

1. tabula / Table 1

Barības elementu saturs digestāta un koksnes pelnu maisījumos*Nutrient content of digestate and wood ash mixtures*

Barības elementi / <i>Nutrients</i>	Saturs sausnā / <i>Content in dry matter, %</i>				
	GD	GD + P 1:1	GD + P 2:1	GD + P 3:1	GD + P 4:1
Slāpeklis dabiskā paraugā / <i>Nitrogen in the natural sample</i> (N)	0.29	0.27	0.30	0.51	0.34
Amonija slāpeklis / <i>Ammonium nitrogen (N/NH₄),</i> g kg ⁻¹	1.20	0.43	0.40	0.76	0.37
Fosfors/ <i>Phosphorus (P),</i>	0.74	0.90	0.89	0.83	0.83
Kālijs/ <i>Potassium (K),</i>	1.70	2.90	2.92	2.73	2.64
Kalcijs/ <i>Calcium (Ca)</i>	2.41	13.44	13.55	10.48	10.86
pH	9.27	12.19	11.84	11.22	10.91

GD – liellopu kūstmēslu digestāts / *cattle manure digestate*; P – koksnes pelni / *wood ash*.

Par kontroles variantiem izmantoti nemēsloti vasaras miežu lauciņi. Varianti izmēģinājumā izkārtoti randomizēti, trīs atkārtojumos. Katra individuālā lauciņa izmērs atkārtojumos – 30 m².

Vasaras miežu priekšaugi – papuve. Izmēģinājumā īstenota tradicionālā augsnes apstrādes tehnoloģija, attiecīgi vispirms augsni uzarat aptuveni 22 cm dziļumā. Pirms sējas sagatavotajos lauciņos izklidēti visi iepriekš sagatavotie liellopu digestāta un koksnes pelnu maisījumi. Maisījumi augsnē iestrādāti ar kombinēto augsnes frēzi "Farmet Kompaktomat K400", kas vienlaikus ar mēslojuma iestrādi augsni sadrupina un pielīdzina. Sējai izmantota vasaras miežu šķirne "Selene"; izsējas norma – 450 dīgstošu sēklu uz m². Sējas dziļums sasniedza 3–4 cm, rindstarpa – 12.5 cm. Sējas termiņš: 2021. gadā – 26. aprīlis un 2022. gadā – 5. maijs.

Ražas novākšana tika veikta ar mazgabarītu kombainu „Sampo”. Pēc izmēģinājuma lauciņu nokulšanas katra lauciņa raža tika nosvērta un attīrīta, izmantojot PFEUFFER SLN3 paraugu tīrāmo iekārtu. Pēcāk, izmantojot ekspresanalizatoru „Infratec NOVA Foss”, tika noteikts paraugu mitrums, kopslāpekļa un cietes saturs graudos (%) un tilpummasa (kg hL⁻¹). Izmantojot iegūto rezultātu, tika aprēķināta iegūtā raža (t ha⁻¹) un eļļas daudzums (t ha⁻¹) pie standartmitruma (14%), kā arī pilnīgas (100%) paraugu tīrības. Paraugiem ar standartmetodi (LVS EN ISO 520) tika noteikta arī 1000 sēklu masa, gramos.

Datu apstrāde veikta, izmantojot divfaktoru dispersijas analīzi (ANOVA) ar "Microsoft Excel" datorprogrammu.

Rezultāti un diskusijas

Vidējo vasaras miežu graudu ražu būtiski ietekmēja agrometeoroloģiskie apstākļi attiecīgajā audzēšanas sezonā. 2021. gadā iegūtā vidējā raža atkarībā no varianta svārstījās no 4.03 līdz 5.30 t ha⁻¹, kas ir augstāka nekā 2021. gadā. Latvijā iegūta vidēja (2.40 t ha⁻¹) vasaras miežu raža. Savukārt 2022. gadā raža bija ievērojami zemāka, vidēji 0.89–2.14 t ha⁻¹, kas ir raksturojama kā ļoti zema (2022. gadā Latvijā iegūti vidēji 3.21 t ha⁻¹), un tas izskaidrojams ar ļoti nelabvēlīgiem laikapstākļiem audzēšanas sezonā. Pēc miežu sējas 2021. gadā nolija liels daudzums nokrišņu, kam sekoja ilgstošs sausums, augsne stipri iekalta, kas savukārt negatīvi ietekmēja sēklu dīgšanu un dīgstu turpmāko attīstību. Lai gan vasaras mieži ir samērā izturīgi pret sausumu, tomēr mitruma trūkums kombinācijā ar augstu gaisa temperatūru stiebrošanas un graudu aizmešanās fāzēs rada būtisku ražas samazinājumu (Sharifi Alhoseini, Taherian, 2019). Mūsu pētījumā zemākā raža (0.89 t ha⁻¹) iegūta kontroles variantā (2. tabula).

2. tabula / Table 2

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz vasaras miežu graudu ražu, t ha⁻¹
The effect of different digestate and wood ash mixtures on spring barley grain yield, t ha⁻¹

Digestāta un pelnu attiecība mēslojumā (F _B) / Digestate and wood ash mixture proportion (F _B)	Mēslojuma norma, t ha ⁻¹ (F _A) / Applied fertilizer, t ha ⁻¹ (F _A)									
	2021. gads / Year 2021					2022. gads / Year 2022				
	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrole/control	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrole/control
GD	3.99	5.20	4.29	4.49	4.33	1.79	2.13	0.92	1.61	0.89
GD + P 1:1	3.97	5.26	4.48	4.57		1.98	1.61	1.44	1.68	
GD + P 2:1	3.96	4.96	4.96	4.63		2.44	2.02	1.64	2.03	
GD + P 3:1	3.81	5.12	4.23	4.38		2.49	1.47	1.68	1.88	
GD + P 3:1 + NPK	4.67	5.95	4.78	5.13		2.46	2.63	1.33	2.14	
GD + P 3:1 + N	3.93	5.62	4.34	4.63		1.41	1.54	1.77	1.58	
GD + P 4:1	3.85	5.01	4.22	4.36		1.68	1.27	1.23	1.39	
Vidēji / On average	4.03	5.30	4.47	X		2.04	1.81	1.43	X	
RS(LSD) _{0.05} A (norma / amount) =						0.26				
RS(LSD) _{0.05} B (maisījums/mixture) =						0.43				
RS(LSD) _{0.05} AB =						0.74				
						0.27				
						0.44				
						0.75				

GD – liellopu kūtsmēslu digestāts / cattle manure digestate; P – koksnes pelni / wood ash.

Pirmajā pētījuma gadā būtiskāko ražas pieaugumu, neatkarīgi no mēslojuma varianta, sniedza 10 t ha⁻¹ mēslojuma norma, savukārt lielākā mēslojuma norma negatīvi ietekmēja graudu ražību, kas vidēji bija zemāka nekā kontroles variantā. Neliels un nebūtisks ražas pieaugums konstatēts, lietojot 5 t ha⁻¹ mēslojuma normu.

3. tabula / Table 3

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz proteīna saturu vasaras miežu graudos, %
The effect of different digestate and wood ash mixtures on protein content in spring barley, %

Digestāta un pelnu attiecība mēslojumā (F _B) / Digestate and wood ash mixture proportion (F _B)	Mēslojuma norma, t ha ⁻¹ (F _A) / Applied fertilizer, t ha ⁻¹ (F _A)									
	2021. gads / Year 2021					2022. gads / Year 2022				
	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrole/control	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrole/control
GD	10.20	10.37	10.17	10.24	10.53	8.83	8.80	9.00	8.88	8.87
GD + P 1:1	10.43	10.13	10.07	10.21		9.60	9.40	9.07	9.36	
GD + P 2:1	9.97	9.70	9.63	9.77		8.87	8.93	9.10	8.97	
GD + P 3:1	10.27	10.03	10.00	10.10		9.63	8.87	8.50	9.00	
GD + P 3:1 + NPK	10.43	9.77	10.33	10.18		9.53	9.73	9.53	9.60	
GD + P 3:1 + N	10.57	10.17	10.43	10.39		9.23	9.84	9.63	9.57	
GD + P 4:1	10.30	10.50	9.83	10.21		9.43	8.73	8.83	9.00	
Vidēji / On average	10.31	10.10	10.07	X		9.30	9.19	9.10	X	
RS(LSD) _{0.05} A (norma/amount) =						×				
RS(LSD) _{0.05} B (maisījums/mixture) =						0.52				
RS(LSD) _{0.05} AB =						×				

GD – liellopu kūtsmēslu digestāts / cattle manure digestate; P – koksnes pelni / wood ash.

Būtiski augstāka vidējā graudu raža abos pētījumu gados iegūta variantos GD + P 2:1, GD + P 3:1 + NPK un GD + P 3:1 + N. Faktoru mijiedarbības rezultātā augstākā raža 2021. gadā iegūta maisījumu

variantā GD + P 3:1 + NPK ar normu 10 t ha⁻¹. Otrajā pētījuma gadā būtisks ražas pieaugums salīdzinājumā ar kontroles variantu iegūts, lietojot 10 un 20 t ha⁻¹ mēslojuma normas. Līdzīgi kā 2021. gadā, arī 2022. gadā, lietojot 5 t ha⁻¹ mēslojuma normu, ražai bija tendence palielināties, taču saskaņā ar statistikas analīzi šis pieaugums nebija būtisks. Mēslojuma variantu vidū būtiskākie ($p < 0.05$) vidējie ražas pieaugumi tika konstatēti mēslojuma variantos GD + P 2:1, GD + P 3:1 un GD + P 3:1 + NPK. Lielākā raža 2022. gadā iegūta, lietojot 10 t ha⁻¹ mēslojuma normu mēslojuma variantā GD + P 3:1 + NPK. Mūsu pētījumā iegūtie rezultāti daļēji sakrīt ar secinājumiem, kas gūti Polijā veiktā pētījumā par digestāta ietekmi uz kultūraugu ražību, proti, digestāta mēslojuma ietekmē graudu ražas ievērojami palielinās, un atsevišķos gadījumos šī mēslojuma efektivitāte pielīdzināma NPK mēslojuma efektivitātei. Tomēr dati ir atšķirīgi, ko lielākoties ietekmēja daudzi un dažādi faktori, kā, piemēram, digestāta deva un substrāts, kurā tas iestrādāts (Siebielec, Siebielec, Lipski, 2018).

Arī proteīna saturs ik gadu bija atšķirīgs. Lietotās mēslojuma normas un mēslojuma varianti 2021. gadā būtiski neietekmēja proteīna saturu graudos, kas bija gandrīz tāds pats kā kontroles variantā. Savukārt 2022. gadā būtiski augstāks ($p < 0.05$) proteīna saturs vasaras miežu graudos neatkarīgi no lietotās mēslojuma normas tika konstatēts mēslojuma variantos GD + P 1:1, GD + P 3:1 + NPK un GD + P 3:1 + N (3. tabula).

Viens no svarīgākajiem vasaras miežu kvalitātes rādītājiem ir graudu tilpummasa. Graudu tilpummasu netieši raksturo graudu briedums, gatavība un 1000 graudu masa. Ar graudu gatavību saprot to pildījuma un nogatavināšanas pakāpi. Gatavos graudus raksturo graudu veidojošo vielu sintēzes procesu pilnība.

4. tabula / Table 4

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz vasaras miežu graudu tilpummasu, kg hL⁻¹
Influence of different digestate and wood ash mixtures on bulk density of springbarley, kg hL⁻¹

Digestāta un pelnu attiecība mēslojumā (F _B) / Digestate and wood ash mixture proportion (F _B)	Mēslojuma norma, t ha ⁻¹ (F _A) / Applied fertilizer, t ha ⁻¹ (F _A)									
	2021. gads / Year 2021					2022. gads / Year 2022				
	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrole/ control	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrole/ control
GD	55.70	57.47	57.23	56.80	56.43	57.83	56.73	56.97	57.18	57.83
GD + P 1:1	55.83	56.97	58.03	56.94		60.20	60.23	58.23	59.56	
GD + P 2:1	57.67	56.47	54.10	56.08		59.30	59.70	59.73	59.58	
GD + P 3:1	56.40	59.07	57.53	57.67		61.77	59.90	58.03	59.90	
GD + P 3:1 + NPK	58.37	59.23	57.47	58.36		60.73	59.27	60.90	60.30	
GD + P 3:1 + N	56.30	58.03	58.83	57.72		60.03	60.63	60.50	60.39	
GD + P 4:1	57.53	57.80	56.63	57.32		59.50	58.63	57.50	58.54	
Vidēji / On average	56.83	57.86	57.12	x	59.91	59.30	58.84	X		
RS(LSD) _{0.05} A (norma/amount) =						0.77				
RS(LSD) _{0.05} B (maisījums/mixture) =						1.25				
RS(LSD) _{0.05} AB =						2.17				

GD – liellopu kūtsmēslu digestāts / cattle manure digestate; P – koksnes pelni / wood ash.

Graudu gatavībai ir liela tehnoloģiska nozīme, un tā raksturo tā uzturvērtību. Gatavos graudos ir vairāk endospermas un attiecīgi arī cietes, cukura un olbaltumvielu. Jo gatavāki graudi, jo augstāka ir to tilpummasa. Kā redzams 4. tabulā, 2021. gadā neviens no lietotajiem mēslošanas līdzekļiem būtiski neietekmēja vasaras miežu tilpummasu. Savukārt otrajā izmēģinājuma gadā būtiska ietekme bija gan lietotajām mēslojuma normām, gan mēslojuma variantiem, un augstākā graudu tilpummasa tika iegūta, lietojot 10 un 20 t ha⁻¹ mēslojuma normas. Arī t ha⁻¹ mēslojuma norma nodrošināja graudu tilpummasas pieaugumu, taču tas būtiski neatšķīrās no attiecīgā rādītāja kontroles variantā. Salīdzinot mēslojuma variantus, lielākais graudu tilpummasas pieaugums novērots variantos GD + P 3:1 + NPK un GD + 3:1 + N. Turpretī, lietojot digestāta mēslojumu (GD), iegūtā graudu tilpummasa bija pat nedaudz zemāka nekā kontroles variantā (4. tabula).

Izmantotie mēslojuma veidi un normas pozitīvi ietekmēja 1000 graudu masu. Atkarībā no mēslojuma varianta vidēji divos gados tā sasniedza 46.91 g, kontrole – 5.18 g. Salīdzinot mēslojuma

variantus, būtisks 1000 graudu masas pieaugums konstatēts variantos GD + P 3:1, GD + P 3:1 + NPK un GD + P 3:1 + N.

Starp mēslojuma normām 2021. gada nozīmīgākais cietes saturs tika novērots, lietojot 10 t ha⁻¹ maisījuma, savukārt no mēslojuma variantiem lielāko cietes saturu pieaugumu sasniedza GD + P 2:1, GD + P 3:1, GD + P 3:1 + N un GD + P 4:1 varianti.

5. tabula / Table 5

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz cietes saturu vasaras miežu graudos, %
Influence of different digestate and wood ash mixtures on starch content in summer barley grain, %

Digestāta un pelnu attiecība mēslojumā (F _B) / Digestate and wood ash mixture proportion (F _B)	Mēslojuma norma, t ha ⁻¹ (F _A) / Applied fertilizer, t ha ⁻¹ (F _A)									
	2021. gads / Year 2021					2022. gads / Year 2022				
	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrolē / control	20 t ha ⁻¹	10 t ha ⁻¹	5 t ha ⁻¹	vidēji / on average	kontrolē / control
GD	58.47	58.90	58.40	58.59	58.27	61.07	59.50	60.80	60.46	60.63
GD + P 1:1	58.17	58.73	59.17	58.69		61.73	62.67	60.10	61.50	
GD + P 2:1	58.80	59.77	57.83	58.80		62.37	61.60	62.07	62.01	
GD + P 3:1	57.80	60.37	58.33	58.83		62.87	61.87	60.90	61.88	
GD + P 3:1 + NPK	58.80	60.33	58.90	59.34		58.53	61.60	61.50	60.54	
GD + P 3:1 + N	58.80	58.93	58.70	58.81		61.87	61.03	61.70	61.53	
GD + P 4:1	58.40	58.90	59.10	58.80		61.27	60.90	60.90	61.02	
Vidēji / On average	58.46	59.42	58.63	x		61.39	61.31	61.14	x	
RS(LSD) _{0.05} A (norma/amount) =	0.42					x				
RS(LSD) _{0.05} B (maisījums/mixture) =	0.69					x				
RS(LSD) _{0.05} AB =	1.20					x				

GD – liellopu kūstmēslu digestāts / cattle manure digestate; P – koksnes pelni / wood ash.

Lai gan cietes saturs pieaugums salīdzinājumā ar kontroli tika konstatēts 2022. gadā, statistiskā analīze liecināja, ka tas nebija būtisks (5. tabula).

Secinājumi

Pētījumu rezultāti apliecināja faktu, ka, izmantojot digestāta un koksnes pelnu maisījumus, iespējams iegūt pietiekami augstas un kvalitatīvas vasaras miežu ražas bez minerālmēslojuma izmantošanas nepieciešamības.

Abos izmēģinājuma gados būtiski augstāka ($p < 0.05$) vasaras miežu graudu raža tika iegūta variantā GD + 3:1 + NPK.

Lai precīzāk noteiktu, kurš no mēslojuma maisījumiem un kādā apjomā ir visefektīvākais, pētījumus nepieciešams turpināt.

Pateicība. Pētījums veikts ar Latvijas Republikas 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

1. Baik B. K., Ulrich S. E. (2008). Barley for food: Characteristics. Improvement and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, Vol. 48, No. 2, p. 233-242.
2. Sharifi A., Ihoesini M., Taherian M. (2019). Identification of drought tolerant barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using drought tolerant indices. *Applied Research in Field Crops*, Vol. 31, Issue 4, p. 90-105.
3. Siebielec G., Siebielec S., Lipski D. (2018). Long-term impact of sewage sludge, digestate and mineral fertilizers on plant yield and soil biological activity. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 187, p. 372-379.