

BIOGĀZES DIGESTĀTA UN KOKSNES PELNU POTENCIĀLĀ IZMANTOŠANA KOKAUGU MĒSLOŠANAI

POTENTIAL USE OF DIGESTATE AND WOOD ASH AS TREE FERTILISER

Austra Zuševica¹, Kārlis Dūmiņš¹, Viktorija Vendiņa¹, Sindija Žigure¹, Dagnija Lazdiņa¹
Aleksandrs Adamovičs²

¹Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”, ²Latvijas Lauksaimniecības universitāte
austra.zusevica@silava.lv

Kopsavilkums

Biogāzes un koksnes koģenerācijas procesā iegūstamie atkritumprodukti – digestāts un koksnes pelni – ir potenciāli izmantojami kā mēslošanas līdzeklis, jo digestātā ir augsts slāpekļa saturs, bet koksnes pelni satur daudz fosfora un kālija. Pētījuma mērķis bija noskaidrot optimālo pelnu un digestāta devu kokaugu mēslošanai. Kā substrātu izmantoja ar kāliju un fosforu nabadzīgu meža augsni (pH = 4.3), kuru papildināja ar digestāta un pelnu maisījumu dažādās proporcijās. Izvērtējot rezultātus, var secināt, ka visas mēslošanas proporcijas būtiski uzlabo gan spraudņu morfoloģiskos, gan fizioloģiskos parametrus, salīdzinot ar nemēsloto variantu.

Ievads

Ražošanas atlieku izmantošana augsnes ielabošanai mūsdienās iegūst aizvien plašāku interesi ar to saistītajās nozarēs (Purnomo, Respito, Sitanggang, & Mulyono, 2018; Beesigamukama et al., 2021). Skābas augsnes mēslošana un kaļķošana uzlabo gan minerālo vielu saturu augsnē, gan to pieejamību augiem, tādējādi sekmējot koku augšanu un vitalitāti (Ouimet & Moore, 2015). Koksnes pelni kā augsnes ielabošanas līdzeklis uzlabo gan koku stādu saglabāšanos, gan augšanas rādītājus organiskajās augsnēs ar augstu slāpekļa, bet zemu fosfora un kālija saturu (Neimane, Celma, Zuševica, Lazdiņa, & Levinsh, 2021). Taču, lai uzlabotu augšanas apstākļus nabadzīgā minerālaugsnē ar zemu NPK saturu, nepieciešams mēslojums, kas satur slāpekļa savienojumus.

Biogāzes ražošanas procesā kā atkritumu produkts veidojas digestāts, kuram var izdalīt divas frakcijas – šķidrās un cietās atkritumvielas daļas. Abām šīm frakcijām ir augsts slāpekļa savienojumu saturs, un tās var izmantot augsnes ielabošanai (Kouřimská, Poustková, & Babička, 2012; Koszel & Lorencowicz, 2015; Mystkowski, 2015). Iepriekš ir veikti pētījumi par digestāta izmantošanu lauksaimniecības kultūraugiem, taču ir maz pētījumu par tā lietošanu kokaugu mēslošanai (Kouřimská, Poustková, & Babička, 2012; Ren et al., 2020). Šī pētījuma mērķis bija izstrādāt jaunu augu ielabošanas līdzekli, izmantojot ražošanas atlieku no biogāzes ražotnes – digestāta un šķeldas koģenerācijas atlieku – koksnes pelnu maisījumu, kuru varētu izmantot kokaugu mēslošanai nabadzīgās minerālaugsnēs. Pētījumā izmantoja cieto digestāta frakciju, kura iegūta no vietējās biogāzes rūpnīcas un kurā kā substrāts izmantoti cūku un govju kūtsmēsli. Cietā frakcija uzlabo augsnes struktūru, padarot to irdenāku, kā arī samazina slāpekļa izskalošanās un nevēlamas vides eitrofikācijas risku, kas var notikt šķidrā digestāta frakcijas lietošanas rezultātā (Odlare, Pell, & Svensson, 2008; Rehl & Müller, 2011; Akhiar, Battimelli, Torrijos, & Carrere, 2016). Pelnu pievienošana substrātam to bagātina ar P un K makroelementiem, kā arī paaugstina pH, kas ir būtiski, augsnes ielabošanas līdzekli izmantojot skābās augsnēs, taču mēslošana ar pelniem nabadzīgās minerālās meža augsnēs ir efektīva tikai tad, ja slāpeklis nav limitējošs (Pitman, 2006). Šī iemesla dēļ skābās, nabadzīgās meža minerālajās augsnēs visefektīvāk būtu kombinēt abus šos blakusproduktus (pelnu un digestātu), jo ar digestātu var ienest papildu slāpekli.

Šajā pētījumā tika izvirzīta hipotēze – nabadzīgu meža augšņu, kurām raksturīgs zems pH līmenis, ielabošana ar biogāzes digestāta un koksnes pelnu maisījumu uzlabos kokaugu augšanas parametrus. Tika izvirzīti trīs darba uzdevumi: (1) daļēji kontrolētos izmēģinājumos apstākļos noskaidrot labāko biogāzes digestāta un koksnes pelnu attiecību kokaugu mēslošanai, par modeļa objektu izmantojot ar spraudņiem veģetatīvi pavairotus papēļu klonus; (2) noteikt digestāta un pelnu maisījuma mēslojuma ietekmi uz priežu dīgtspēju; (3) veikt izmēģinājuma pārnesei uz skujkoku stādījumu, izmantojot maisījuma attiecības, kuras visvairāk uzlaboja koku augšanas parametrus.

Materiāli un metodes

Eksperimentam izvēlēti divu papeļu klonu spraudēņi: plaši izmantotais klons 'OP42' (syn. Hybride 275) un Latvijā selekcionēts klons 'Auce'. Kā substrātu lietoja meža minerālo augsni (pH = 4.3) ar zemu fosfora un kālija saturu. Substrātu papildināja ar cūku un govju kūtsmēsli biogāzes digestāta un koksnes pelnu maisījumu dažādās attiecībās (1. tab.).

1. tabula / Table 1

Digestāta un pelnu attiecības mēslojumu variantos stādītajiem papeļu spraudēņiem 2021. gadā

Digestate and wood-ash ratio in fertilised variants for planted Poplar cuttings in 2021.

Digestāta izejviela	Digestāta un pelnu attiecība	Neitralizēšanas spēja, %	Substrātam pievienotais daudzums g 1.3 l	Papildus ienestie barošanās elementi (mg/l)				
				N	P	K	Ca	Mg
Govju kūtsmēsli	1:1	23.14	27.81	0.070	0.164	0.458	2.484	0.407
	1:2	22.79	28.24	0.082	0.170	0.421	2.077	0.362
	1:3	31.51	20.43	0.098	0.180	0.364	1.746	0.317
	1:4	37.65	17.09	0.104	0.188	0.350	1.531	0.290
Cūku kūtsmēsli	1:1	25.86	24.89	0.078	0.135	0.462	2.283	0.372
	1:2	32.50	19.80	0.074	0.123	0.433	2.046	0.343
	1:3	38.01	16.93	0.080	0.117	0.392	1.823	0.301
	1:4	39.49	16.29	0.086	0.110	0.366	1.486	0.262

Pirmajā sezonā papeļu spraudēņu audzēšanai tika izvēlētas stādāmās kasetes, lai noteiktu spraudēņu dzīvotspēju un atvašu augstumu. Lai labāk pārbaudītu augšanas parametru, otrajā gadā papeles stādīja 20 L veģetācijas maisos. Tos ievietoja plastmasas vannās, lai novērstu minerālo vielu izskalošanos laistīšanas laikā (1. att.). Papeļu atvasēm veica gan morfoloģisko, gan fizioloģisko parametru mērījumus (2. att.). Noteica atvašu un sakņu garumu, lapu skaitu, lapu laukumu (izmantojot programmatūru WinFolia 2019), kā arī lapu, atvašu un sakņu svaigo un sauso masu. No fizioloģisko parametru mērījumiem trīs reizes sezonā veica hlorofila satura indeksa (CCI) mērījumus, izmantojot CI-710S lapu spektrofotometru, un divas reizes sezonā tika īstenoti fotosintēzes intensitātes mērījumi, izmantojot pārvietojamo infrasarkanās gaismas gāzes analīzes sistēmu. CCI norāda uz relatīvo hlorofila daudzumu lapā, bet fotosintēzes intensitātes norāda uz lapas maksimālo spēju fiksēt oglekli fotosintēzes laikā.



1. att. Eksperiments daļēji kontrolētos apstākļos siltumnīcā.

Fig. 1. Experiment in semi-controlled conditions.

2. att. Morfoloģisko parametru iegūšana: 1) sakņu attīrīšana; 2) veģetācijas trauks; 3) skenēto lapu paraugs.

Fig. 2. Morphological trait measurements: 1) root cleaning; 2) vegetation pot; 3) scanned leaf sample.

Lai pārbaudītu mēslojuma ietekmi uz skujkoku augšanu un attīstību, vienlaikus daļēji kontrolētos apstākļos siltumnīcās tika ierīkots sēto priežu mēslošanas eksperiments (3. att.). Priedes tika sētas stādīšanas kasetēs, kurās kā substrātu izmantoja meža minerālaugsni ar zemu fosfora un kālija saturu ($\text{pH} = 4.3$), to papildinot ar cūku un govju kūtsmēsli biogāzes digestāta un pelnu maisījumiem tādās pašās devās kā papeļu spraudņiem (1. tab.).



3. att. Priežu dīgtspējas novērtējums daļēji kontrolētos apstākļos.

Fig. 3. Evaluation of germination of pine under semi-controlled conditions.

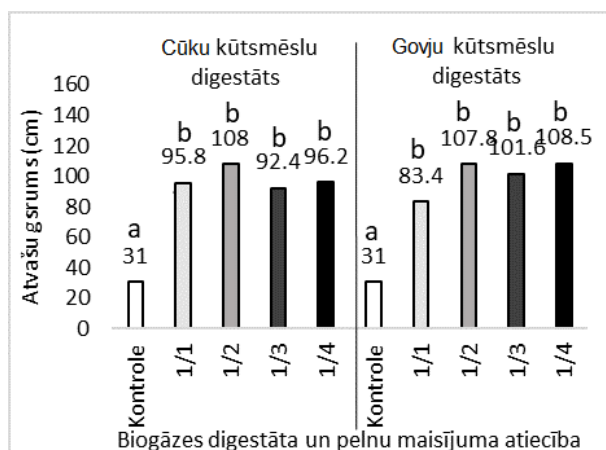
Pētījuma sākuma stadijā papeļu klonus izvēlējās kā modeļa objektu, jo tie ir viegli un ātri pavairojami ar spraudņiem. Izvēloties klonus, augšanas izmaiņas indivīdiem pārsvarā inducē dažādi augšanas apstākļi, mazinot iedzimtības ietekmi un tādā veidā ļaujot labāk novērtēt tieši mēslojuma ietekmi. Nākamais solis pētījumā bija pārbaudīt šīs iegūtās atziņas izmēģinājumā skujkoku stādījumā. Četrgadīgo *Pinus sylvestris* stādījumu mēsloja divas reizes, ziemā un pavasarī, ar dažādu attiecību biogāzes un pelnu mēslojuma maisījumu.

Datus analizēja, izmantojot Stjudenta koeficientu (divu paraugkopu salīdzināšanai) un dispersijas analīzi ANOVA (vairāku paraugkopu salīdzināšanai).

Rezultāti un diskusijas

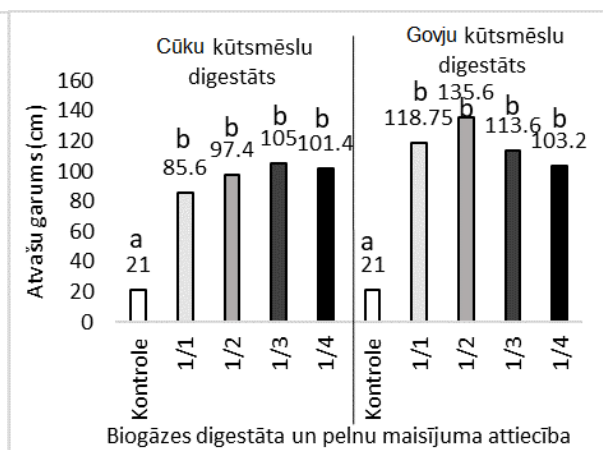
Klonam 'Auce' gan dzinumu garums, gan dzinumu sausnes masa bija lielāka mēslotajos variantos, bet būtiski neatšķīrās starp mēslojuma attiecībām (5. att., 7. att.). Līdzīgi rezultāti iegūti arī 'OP42' klonam, taču atšķirībā no klona 'Auce' govju kūtsmēsli digestāta variantā augstākās devu grupas uzrādīja būtiski lielāku biomasas pieaugumu, salīdzinot ar kontroli un zemāko devu grupu (4. att., 6. att.).

Veiktie fizioloģiskie mērījumi apliecināja līdzīgu ietekmi. Augstāka fotosintēzes aktivitāte tika konstatēta mēslotajos variantos. Būtiski minēt, ka, salīdzinot ar laika posmu, kad veikts fizioloģisko



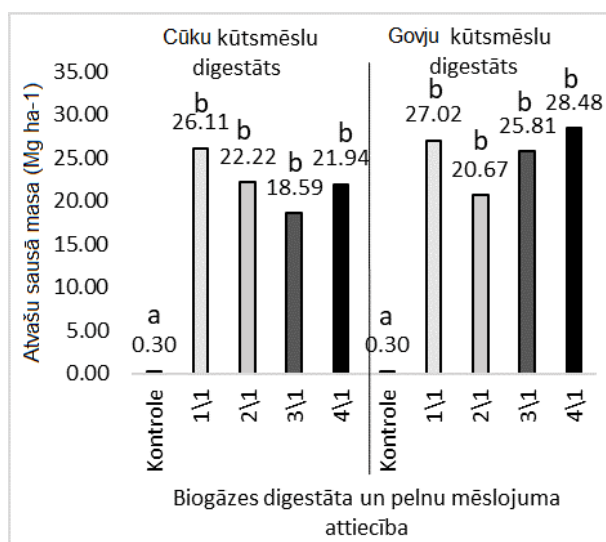
4. att. 'OP42' klona atvašu sausā masa atkarībā no digestāta veida un mēslojuma devām. Burti virs vērtības norāda ANOVA analīzes atšķirības ($p = 0.05$).

Fig. 4. Dry weight of 'OP42' clone shoots depending on the type of digestate and fertilizer doses. Letters above the value indicate differences in ANOVA analysis ($p = 0.05$).



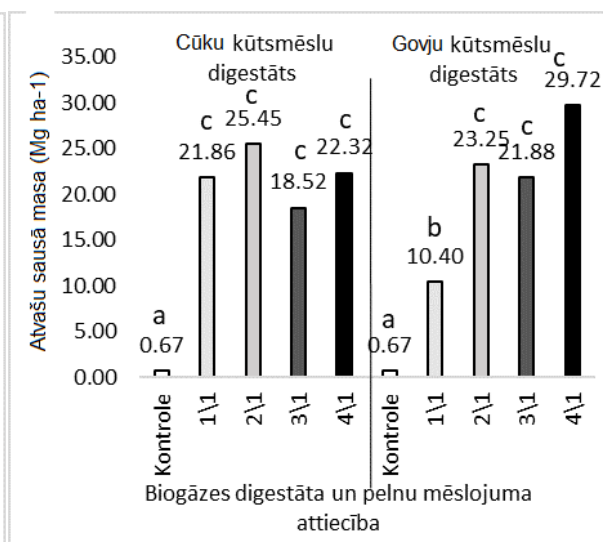
5. att. 'Auces' klona atvašu sausā masa atkarībā no digestāta veida un mēslojuma devām. Burti virs vērtības norāda ANOVA analīzes atšķirības ($p = 0.05$).

Figure 5. Dry weight of 'OP42' clone shoots depending on the type of digestate and fertilizer doses. Letters above the value indicate differences in ANOVA analysis ($p = 0.05$).



6. att. 'OP42' klona atvašu garums atkarībā no digestāta veida un mēslojuma devām. Burti virs vērtības norāda ANOVA analīzes atšķirības ($p = 0.05$).

Fig. 6. Shoot length of 'OP42' clone depending on digestate type and fertilizer dose. Letters above the value indicate differences in ANOVA analysis ($p = 0.05$).



7. att. 'Auces' klona atvašu garums atkarībā no digestāta veida un mēslojuma devām. Burti virs vērtības norāda ANOVA analīzes atšķirības ($p = 0.05$).

Fig. 7. Shoot length of 'Auce' clone depending on digestate type and fertilizer dose. Letters above the value indicate differences in ANOVA analysis ($p = 0.05$).

novērtējums, kontroles variantam veģetācijas perioda beigu posmā straujāk samazinājās gan hlorofila daudzums, gan fotosintēzes aktivitāte, norādot uz samazinātu veģetācijas periodu.

Pētījuma turpmākajās stadijās plānots novērtēt iegūtos datus par daļēji kontrolētos apstākļos audzēto spraužu lapu laukumu, kā arī atvašu, lapu un augsnes ķīmisko sastāvu atkarību no mēslojuma. Izmēģinājuma platībās skujkoku stādījumā tiks novērtēta izmantotā mēslojuma ietekme uz koku augstumu un stumbra diametru.

Secinājumi

1. Digestāta un koksnes pelnu maisījumu var veiksmīgi izmantot, lai papeļu spraužiem sasniegtu labākus augšanas rādītājus.
2. Klonam 'Auce' ir izteikti garākas atvases, bet koksnes sausnes daudzums lielākajā daļā mēslojuma variantu būtiski neatšķirās no 'OP42' klona. Arī digestāta veids būtiski neietekmē koksnes sauso masu.
3. Mēslošana pagarina augšanas periodu.

Pateicība. Pētījums tika 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” finansiālo atbalstu. Līguma Nr. 19-00-A01612-000008.

Izmantotā literatūra

1. Beesigamukama, D., Mochoge, B., Korir, N.K., Fiaboe, K.M.K., Nakimbugwe, D., Khamis, F.M., Subramanian, S., Wangu, M.M., Dubois, T., Ekesi, S., Tanga, C.M. (2021). Low-cost technology for recycling a agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly Waste Management. *Waste Management*, Vol. 119, p. 183–194.
2. Koszel, M., Lorencowicz, E. (2015). Agricultural Use of Biogas Digestate as a Replacement Fertilizers. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Vol. 7, p. 119–124.

3. Kouřimská, L., Poustková, I., Babička, L. (2012). The use of digestate as a replacement of mineral fertilizers for vegetables growing. *Scientia Agriculturae Bohemica*, Vol. 43, p. 121–126.
4. Mystkowski, E. (2015). Poferment z biogazowni rolniczej nawozem dla rolnictwa. *Kukurydza*, p. 52–56.
5. Neimane, S., Celma, S., Zuševica, A., Lazdiņa, D., Ievinsh, G. (2021). The effect of wood ash application on growth, leaf morphological and physiological traits of trees planted in a cutaway peatland. *Mires & Peat*, Vol. 12.
6. Odlare, M., Pell, M., Svensson, K. (2008). Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Management*, Vol. 28, p. 1246–1253.
7. Ouimet, R., Moore, J. (2015). Effects of fertilization and liming on tree growth, vitality and nutrient status in boreal balsam fir stands. *Forest Ecology and Management*, p. 39–49.
8. Purnomo, C., Respito, A., Sitanggang, E., Mulyono, P. (2018). Slow release fertilizer preparation from sugar cane industrial waste. *Environmental Technology & Innovation*.
9. Rehl, T., Müller, J. (2011). Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies. *Conservation and Recycling*, Vol. 56, p. 92–104.
10. Ren, T., Yu, X., Liao, J., Du, Y., Zhu, Y., Jin, L., Wang, B., Xu, H., Xiao, W., Chen, H.Y.H., Jin, F., Ruan, H. (2020). Application of biogas slurry rather than biochar increases soil microbial functional gene signal intensity and diversity in a poplar plantation. *Soil Biology and Biochemistry*.
11. Akhiar, A., Battimelli, A., Torrijos, M., Carrere, H. (2017), Comprehensive characterization of the liquid fraction of digestates from full-scale anaerobic co-digestion. *Waste Management*, Vol. 59, p. 118–128.