įterptas nuosėdas, todėl antžeminė gluosnių dalis auga lėčiau. Nuotėkų nuosėdas išbėrus durpės paviršiuje, formuojasi paviršinė sekli šaknų sistema, neigiamai atsiliepianti antžeminės dalies augimui ir biomasės prieaugiui antraisiais metais.

Raktažodžiai: išekspluotuoti durpynai, nuotėkų nuosėdos, energiniai želdiniai

IVADAS

Trumpos apyvartos želdinių kaip biofiltrų naudojimo kryptis yra nauja ir aktuali ne tik Lietuvoje – ji plačiai pradėta propaguoti užsienio šalyse. Miestų nuotėkų valymo įrenginiuose susidarančių nuosėdų utilizavimas tapo viena iš svarbiausių šių dienų ekologinių problemų. Nuosėdas utilizuojant kaip trąšas energiniams želdiniams, išauginama biomasė kuriai ir mediena įvairios paskirties produkcijai. Toks nuotėkų nuosėdų utilizavimo būdas daugelyje šalių pripažintas kaip vienas perspektyviausių ir pigiausių.

Tręšimo svarbą energinių želdinių biomasės produktyvumui rodo daugelis atliktų tyrimų. Ypač reikšmingas šiuo požiūriu yra nuotėkų nuosėdų kaip alternatyvių trąšų naudojimas [8], ilgam laikui padidinantis dirvožemio derlingumą ir auginamų želdinių biomasės prieaugį.

Neigiama nuotėkų nuosėdų kaip trąšų savybė ta, kad jose yra nemažai sunkiųjų metalų, jos turi blogą kvapą, gali būti užterštos ligas sukeliančiais helmintais ir bakterijomis. Atsižvelgiant į tai, priklausomai nuo nuotėkų nuosėdų išskyrimo technologijos ir

gaunamų įvairių jų frakcijų jos turi būti paskleidžiamos plantacijose tinkamu būdu ekologiškai nepavojingomis dozėmis [5]. Didžiojoje Britanijoje galiojanti nuotėkų nuosėdų naudojimo tręšimui taisyklė [7, 1] reikalauja, kad natūralios nusausintos nuotėkų nuosėdos būtų įterpiamos į dirvožemį, norint sumažinti stiprų blogą kvapą. Ilgiau kompostuotos nuotėkų nuosėdos gali būti paskleistos dirvos paviršiuje. Pakartotinai tręšiant želdinius nerekomenduojama nuotėkų nuosėdas įterpti į dirvožemį, nes pažeidžiamos gausios paviršinės gluosnių šaknys, todėl ko gali sumažėti biomasės prieaugis [5].

Lietuvoje skystų nuotėkų naudojimas miškams tręšti XX a. septintajame dešimtmetyje buvo tirtas Lietuvos vandens ūkio institute (Kėdainiai, Vilainiai). Želdinių drėkinimas arba laistymas nuotėkomis, kuris taip pat plačiai propaguojamas užsienio šalyse, labiau tinka utilizuojant mažų miestelių ir gyvenviečių sunkiaisiais metalais neužterštas vandenvalos nuotėkas, atsižvelgiant į sanitarijos-higienos reikalavimus.

Ekologiniu-ekonominiu požiūriu šiuo metu aktualiausias nusausintų vandenvalos nuotėkų nuosėdų utilizavimas, kurių dideli kiekiai išskiriami ir kau-

piami miestų vandenvalos įmonėse. Šių nuosėdų utilizavimas, auginant trumpos apyvartos želdinius, gamybiniu mastu pradėtas bendrovėje „Kauno vandenys“. Jos užsakymu atlikti [3] kompleksiniai želdinių auginimo ir aplinkosauginiai tyrimai (1991–1996). Kauno vandenvalos įmonei, kurioje per metus sukaupiama apie 15 tūkst. tonų nusausintų nuotėkų nuosėdų, priimtinausias koncentruotas jų utilizavimo būdas specialiai užveistuose trumpos apyvartos želdiniuose išekspluatuotuose durpnyuose, naudojant maksimalias leistinas tręšimo dozes 100–400 t/ha sausųjų medžiagų (s. m.) [2, 4].

Durpiniai dirvožemiai, utilizuojant nuotėkų nuosėdas, pasižymi geriausiomis sunkiųjų metalų sorbcinėmis savybėmis, sulauko jų skverbimąsi į gruntinius vandenius, tačiau yra nederlingi, dažnai užmirkę ir rūgščios reakcijos. Durpių paviršiuje net ir paskleidžiant maksimalų leistiną nuotėkų nuosėdų kiekį (iki 250 t/ha s. m.) sudaromas tik iki 10 cm sluoksnis, kuris yra per mažas reikiamam energinių želdinių biomasės produktyvumui gauti. Todėl aktualu ieškoti optimaliausių energinių želdinių auginimo ir tręšimo technologijų.

Darbo tikslas – nustatyti optimalų nuotėkų nuosėdų skleidimo būdą, kuris turi būti derinamas su želdinių veisimo ir priežiūros technologija.

METODIKA

Nuotėkų nuosėdų skleidimo būdų optimizavimo bandymas įrengtas 0,1 ha ploto SP UAB „Kauno vandenys“ vandenvalos cecho dumblo (nuotėkų nuosėdų) kompostavimo aikštelės teritorijoje esančiame išekspluatuotame durpnyne su 0,5 m durpės sluoksniu (Zapyškyje, 1997 m.), kuriame užveisti *S. viminalis* ‘americana’ želdiniai. Prieš veisiant želdinius nuotėkų nuosėdos paskleistos šiais variantais:

- 1) paskleistos ištisai ir įterptos į dirvožemį, sukasant kastuvu – kontrolinis variantas,
- 2) paskleistos ištisai dirvos paviršiuje,
- 3) išbertos volais.

Gluosniai papildomai užveisti netręštame durpinyje dirvožemyje, kuriame augo labai blogai, todėl netikslinga lyginti kitus variantus su šiuo variantu.

Kiekvienas bandymo variantas įrengtas su keturiais atsitiktinai išdėstytais pakartojimais po 50–70 vnt. krūmų. Pasibaigus vegetacijai, matuoti ir vertinti šie pagrindiniai augimo rodikliai: krūmų stiebų aukštis, skersmuo 50 cm aukštyje, ūglių skaičius krūme. Nuotėkų nuosėdų skleidimo būdų ir variantų pakartojimų įtaka gluosnių augimui įvertinta atliekant dispersinę analizę pagal kompiuterinės programos „Statistica“ ANOVA/MANOVA versiją. Antžeminės dalies augimo rodiklių skirtumo esmė tarp variantų įvertinta pagal Stjudento kriterijų (t).

Variantams palyginti svarbiausias apibendrinantis rodiklis yra ūglių s. m. biomasė viename hektare. Antžeminės dalies, taip pat šaknų biomasei nustatyti iš kiekvieno bandymo varianto atrinkta po 3 vidutinius modelinius krūmus. Pasverta stiebų (be lapų) biomasė perskaičiuota į s. m. masę viename hektare pagal išsilaikiusių krūmų skaičių ir gluosnių stiebų absoliučiai sausos medžiagos koeficientą [6]: pirmų metų ūglių $k = 0,48$, antrų metų stiebų $k = 0,50$.

Šaknų vystymąsi priklausomai nuo nuotėkų nuosėdų paskleidimo būdo tyrė I. Rachtejenkas ir B. Jakuševas [9] monolito (bloko) metodu. Išimtame dirvožemio bloke pasveriami esamoji šaknų dalis, pagal kurią, atsižvelgiant į krūmo maitinimo plotą, nustatoma bendra šaknų masė. Detalesniam šaknų išsidėstymui apibūdinti dirvožemio blokai paimti keturiais kryptimis 10 cm storio sluoksniais. Blokų aukštis atitinka šaknų prasiskverbimo į gruntą gylį, horizontalūs parametrai (ilgis ir plotis) – gluosnių sodinimo vietų išdėstymo atstumus tarp eilių ir eilėse. Iškastos šaknys nuo žemės atskirtos sijojant. Po to jos nuplautos ir suskirstytos pagal storį į 2 frakcijas:

- 1) smulkias (veikliausias) – iki 1 mm;
- 2) stambias (skeletines ir pusiau skeletines) – didesnio kaip 1 mm storio.

Laboratorinėmis sąlygomis šaknys išdžiovintos iki orausaus būklės ir pasvertos.

REZULTATAI

Bandymo variantuose priklausomai nuo nuotėkų nuosėdų paskleidimo būdo susidarė skirtingos gluosnių augimo sąlygos. Dispersinės analizės rezultatai (1 lentelė) parodė, kad nuotėkų nuosėdų paskleidimo būdo įtaka pirmųjų metų gluosnių energiniams želdiniams pagal visus tirtus augimo rodiklius yra esminė su beveik 100% tikimybe (patikimumo lygis $p < 0,001$). Variantų pakartojimo įtaka yra mažesnė, tačiau taip pat esminė pagal stiebų aukštį ir stiebų skaičių krūme (patikimumo lygis $p < 0,01$). Rezultatų patikimumui didelę reikšmę turėjo variantai su keturiais atsitiktinai išdėstytais pakartojimais.

Šaknų vystymosi tyrimų rezultatai akivaizdžiai parodė bandymo variantuose sudarytas skirtingas dirvožemio sąlygas. Suformuotas nevienodas nuotėkų nuosėdų sluoksnio storis bei jo paskleidimas nulėmė skirtingą šaknų prasiskverbimo į gruntą gylį, jų išsivystymo laipsnį ir išsidėstymą skirtinguose horizontuose, kas turėjo esminę įtaką gluosnių antžeminės dalies augimui ir biomasės prieaugiui.

Nuotėkų nuosėdas paskleidus dirvos paviršiuje (kontrolė), gluosniai išaugino paviršinę šaknų sistemą (2 lentelė, 1 pav.): šaknų prasiskverbimo į gruntą gylis pirmaisiais metais buvo iki 20 cm. Šaknys šiame variante, palyginti su kitais nuotėkų nuosėdo-

1 lentelė. Nuotėkų nuosėdų skleidimo būdų ir variantų pakartojimų įtaka gluosnių augimui
Table 1. Influence of sludge spreading way and repeating of variants on the growth of willow

Augimo rodikliai	Įtaką darantys veiksniai	Laisvės laipsniai (DF)	Kvadratų suma (SS)	Fišerio kriterijus (F)	Patikimumo lygis (p)
Stiebų aukštis	Skleidimo būdas	2	43401,8	59,0	0,000000
	Varianto pakartojimas	3	2995,7	4,1	0,006947
	Būdas x pakartojimas	6	2871,8	3,9	0,000752
	Atsitiktiniai veiksniai	762	735,4369		
Stiebų skersmuo	Skleidimo būdas	2	40,4	14,5	0,000001
	Varianto pakartojimas	3	7,16	2,6	0,053032
	Būdas x pakartojimas	6	5,0	1,8	0,099543
	Atsitiktiniai veiksniai	762	2,8		
Stiebų skaičius krūme	Skleidimo būdas	2	13,0	27,6	0,000000
	Varianto pakartojimas	3	2,1	4,4	0,004631
	Būdas x pakartojimas	6	0,7	1,4	0,210167
	Atsitiktiniai veiksniai	400	0,5		

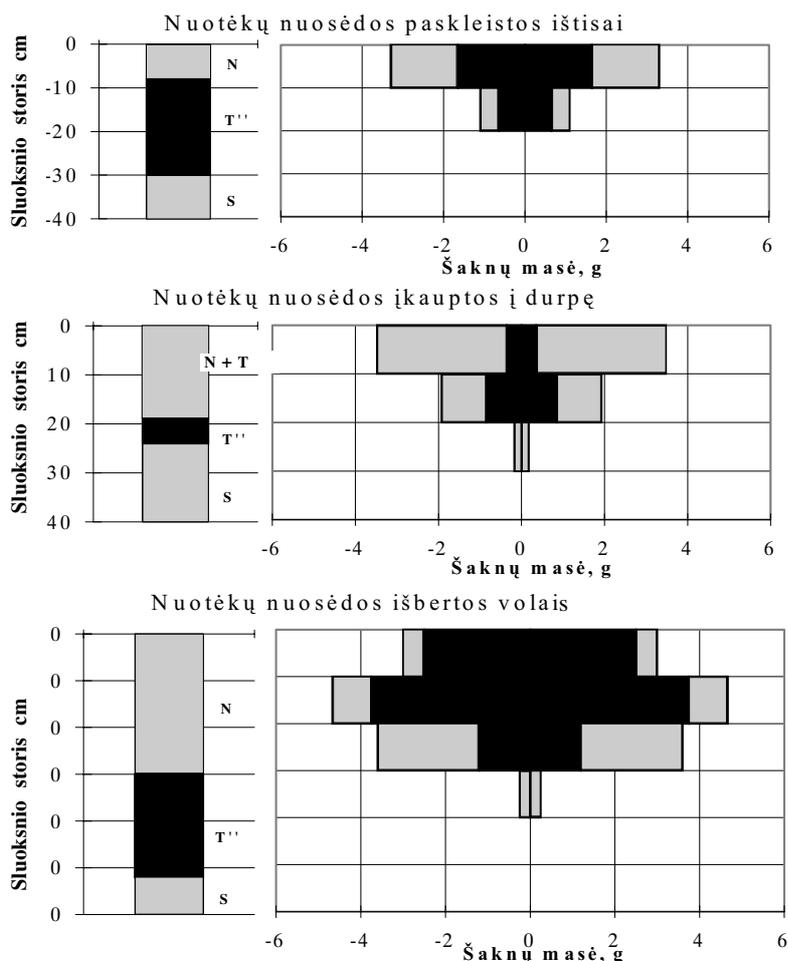
2 lentelė. *Salix viminalis* šaknų formavimasis priklausomai nuo nuotėkų nuosėdų skleidimo būdo išekspluatuotame durpynė
Table 2. Development of roots of *S. viminalis* depending on wastewater sludge spreading way

Nuotėkų nuosėdų skleidimo būdas	Krūmų šaknų amžius m.	Gylis cm	Vieno krūmo šaknų orasausė masė g				
			stambių	smulkių	iš viso	%	% nuo kontrolės
Paskleistos dirvos paviršiuje ištisai (kontrolė)	1/1	0–10	3,3	3,3	6,6	75	
		10–20	1,3	0,9	2,2	25	
	iš viso %			4,6 52	4,2 48	8,8 100	100
Įterptos į dirvą	1/1	0–10	0,70	6,25	6,95	62	
		10–20	1,70	2,15	3,85	35	
	20–30		0,35	0,35	3		
iš viso %			2,4 22	8,75 78	11,15 100	100	127
Išbertos volais (105 x 30 cm, kas 3 m)	1/1	0–10	5,00	1,00	6,00	26	
		10–20	7,50	1,84	9,34	41	
	20–30	2,40	4,80	7,2	31		
	30–40	–	0,50	0,5	2		
iš viso %			14,90 65	8,14 35	23,04 100	100	262
Netręšta	1/1	0–10	–	1,64	1,64	80	
		10–20	–	0,40	0,40	20	
	iš viso %			– 100	2,04 100	2,04 100	100

mis tręštais variantais, išsivysčiusios blogiausiai. Pagrindinė šaknų masė (75%) susikaupusi paviršiniame 10 cm storio dirvos sluoksnyje, kurio 6 cm sudaro paskleistos nuotėkų nuosėdos. Šios dirvožemio sąlygos buvo patenkinamos tik pirmųjų metų želdinių augimui ir biomasės prieaugiui (3 lentelė, 2 pav.), kol šaknys sutilpo paviršiniame nuotėkų nuosėdų sluoksnyje. Antraisiais metais biomasės prieaugis šia-

me variante buvo mažiausias, todėl mažiausia ir sukaupta biomasė per dvejus metus.

Nuotėkų nuosėdas įterpus į dirvą, palyginti su kontrole, padidėjo šaknų prasiskverbimo gylis (iki 30 cm), vieno krūmo šaknų masė (27%), šaknų masės santykinė dalis gilesniame 10–20 cm horizonte, (iki 35%) ir smulkių šaknų santykinė dalis (iki 78%). Tačiau gyvakuoliams esant išsišaknijimo stadijoje, di-



N – nuotėkų nuosėdos, T – durpės, N + T – nuotėkų nuosėdos įterptos į durpes, S – smėlis

■ Šaknys storesnės kaip 1 mm □ Šaknys iki 1 mm

1 pav. *Salix viminalis* šaknų formavimasis priklausomai nuo nuotėkų nuosėdų sklaidymo būdo

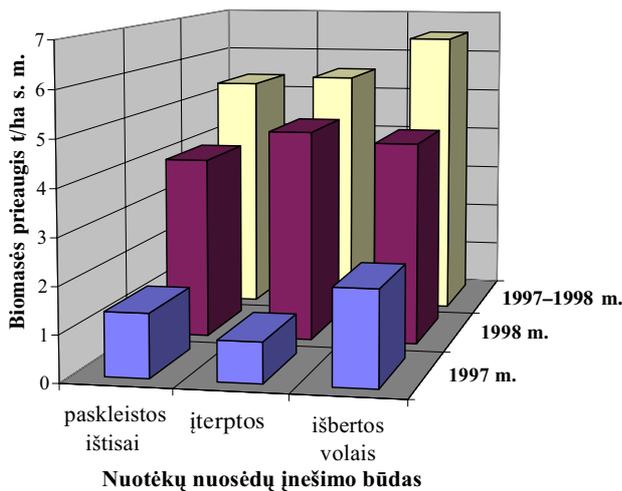
Fig. 1. Development of roots of *S.viminalis* depending on the way of wastewater sludge spreading

džioji dalis visame dirvos paviršiuje ištaisai paskleistų ir įterptų nuotėkų nuosėdų dar buvo nepasiekiamos menkai išsivysčiusiems šaknims. Dėl to visi antžeminės dalies augimo parametrai (3 lentelė) buvo mažesni negu kontrolinio varianto, o sukaupta biomasė mažesnė 36%. Vis dėlto pirmaisiais metais suformuotos gilesnės šaknų sistemos nulėmė didžiausią biomasės prieaugį antraisiais metais, 17% viršijusį kontrolinį variantą, kuriame nuotėkų nuosėdos paskleistos dirvos paviršiuje. Visi šie duomenys rodo, kad nuotėkų nuosėdų įterpimas yra palankus gluosnių šaknims ir antžemeinei daliai augti.

Geriausios sąlygos gluosnių šaknims ir antžemeinei daliai augti susidarė nuotėkų nuosėdas išberiant 105 cm pločio ir 30 cm aukščio volais kas 3 m, kur eilėmis pasodinti želdiniai (2 lentelė, 1 pav.). Šiame variante pirmaisiais metais gluosnių šaknys išsidės-

3 lentelė. *Salix viminalis* stiebų augimas priklausomai nuo nuotėkų nuosėdų sklaidymo būdo išeksploatuotame durpynė
Table 3. The growth of stem of *S. viminalis* depending on wastewater sludge spreading way in exhausted peatbog

Nuotėkų nuosėdų paskleidimo būdas	Stiebių aukštis			Stiebių skersmuo 50 cm aukštyje			Stiebių sausos biomasės prieaugis					
	M ± m cm	t	%	M ± m vnt.	t	%	1997 m. t/ha	1997 m. %	1998 m. t/ha	1998 m. %	iš viso t/ha	iš viso %
Paskleistos ištaisai	202,0 ± 1,9	-	100	1,8 ± 0,1	-	100	1,37	100	4,0	100	5,37	100
Paskleistos ištaisai ir įterptos	198,7 ± 1,7	1,3	98	1,6 ± 0,0	2,5	89	0,87	64	4,68	117	5,55	104
Išbertos volais	223,0 ± 1,8	7,9	110	2,2 ± 0,2	4,6	122	2,05	150	4,47	112	6,52	121
Netręšta	77,4 ± 2,0	44,7	38	1,1 ± 0,1	8,5	61	0,04	6	0,06	2	0,1	2



2 pav. *Salix viminalis* stiebų biomasės prieaugis priklauso nuo nuotėkų nuosėdų skleidimo būdo išekspluatuotame durpyne

Fig. 2. Biomass production of *S. viminalis* stems depending on the way of sludge spreading in exhausted peatbog

čiusios visame volo storyje ir dar 10 cm išsiskverbė į dirvožemį. Bendras šaknų prasiskverbimo gylis didžiausias – 40 cm, jų masė buvo 2,6 karto didesnė negu kontroliniame variante. Pagrindinė šaknų masė (98%) pirmaisiais metais išsidėstė 30 cm storio nuotėkų nuosėdų vole ir tik 2% smulkių šaknų prasiskverbė į durpinį horizontą. Gluosniai buvo maksimaliai aprūpinti maisto medžiagomis. Todėl pirmaisiais metais iš esmės padidėjo stiebų aukštis (10%, $t = 7,9$), skersmuo (8%, $t = 45$), stiebų skaičius krūme (22%, $t = 4,6$) ir sukaupta biomasė (50%) (3 lentelė, 2 pav.). Šiame variante sukaupta biomasė per dvejus metus taip pat išliko didžiausia ir 21% viršijo kontrolinį variantą, nors antraisiais augimo metais skirtingi nuotėkų nuosėdų paskleidimo būdai, pakankamai susiformavus gluosnių šaknims, turėjo mažiau įtakos gluosnių augimui.

Apie tręšimo nuotėkų nuosėdomis efektyvumą galima spręsti iš gluosnių augimo netręštame (Nr. 4) variante (3 lentelė). Jame stiebų aukštis ir skersmuo atitinkamai sudarė 38 ir 27%, o sukaupta biomasė tik 6%, palyginti su kontroliniu variantu.

DISKUSIJA

Nustatant optimalų nuotėkų nuosėdų skleidimo būdą, siekiama sudaryti palankias sąlygas pasodintiems augalams augti, neviršijant tręšimo nuotėkų nuosėdomis leistinų normų. Netręštame durpiniame dirvožemyje gluosniai auga labai blogai, jiems auginti iš utilizuojamų nuotėkų nuosėdų turi būti sudarytas turtingas maisto medžiagų dirbtinis dirvožemio sluoksnis.

Nuotėkų nuosėdų skleidimas durpės paviršiuje yra patogiausias technologiniu ir tinkamas gamtosauginiu požiūriu, tačiau suformuotas plonas (iki 10 cm) nuosėdų sluoksnis yra nepakankamas gluosnių šaknims augti. Todėl gluosniai patenkinamai auga tik pirmaisiais metais, tačiau neefektyviai išsivina didžioji dalis nuotėkų nuosėdų, esančių tarpueiliuose, nes jų nepasiekia gluosnių šaknys. Suformuota paviršinė sekli šaknų sistema neigiamai atsiliepia antžeminės dalies augimui antraisiais metais.

Nuotėkų nuosėdas įterpus, vystosi gilesnė šaknų sistema, todėl antžeminė dalis sparčiau auga antraisiais metais. Tačiau pirmaisiais metais gyvakuoliams esant išsišaknijimo stadijoje didžioji dalis visame dirvos paviršiuje ištisai paskleistų ir įterptų nuotėkų nuosėdų menkai išsivysčiusioms šaknims yra nepasiekiamos, o tai neigiamai atsiliepia gluosnių antžeminės dalies augimui ir biomasės prieaugiui.

Nuotėkų nuosėdas išberiant volais, juose pirmaisiais metais sutelpa pagrindinė gluosnių šaknų dalis. Tokiu būdu maisto medžiagos sukonzentruojamos šaknų zonoje, todėl jomis maksimaliai aprūpinami užveisti želdiniai. Jau pirmaisiais metais dėl smarkiai padidėjusios šaknų biomasės sparčiau auga antžeminė dalis, greičiau išvengiama žolinės augalijos konkurencijos. Šį nuotėkų nuosėdų skleidimo būdą galima vertinti kaip efektyvią agrotechninę startinio tręšimo priemonę.

Rekomenduojamas nuotėkų nuosėdų skleidimo volais būdas gamybiniuose želdiniuose nesunkiai gali būti derinamas su želdinių veisimo ir agrotechninės priežiūros technologija: prieš veisiant želdinius, nuotėkų nuosėdos išberiamos įdirbtos dirvos paviršiuje juostomis kas 4 m. Jose eilėmis užveisiami želdiniai. Jų tarpueiliai pirmaisiais metais kultivuojami plūgais: su durpėmis sumaišytas nuotėkų nuosėdų sluoksnis suverčiamas į abi eilės puses, suformuojami stambūs pakilimai. Tarpueiliuose susidarę grioveliai atstoja drenažo sistemą, o tai ypač aktualu tuose plotuose, kur yra aukštas gruntinio vandens lygis. Atsižvelgiant į naudojamų mechanizmų technologinius reikalavimus, tarpueilių plotis padidintas nuo 3 m iki 4 m. Didėjant tarpueilių pločiui, atitinkamai padidėja volo sluoksnis, todėl šis nuotėkų nuosėdų skleidimo būdas želdinių auginimui tampa dar efektyvesnis.

IŠVADOS

Netręštame durpiniame dirvožemyje gluosniai auga labai blogai, jiems auginti iš utilizuojamų nuotėkų nuosėdų turi būti sudarytas turtingas maisto medžiagų dirbtinis dirvožemio sluoksnis, kuriame turi tilpti kultivuojamų augalų šaknys.

Nuotėkų nuosėdų skleidimas durpių paviršiuje nepalankus gluosnių šaknims vystytis. Suformuota paviršinė sekli šaknų sistema neigiamai atsiliepia ant-

žeminės dalies augimui ir biomasės prieaugiui ant-raisiais metais.

Nuotėkų nuosėdas įterpus į durpes, vystosi gilesnė šaknų sistema, dėl to sparčiau auga antžeminė dalis antraisiais metais, tačiau pirmaisiais metais, gyvakuoliams išsišaknijant tai gluosniam augti nepalanku.

Durpiniuose dirvožemiuose tinkamiausias nuotėkų nuosėdų skleidimo būdas yra jų bėrimas volais. Šitaip maisto mežiagos sukonzentruojamos šaknų zonoje, todėl jomis maksimaliai aprūpinami užveisti želdiniai, išsprendžiama sodinimo vietos nusausinimo problema. Jau pirmaisiais metais dėl smarkiai padidėjusios šaknų biomasės 50% sparčiau auga antžeminė dalis, greičiau išvengiama žolinės augalijos konkurencijos. Šį nuotėkų nuosėdų skleidimo būdą galima vertinti kaip efektyvią agrotechninę startinio tręšimo priemonę.

Gauta
2001 09 10

Literatūra

1. CEC (Commission of the European Communities), Council Directive of May 1991 concerning urban waste water treatment 9911271 IEEC). *Official Journal of the European Communities* 1991a, No. L 135/40–52.
2. Diliūnas J., Jagminas E., Kaminskas M., Čiužius G., Bajorinas V. Hidrogeologiniai nuotėkų dumblo panaudojimo išeksploatuotų durpynų rekultivavimui aspektai. *Geologija*. 1998. T. XXIII, p. 148–157.
3. Gradeckas A., Diliūnas J. ir kt. *Kauno vandenvalos įmonės dumblo panaudojimo miškų ūkyje galimybių tyrimas. 1996 m. mokslinė ataskaita*. Kaunas–Girionys, 1996. 196 p.
4. *Nuotėkų dumblo naudojimo normos*. 1996. LAND 20–96.
5. Riddell-Black D. Sewage sludge as a fertiliser for short rotation energy coppice. Aronsson P., Perttu K. L. *Willow vegetation filters for municipal wastewaters and sludges. 1994. A biological purification system. Proceedings of a study tour, conference and workshop in Sweden, 5–10 June 1994*. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. P. 91–111.
6. Sennerby-Forsse L. Silvicultural effects on wood characteristics in biomass plantations. *Proceedings Improvement of Feedstock Quality*. 1989. P. 29–33. IEA/BA Task 5 Workshop, June, 1989, Toronto, Canada. Inform Rep 89: 2. Univ. of Toronto.
7. *SI (UK Statutory Instrument)*, The Sludge (Use in Agriculture) Regulations 1989 Statutory Instrument, No.1263, AMSO, London. 1989.
8. Tuozet G. Treatment of site and crop. Hummel, F. C., Palz, W., Grassi, G. *Biomass Forestry in Europe: A Strategy for the Future*. Elsevier, London. 1988.
9. Рахтеенко И. Н., Якушев Б. И. *Комплексный метод исследования корневых систем растений. Методы изучения продуктивности корневых систем и организмов ризосферы*. Ленинград. 1968.

Audrius Gradeckas

EFFECTS OF THE WAY OF WASTEWATER SLUDGE SPREADING ON WILLOW ENERGY FORESTS IN EXHAUSTED PEATLANDS

S u m m a r y

On exhausted peatlands, after fertilization with ecologically-economically acceptable doses of wastewater sludge (up to – 100–400 t/ha dm) is created a fertile layer of soil suitable for development of willow roots. However, the spread wastewater sludge layer is insufficient for a good growth of willow roots and stems, because peat is infertile, often of acid reaction. To determine on optimal technology of wastewater sludge spreading for energy forests, an experiment was carried out on an exhausted peatland, utilising 250 t/ha dm of sludge, where *Salix viminalis* ‘Americana’ was planted.

The best way of spreading is to pile wastewater sludge in banks (at a distance of 3–4 m). Under the effect of accumulation of wastewater sludge in the willow rhizosphere the biomass of the root system and stems increases very significantly (by 50%). Ploughing of wastewater sludge stimulates the development of a deeper root system. However, bigger biomass production (17%) of the stems is noticeable only in the second year after planting. In the first year, when cuttings are in the stage of rooting, the bigger part of spread and ploughed up wastewater sludge is not available for small roots, and stem biomass productivity is low. Sludge spreading directly entirely on the surface of peat is most unfavourable for development of willow roots and lowers biomass production in the second year.

Key words: exhausted peatlands, wastewater sludge, short rotation forests