

AUGSNES IELABOŠANA SKUJKOKU JAUNAUDZĒ AR BIOGĀZES FERMENTĀCIJAS UN KOKSNES KOĢENERĀCIJAS RAŽOŠANAS ATLIEKU – DIGESTĀTA UN KOKSNES PELNU – MAISĪJUMU

SOIL AMENDMENT IN YOUNG CONIFERS WITH BIOGAS FERMENTATION AND WOOD COGENERATION PRODUCTION RESIDUE - DIGESTATE AND WOOD ASH MIXTURE

Austra Zuševica¹, Aleksandrs Adamovičs², Kārlis Dūmiņš¹, Viktorija Vendiņa¹, Samanta Līva Avota², Dagnija Lazdiņa¹

¹Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", ²Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
austra.zusevica@silava.lv

Abstract. *The use of biological by-products for soil improvement corresponds to circular economy and also contributes to longer and slower supply of nutrients to the soil necessary for tree plantations in natural ecosystems. The authors tested the effects of different proportions of wood ash and biogas digestate mixtures on growth parameters of Scots pine *Pinus sylvestris*, as well as understory vegetation. The results show that more than two growing seasons are rto assess the effect of soil amendment on slow-growing woody plants. The negative effects of fertilization on understory vegetation were not observed.*

Key words: *by-products, Scots pine, vegetation, primary productivity.*

Ievads

Bioloģiskie ražošanas blakusprodukti var tikt atkārtoti izmantoti, piemēram, augsnes ielabošanai, jo tie satur augu augšanai nepieciešamās barības vielas [1]. Šī prakse vienlaikus veicina atkritumu produktu valorizāciju, tos iekļaujot atpakaļ ekonomikā un samazinot atkarību no minerālmēslu iegādes un izmantošanas, kā arī atrisina problēmu ar to utilizēšanu. Organisko blakusproduktu izmantošana ir pazīstama prakse lauksaimniecībā, taču pasaulē pieaugošā organisko blakusproduktu daudzuma dēļ ir svarīgi apzināt tās saimniecības nozares, kurās iespējams efektīvi izmantot šos blakusproduktus. Enerģētikas rūpnīcās, kurās galvenais ražošanas produkts ir bioloģiskas izcelsmes, ražošanas procesā veidojas liels apjoms ar bioloģiskajiem blakusproduktiem [2], ko pēcāk iespējams izmantot mēslojuma ražošanā.

Iepriekš veiktie pētījumi apliecina, ka augsnes ielabošana mežā hemiboreālajā zonā var pozitīvi ietekmēt gan mežaudzes krāju, gan koku saglabāšanos [3]. Taču jāņem vērā, ka mežaudžu mēslošana tiek pretrunīgi vērtēta, jo šajā procesā norisinās papildu barības vielu ienese ekosistēmās, kas var ietekmēt citas sastopamās augu sugas. Meža minerālajās augsnēs konstatējams gan nepietiekamu makroelementu (N, P, K), gan mikroelementu (Br, Si) saturs, kā arī zems pH [4]. Iepriekš minētos elementus satur biogāzes ražošanas procesa veidotais digestāts (N, P, K) un koksnes koģenerācijas ražošanā radušies koksnes pelni (K, P, Mn, Br, Cr, Zn), turklāt koksnes pelnus ir iespējams izmantot kā kaļķošanas līdzekli skābās augsnēs. Lai gan šāds kombinēts mēslojums teorētiski palīdzētu uzlabot gan augsnes auglību, gan reakciju, pētījumi liecina, ka augsnes ielabošana ar kaļķošanas līdzekli var veicināt N mineralizāciju [5]. Šī darba mērķis bija novērtēt dažādas proporcijas koksnes pelnu un kūtsmēslu digestāta maisījuma ietekmi uz parastās priedes augšanas parametriem un mežaudzes ekosistēmu, vērtējot zemsedzes veģetācijas sugu sastāvu un kompozīciju. Pētījumā tika izvirzīta šāda hipotēze – mēslojums pozitīvi ietekmēs priedes augšanas parametrus, vienlaikus veicinot nitrofilu un ruderālu sugu dominanci zemsedzē.

Materiāli un metodes

Mežaudzes augsnes ielabošanai laboratorijas apstākļos tiks sagatavoti maisījumi dažādās proporcijās, izmantojot koksnes pelnus no biomasas koģenerācijas stacijas "Gren Latvija" un liellopu kūtsmēslu digestātu no SIA "Ziedi JP" (1. tabula).

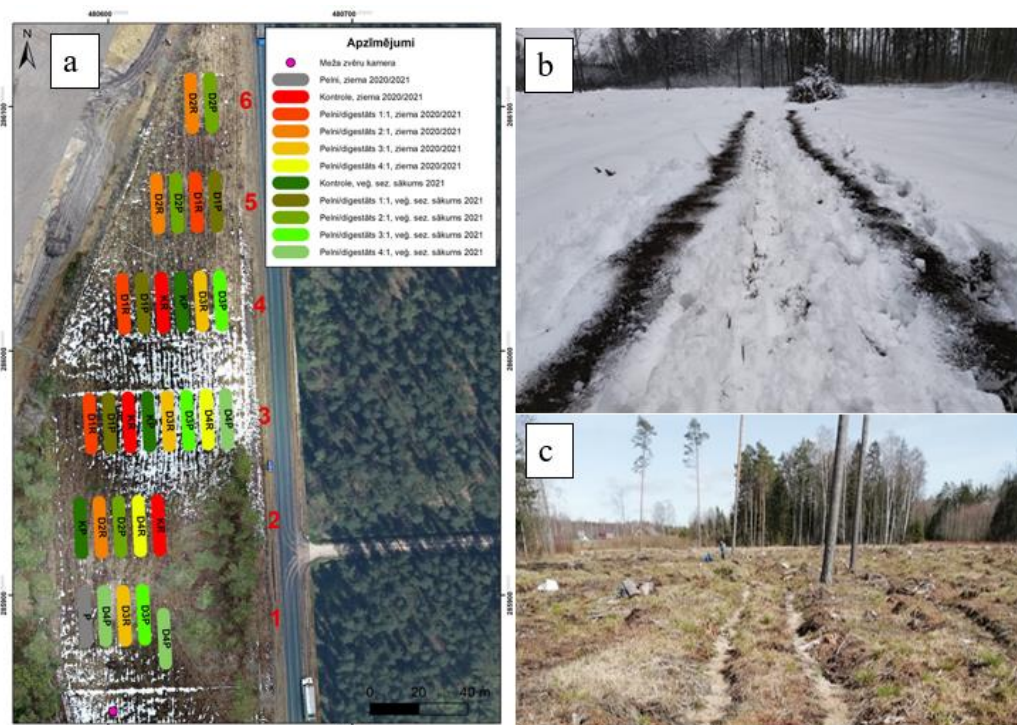
Pētījumam izvēlējās trīs "Meža pētīšanas stacijas" Jelgavas reģiona šaurlapju āreņa audzes, kur mežaudze atjaunota ar parastās priedes *Pinus sylvestris* ietvarstādiem un augsnes sagatavošana veikta ar disku arklū. Augsnes tips audzēs – meliorēta minerālās podzola augsnes. Augsnes ielabošana kokaudzēs veikta vienu sezonu pēc stādījuma atjaunošanas, to ielabojot rudens un pavasara sezonā. Pamatojoties uz iepriekš veiktajiem izmēģinājumiem kontrolētos apstākļos, mēslojumu izmantoja četrās dažādās devu grupās (pēc masas attiecības pelni:digestāts – 1:1; 2:1; 3:1; 4:1), kā arī tika

izveidota pavasara un rudens kontroles grupa. Vienā platībā katram mēslošanas variantam ierīkoja trīs atkārtojumus, kopumā visās platībās izveidojot 120 parauglaukumus (3 x 10 m).

1. tabula / Table 1

Papildu ienestie minerālie elementi augsnē ar izveidoto blakusproduktu digestāta un pelnu maisījumu dažādās proporcijās
Additionally applied mineral elements to soil with newly-made by-products - digestate and ash mixture in different proportions

Substrāts	pH	C kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹	K kg ha ⁻¹	Ca kg ha ⁻¹	Mg kg ha ⁻¹
Pelni	12.5	37.4	0.4	13.3	52.6	203.5	37.6
Digestāts	8.8	686.2	33.4	6.7	20.1	33.4	7.0
Digestāts:Peļni	1:1	437.6	18.8	11.1	34.6	114.2	20.3
	1:2	287.5	12.1	12.7	40.9	139.3	25.1
	1:3	221.9	8.5	13.7	44.9	157.5	28.6
	1:4	12.4	255.1	9.8	12.1	47.1	143.4



1. att. Eksperimenta ierīkošanas vieta: a) Mežaudzes plāns ar izveidotajiem augsnes ielabošanas parauglaukiem; b) augsnes ielabošana ziemas periodā; c) augsnes ielabošana pavasara periodā.
 Fig. 1. The Experimental design: a) Plan of the forest stand with the established soil improvement sample plots; b) soil improvement during the winter period; c) soil improvement during the spring period.

Pēc augsnes ielabošanas veģetācijas perioda sākumā veica augsnes analīzes, nosakot augsnes blīvumu, pH un kopējo C un N saturu augsnē. Augsnes paraugi ņemti saskaņā ar standarta Nr. LVS

ISO 11464:2006 prasībām, izmantojot 'Soil sampling ring kit-model C53' (Royal Eijkkelkamp, Giesbeek, Netherlands), un analizēti LVMI 'Silava' Meža vides laboratorijā (akreditācijas Nr. LATAK-T-631-02-2020). Pēc divām augšanas sezonām tika mērīts priežu augstums un vainaga platums (4 rādiusi). Izvērtējot laiku un resursus veģetācijas novērtēšanai, to veica divās no trim platībām. Izveidoja trīs 1 x 1 m platus veģetācijas uzskaites laukumus katrā parauglaukumā, kopumā ierīkojot 60 parauglaukumus katrā platībā (120 abās). Noteica sastopamās sugas un to projektīvo segumu, kā arī sugas strukturēja tipiskajā meža veģetācijā (pamatojoties uz Meža biotopiem raksturīgajām sugām [6], piemēram, *Pteridium aquilinum*, *Galium uliginosum*, *Maianthemum bifolium*) un nitrofilajās–ruderālajās sugās (piemēram, *Solidago canadensis*, *Calamagrostis epigeios*, *Cirsium arvense*).

Dati apstrādāti, izmantojot „Microsoft Excel” un „R Studio” datorprogrammu. Lai novērtētu faktoru ietekmi (audze, diska arkla labā vai kreisā dubultvaga, mēslojums (mēslojums vai nav mēslojums, mēslojuma proporcija), tika veikta dispersijas analīze jeb ANOVA, taču, lai faktoriem, kuri būtiski ietekmēja parametru, noteiktu grupu ietekmi, tika izmantota „Post-Hoc Tukey HSD” analīze.

Rezultāti un diskusijas

Pretrunīgie pH mērījumi (pH kontroles variantā, salīdzinot ar dažiem mēslojamiem variantiem, nav palielinājies) norāda uz vides heterogenitāti dabiskās ekosistēmās un var tikt skaidroti ar variablu augsnes pH jau pirms augsnes ielabošanas (2., 3. tabula). Lai gan pH izmaiņas ir mainīgas, C un N koncentrācija augsnēs ar mazāku digestāta un pelnu attiecību ir paaugstinājusies. Šo procesu nevar novērot grupās ar lielāku digestāta un pelnu attiecību, ko varētu skaidrot ar ievadā aprakstīto saistību – organisko vielu aktivēta mineralizācija rodas augsnes kaļķošanas dēļ [5].

2. tabula / Table 2

Augsnes blīvums, vides reakcija un organisko vielu saturs atkarībā no augsnes ielabošanas un maisījuma proporcijas, augsni ielabojot pavasarī
Soil density, soil reaction, and organic matter content depending on soil amendment application and mixture proportions when soil is amended in spring

Digestāts:pelni	Augsnes blīvums kg/m ³	C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	pH (CaCl ₂)
Kontrole	3525.80	36.7	1.9	4.0
1:1	2925.78	59.1	2.5	3.8
1:2	3033.93	55.9	3.6	4.9
1:3	3349.80	37.5	2.3	4.8
1:4	3602.13	24.7	1.0	3.7

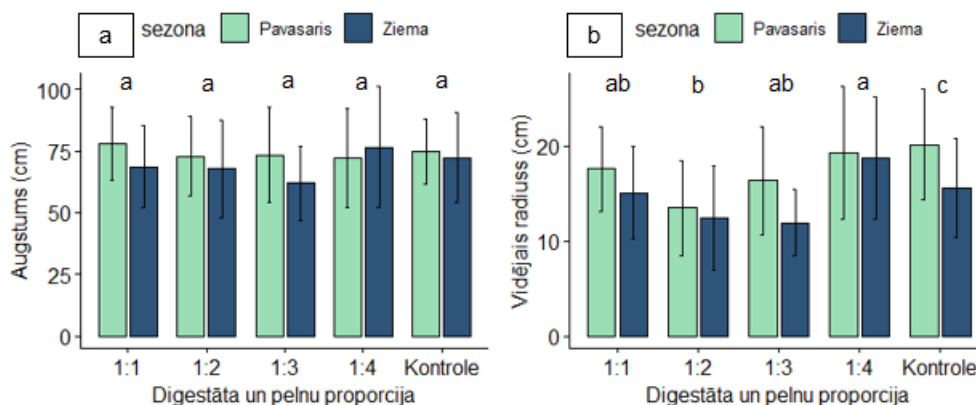
3. tabula / Table 3

Augsnes blīvums, vides reakcija un organisko vielu saturs atkarībā no augsnes ielabošanas un maisījuma proporcijas, augsni ielabojot ziemā
Soil density, soil reaction, and organic matter content depending on soil amendment application and mixture proportions when soil is amended in winter

Digestāts:pelni	Augsnes blīvums kg/m ³	C g/kg	N g/kg	pH (CaCl ₂)
Kontrole	3354.00	20.8	1.1	4,8
1:1	3184.17	42.8	2.6	5.0
1:2	2573.43	44.4	2.2	4.2
1:3	3483.17	17.6	1.1	4.4
1:4	3620.73	15.8	0.9	4.3

Priežu augstumu būtiski neietekmēja augsnes ielabošanas variants, taču augstums bija lielāks pavasara ielabotajos variantos (ANOVA, $p = 0.025$) (2. att. (a)). Šajā eksperimentā stādus mērīja divus gadus pēc augsnes ielabošanas. Literatūrā pieejama informācija, ka priedēm uzlabotu augšanas tempu pēc augsnes ielabošanas dažkārt var novērot tikai pēc diviem līdz trīs gadiem un efekts ir pieaugošs laika periodā no pieciem līdz septiņiem gadiem [7]. Oglekļa uzkrāšanu dažādās auga daļās pēc

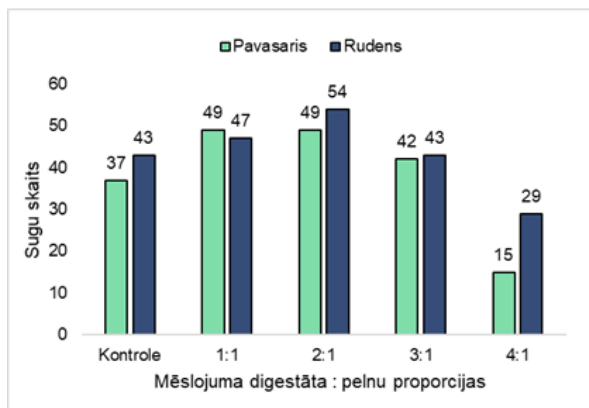
mēslošanas būtiski ietekmē lokālie vides faktori [8], ar ko varētu skaidrot atšķirības starp vidējo vainaga rādiusu, bet ne starp augstuma datiem. Iespējams, oglekļa rezerves pēc mēslošanas attiecīgos lokālos apstākļos no sākuma tiek uzkrātas kā rezerves vielas, piemēram, saknēs, nevis izmantotas apikālajai augšanas veicināšanai.



2. att. Augsnes ielabošanas ar pelnu un digestāta maisījumu dažādās proporcijās ietekme uz parastās priedes *Pinus sylvestris* augstumu (a) un vainaga rādiusu (b). Dažādi burti norāda uz statistiski būtiskām atšķirībām (Tukey HSD tests, ticamības intervāls 0.05).

Fig. 3. Effect of soil amendment with ash and digestate mixture in different proportions on the height (a) and crown radius (b) of Scots pine *Pinus sylvestris*. Different letters indicate statistically significant differences (Tukey HSD test, confidence interval 0.05).

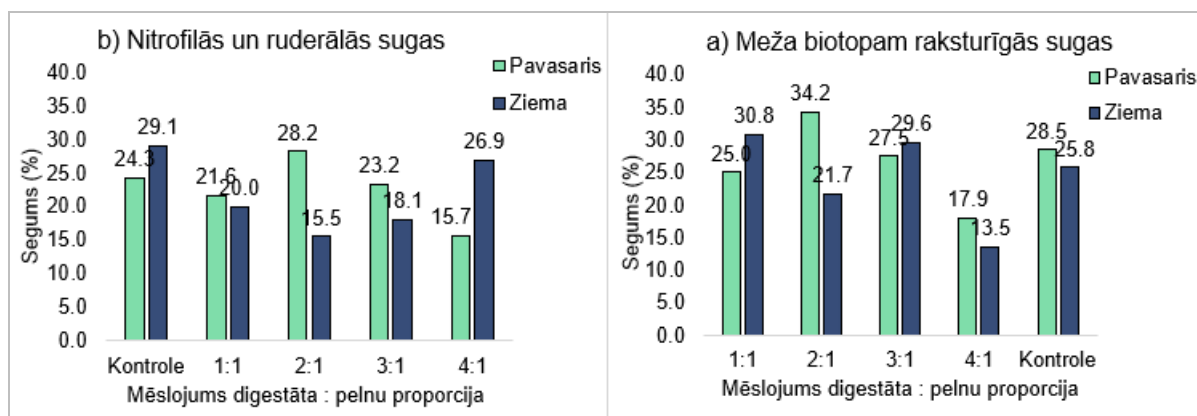
Kopumā visos parauglaukumos noteica 83 vaskulāro augu sugas. Vislielākais sugu skaits bija sastopams parauglaukumos ar mazāko pelnu un digestāta attiecību (3. att.). Šajos parauglaukumos sugu skaits bija palielinājies, salīdzinot ar kontroles variantu, bet 1:4 variantā sugu skaits bija būtiski samazinājies. Sugu skaita samazināšanos pēc mēslošanas dabiskā ekosistēmā bieži var skaidrot ar nitrofilu un ruderālu sugu izplatību.



3. att. Augsnes ielabošanas ar pelnu un digestāta maisījumu dažādās proporcijās ietekme uz sastopamo vaskulāro augu sugu izmaiņām.

Fig. 3. The effect of soil amendment with ash and digestate in different proportions on changes in vascular plant species.

Monodominantu nitrofilu sugu segums rada lielu noēnojumu un var būtiski pasliktināt gan stādu augšanas rādītājus, gan izdzīvošanu pirmajos gados skujkoku jaunaudzēs [9]. Iegūtie rezultāti liecina – lai gan 1:4 variantā redzams samazināts meža biotopam raksturīgo sugu skaits, tas nav saistīts ar kādas monodominantas nitrofilas sugas aizaugumu (4.att. (a, b)).



4. att. Augsnes ielabošanas ar pelnu un digestāta maisījumu dažādās proporcijās ietekme uz proporcionāli sastopamo tipisko meža un nitrofilu–ruderālo veģetāciju.

Fig. 4. Effect of soil amendment with ash and digestate mixture in different proportions on the proportion of typical forest and nitrophili-ruderal vegetation.

Secinājumi

Mēslošana būtiski neietekmēja pieaugumu, bet samazināja vainaga rādiusa platumu, kas skaidrojams ar papildu barības vielu rezervju uzkrāšanu atšķirīgās auga daļās. Lai novērtētu mēslošanas ietekmi uz skujkokiem, būtu vēlams pētījumā iegūtos parametrus novērtēt vēlreiz, vismaz pēc trīs augšanas sezonām. Izmantotā augsnes ielabošanas metode neveicina nitrofilu–ruderālo sugu dominanci un monodominantas veģetācijas veidošanos jaunaudzē.

Pateicība. Pētījums veikts ar Latvijas Zemkopības ministrijas un Lauku atbalsta dienesta projekta “Jaunas tehnoloģijas izstrāde augu mēslošanas līdzekļu ražošanai no biogāzes ražotnes fermentācijas atliekām – digestāta un šķeldas koģenerācijas atliekām – koksnes pelniem” finansiālu atbalstu, līguma Nr. 19-00-A01612-000008.

Izmantotā literatūra

- Du C., Abdullah J.J., Greatham D., Fu D., Yu M., Ren L., Li S., Lu D. (2018). Valorization of Food Waste into Biofertiliser and Its Field Application. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 187, p. 273–284.
- Rehl T., Müller J. (2011). Life Cycle Assessment of Biogas Digestate Processing Technologies. *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 56, p. 92–104.
- Ouimet R., Moore J.D. (2015). Effect of fertilization and liming on tree growth, vitality and nutrient status in boreal balsam fir stands. *Forest ecology and managements*, Vol. 345, p. 39–49.
- Berthrong S.T., Jobbagy E.G., Jackson R.B. (2009). A Global Meta-Analyses of Soil Exchangeable Cations, pH, Carbon, and Nitrogen with Afforestation. *Ecological applications*, Vol. 19, Issue 8, p. 2228–2241.
- Vazquez E., Benito M., Espejo R., Teutscherova N. (2019). Effects of no-tillage and liming amendment combination on soil carbon and nitrogen mineralization. *European Journal of Soil Biology*, Vol. 93.
- Eiropas Savienības aizsargājami biotopi Latvijā. Noteikšanas rokasgrāmata 2. precizētais izdevums* (2013). Auniņš A. red., LDF un VARAM, Lārmanis V. red. 361 lpp.
- Pettersson F., Högbom L. (2004). Long-term Growth Effects Following Forest Nitrogen Fertilization in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 19, 339–347, doi:10.1080/02827580410030136.
- Li W., Zhang H., Huang G., Liu R., Wu H., Zhao C., Nate G., McDowell N.G. (2019). Effects of nitrogen enrichment on tree carbon allocation: A global synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, Vol. 29, Issue 3, p. 573–589, doi:10.1111/geb.13042.
- Schütz J.P. (2004). Opportunistic methods of controlling vegetation, inspired by natural plant succession dynamics with special reference to natural outmixing tendencies in a gap regeneration. *Annals of Forest Science*, Vol. 61, p. 149–156, doi:10.1051/forest:2004006.