

DIGESTĀTA UN KOKSNES PELNU MAISIJUMU IETEKME UZ ZIEMAS RAPŠA RAŽU UN RAŽAS KVALITĀTI

THE EFFECT OF DIGESTATE AND WOOD ASH MIXTURES ON THE PRODUCTIVITY AND YIELD QUALITY OF WINTER OILSEED RAPE

Rihards Berķis, Aleksandrs Adamovičs

LLU Lauksaimniecības fakultāte

rihards.berkis@lauks.lv, aleksandrs.adamovics@llu.lv

Abstract. It is important to provide winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) with the required nutrients for successful growth. Biogas plants and solid fuel boilers widely used for energy and heat production create wood ash and digestates as by-products. In agriculture, both wood ash and biomass digestate are used separately as liming and fertilizer materials, while mixtures of digestate and ash can provide a high-quality fertilizer that increase the productivity and yield quality of various agricultural crops including winter oilseed rape. Field trials were conducted in the autumn of 2020 at the Study and Research Farm "Peterlauki" (56°53' N, 23°71' E) of the Latvia University of Life Sciences and Technologies. Soil has the following characteristics: sod calcareous soil, granulometric composition – heavy dusty sand clay. Soil agrochemical parameters: pH KCL 6.7 (LVS ISO 10390: 2006); organic matter content – 26 g kg⁻¹ (by Tyurin method, LV ST ZM 80-91), phosphorus content – 60 mg kg⁻¹ P₂O₅, and potassium content – 144 mg kg⁻¹ K₂O (according to Egner-Rhym method, LV ST ZM 82-97). Winter oilseed rape sowings were developed using different variants of fertilizer mix with cattle (from SIA "Ziedi JP") manure digestate (GD) and wood ash (P) (from SIA "Green Jelgava") in different ratios [digestate used : wood ash ratio - (B1 - GD; B2 - GD + P 1:1; B3 - GD + P 2:1; B4 - GD + P 3:1; B5 - GD + P 3:1 + N16P40K60 kg ha⁻¹; B6 - GD + P 3:1 + N 68.8 kg ha⁻¹; B7 - GD + P 4:1)]. The norms of innovative mixed fertilizer for cattle manure digestate and wood ash were the following: A1 - 5 t ha⁻¹; A2 - 10 t ha⁻¹; A3 - 20 t ha⁻¹. Winter oilseed rape fields without fertilizers and bovine manure digestate (GD) fertilizer rates were used as control options. Variants in the two-factor trial were randomized in triplicate. Studies have shown that good winter rapeseed yields can be obtained without the use of mineral fertilizers using wood ash and digestate mixtures. The highest winter rapeseed yield in the observed time period was obtained from variants where fertilizer rates of 10 t ha⁻¹ were used. Winter oilseed rape seeds had a higher oil content in the variants in which 5 t ha⁻¹ fertilizer mixture was utilized. The bulk density of winter rape seeds in the studied variants this year was only slightly higher than 67.0 kg hL⁻¹. The aim of the study was to determine the effect of different digestate and wood ash mixtures on the productivity and yield quality of winter oilseed rape.

Key words: oilseed rape, yield quality, productivity, digestate, wood ash, fertilizer.

Ievads

Latvijā plaši tiek audzēts ziemas rapsis (*Brassica napus* L), turklāt pēdējās dekādes laikā ziemas rapša vidējā ražība ir pieaugusi no 2.5 t ha⁻¹ 2010. gadā līdz 3.3 t ha⁻¹ 2020. gadā, savukārt sējumu platības ir palielinājušās no 67.6 tūkst. ha 2010. gadā līdz 127.7 tūkst. ha 2020. gadā. Tas atspoguļojas uz lauksaimnieku stabilo interesi par ziemas rapša audzēšanu un ziemas rapša audzēšanas tehnoloģiju pilnveidošanu.¹ Audzējot ziemas rapsi, īpaši liela uzmanība tiek pievērsta agronomiski un ekonomiski pamatotai mēslošanas līdzekļu izmantošanai, tādā veidā ir iespējams samazināt produkcijas izmaksas un apkārtējās vides piesārņojuma risku (Litke, Gaile, Ruža, 2019).

Pašlaik Latvijā siltuma un enerģijas ieguves vajadzībām plaši tiek ekspluatētas biogāzes koģenerācijas stacijas un dažādi cietā kurināmā katli, kuru darbības rezultātā tiek iegūts biomasas digestāts un koksnes pelni. Līdz šim šie materiāli lauksaimniecībā plaši tika izmantoti atsevišķi gan kā augsnes kalpošanas materiāls, gan kā mēslošanas līdzeklis (Patterson et al., 2004; Koszel et al., 2020). Taču, veidojot koksnes pelnu un digestāta maisījumus, tiek iegūts augstvērtīgs mēslošanas līdzeklis, ko var izmantot dažādu lauksaimniecības kultūraugu mēslošanai, tādējādi tiek radīta iespēja būtiski

¹ Kultūraugu sējumu platības. **No:** Latvijas Lauksaimniecība, 2021. [Tiešsaiste] [skatīts 2022. g. 8. febr.]. Pieejams: <https://stat.gov.lv/lv/statistikas-temas/noz/zivsaimn/publikacijas-un-infografikas/7268-latvijas-lauksaimnieciba-2021>.

paaugstināt kultūraugu, tostarp ziemas rapša, produktivitāti un iegūtās ražas kvalitātes rādītājus (Hejzman, Ondracek, Smrz, 2011; Koszel et al., 2020).

Pētījuma mērķis ir noskaidrot digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekmi uz ziemas rapša ražu un ražas kvalitāti.

Materiāli un metodes

Lauka izmēģinājumi tika ierīkoti 2020. gada rudenī LLU MPS "Pēterlauki" velēnu karbonātu, smaga smilšmāla augsnē ar augsnes reakciju pH_{KCl} 6.7, augiem viegli izmantojamā fosfora (P_2O_5) satura augsnē 60 mg kg^{-1} , kālija (K_2O) satura augsnē 144 mg kg^{-1} un organiskās vielas (OV) satura augsnē 2.6%.

Ziemas rapša sējumus izveidoja, izmantojot dažādus mēslojuma maisījumu variantus ar liellopu (no SIA „Ziedi JP”) kūtsmēsliu digestātu (GD) un koksnes pelniem (P) (no SIA „Fortum”, šobrīd – „Gren Jelgava”) dažādās attiecībās [izmantotās digestāta: koksnes pelnu attiecības – (B1 – GD; B2 – GD + P 1:1; B3 – GD + P 2:1; B4 – GD + P 3:1; B5 – GD + P 3:1 + N16P40K60 kg ha^{-1} ; B6 – GD + P 3:1 + N 68.8 kg ha^{-1} ; B7 – GD + P 4:1)]. Inovatīvā liellopu kūtsmēsliu digestāta un koksnes pelnu jauktā mēslojuma normas bija (A1 – 5 t ha^{-1} ; A2 – 10 t ha^{-1} ; A3 – 20 t ha^{-1}).

Sastādīto digestāta un koksnes pelnu maisījumu ķīmiskais sastāvs parādīts 1. tabulā. Tabulā iekļautie dati ļauj aprēķināt izmantoto barības elementu daudzumu ar katru mēslojuma normu un maisījumu.

1. tabula / Table 1

Barības elementu saturs digestāta un koksnes pelnu maisījumos

Nutrient content of digestate and wood ash mixtures

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

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

Par kontroles variantiem izmantoja nemēslotus ziemas rapša lauciņus un liellopu kūtsmēsliu digestātu (GD) mēslojuma normas. Varianti divu faktoru izmēģinājumā izvietoti randomizēti, trīs atkārtojumos. Kopumā izmēģinājumā tika ierīkoti 66 lauciņi, katra lauciņa platība bija 30 m².

Ziemas rapša priekšaugi bija ziemas kvieši (*Triticum aestivum* L.). Izmēģinājumu lauciņu sagatavošanai tika veikta aršana līdz 22 cm dziļumam, un pirms sējas sagatavotajos ziemas rapša lauciņos tika izklaidēti iepriekš sagatavotie koksnes pelnu un liellopu kūtsmēsliu digestāta maisījumi un B5 – GD + P 3:1 + N16P40K60 kg ha^{-1} , kurus iestrādāja augsnē ar pirmssējas augsnes apstrādes agregātu – kompaktoru ZIRKON 8. Sējai tika izmantota ziemas rapša šķirne 'Visby' ar izsējas normu 80 dīgstošas sēklas uz m². Ziemas rapša sēja tika veikta 1.5 līdz 2 cm dziļumā. Pavasarī, atjaunojoties veģetācijai, izmēģinājuma varianta A6 lauciņos tika iestrādāti N 68.8 kg ha^{-1} amonija nitrāta.

Salīdzinājumā ar ilggadējiem meteoroloģiskajiem rādītājiem (turpmāk tekstā – norma), no 2020./2021. gada sezonas septembra līdz janvārim novēroti krietni siltāki laikapstākļi. Februārī dienas vidējā gaisa temperatūra bija par 0.7 °C vēsāka nekā ilggadēji novērots. Martā vidējā diennakts gaisa temperatūra bija par 3.1 °C siltāka par normu. Aprīlī un maijā vidējā diennakts gaisa temperatūra ir bijusi līdzīga ilggadējiem rādītājiem. Netipiski silts bija 2021. gada jūnijs un jūlijs, kad mēneša vidējā diennakts gaisa temperatūra bija par 3.6 un 5.6 °C augstāka nekā iepriekš. Ilggadējie dati par nokrišņu daudzumu liecina, ka laika gaitā no septembra sākuma līdz jūlija beigām vidēji katrā sezonā nolīst 188.4 mm, turpretī 2020./2021. gada sezonā minētajā laika posmā nokrišņu summa veidoja vien 76.1 mm. Tā septembrī nokrišņu summa veidojusi 5.4 mm, bet ilggadējā nokrišņu summa konkrētajā

mēnesī ir 20.9 mm, tas nozīmē, ka jau pēc sējas nokrišņu daudzums ir bijis zems, kas varētu ietekmēt ziemas rapša dīgšanu un attīstību. Oktobrī nokrišņu summa bijusi līdzīga ilggadējiem vidējiem radītājiem, bet visas pārējās sezonas gaitā nokrišņu summa bijusi daudz zemāka nekā iepriekš. Tas nozīmē, ka rapsis, iespējams, ir cietis no sausuma stresa.

Ziemas rapša izmēģinājumu kulšana norisinājās 2021. gada 21. jūlijā. Pēc izmēģinājuma lauciņu nokulšanas katra lauciņa raža tika nosvērta un attīrīta, izmantojot PFEUFFER SLN3 paraugu tīrāmo iekārtu. Pēc tam, izmantojot ekspresanalizatoru Infratec NOVA (Foss), tika noteikts paraugu mitrums, eļļas saturs sēklās (%) un tilpummasa (kg hL^{-1}). Izmantojot iegūto rezultātu, tika aprēķināta iegūtā raža (t ha^{-1}) un iegūtais eļļas daudzums (t ha^{-1}) pie standartmitruma (8%) un pilnīgas (100%) paraugu tīrības. Paraugiem ar standartmetodi (LVS EN ISO 520) tika noteikta arī 1000 sēklu masa, g.

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

Rezultāti un diskusijas

Vidējā ziemas rapša sēklu raža pētāmajos variantos sasniedz $1.97\text{--}2.48 \text{ t ha}^{-1}$, apskatot šķirnes potenciālu 2020./2021. gada sezonā, iespējams konstatēt, ka tā bijusi zema (2. tab.). Tas ir izskaidrojams ar sausajiem un karstajiem laikapstākļiem gan ziemas rapša dīgšanas laikā, gan atsākoties veģetācijas sezonai. Kā rakstīts literatūrā, sausuma stresa ietekmē rapsim samazinās stublāja diametrs un garums, kā arī negatīvi tiek ietekmēta rapša sēklu raža (Sangtarash et al., 2009). Mūsu pētījumos zemākā ziemas rapša sēklu raža 1.97 t ha^{-1} tika iegūta tieši no kontroles varianta lauciniem (2. tab.).

2. tabula / Table 2

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz ziemas rapša sēklu ražu, t ha^{-1}

The effect of different digestate and wood ash mixtures on winter rape seed yield, t ha^{-1}

Mēslojuma norma / Fertilizer rate, t ha^{-1} (F _A)	Digestāta un pelnu attiecība maisījumā / Digestate and wood ash ratio in the mixture (F _B)							(F _A) p = 0.003 RS(LSD) _{0.05} = 0.149
	GD	GD + P 1:1	GD + P 2:1	GD + P 3:1	GD + P 3:1 + NPK	GD + P 3:1 + N	GD + P 4:1	
Kontrole/Control	1.97							1.97
5 t ha^{-1}	1.8 5	2.21	1.94	2.24	2.12	1.77	2.30	2.05
10 t ha^{-1}	2.7 6	2.47	2.45	2.24	2.53	2.06	2.66	2.45
20 t ha^{-1}	2.2 6	2.67	2.13	2.03	2.11	2.25	2.50	2.28
Vidēji / On average p = 0.046 RS(LSD) _{0.05} (B) = 0.230 RS(LSD) _{0.05} (AB) = 0.393	2.2 9	2.45	2.17	2.17	2.26	2.03	2.48	×

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

Būtiski augstākas ($p < 0.05$) vidējās ziemas rapša sēklu ražas izmēģinājuma gadā tika iegūtas, ja mēslojuma variantiem tiek izmantotas 10 un 20 t ha^{-1} mēslojuma normas. Pie zemākās mēslojuma normas 5 t ha^{-1} variantiem GD, GD + P 2:1 un GD + P 3:1 + N ir bijusi zemāka raža nekā kontroles variantam, bet atšķirības nebija būtiskas ($p > 0.05$). Būtiski augstāka ($p < 0.05$) ziemas rapša vidējā sēklu raža ir iegūta variantos GD, GD + P 1:1., GD + P 3:1 + NPK un GD + P 4:1, un no visiem variantiem augstākās vidējās ziemas rapša sēklu ražas tika iegūtas tieši mēslojuma variantos GD + P 1:1 un GD + P 4:1 (2. tab.). Pētījumos ir pierādīts, ka, par mēslošanas līdzekli izmantojot šķidro digestātu vismaz 25 000 L ha^{-1} , ir iespējams būtiski ($p < 0.05$) palielināt ziemas rapša sēklu ražu, turklāt, palielinot izmantotā digestāta normas, palielinās arī ražas pieaugums (Koszel et al., 2020).

Šajā izmēģinājumā, izmantojot tikai digestātu, būtiski augstāka vidējā ziemas rapša sēklu raža salīdzinājumā ar kontroli tika konstatēta pie mēslojuma normas 10 t ha^{-1} visos jaukta mēslojuma variantos. Šāds iegūtais rezultāts liecina par to, ka konkrētajā izmēģinājuma gadā ražu limitējošais faktors nav bijis barības elementu deficīts. Par pieņemumu liecina arī fakts, ka digestāta un koksnes pelnu maisījumu variantā, kas tika papildināts ar N minerālmēslojumu, novērotais vidējais sēklu ražas pieaugums ir neliels, lai gan literatūrā atrodami dati, kas apliecina, ka, palielinot N mēslojumu līdz 60 kg ha^{-1} , ziemas rapša sēklu ražas pieaugums neatkarīgi no izmēģinājuma gada bijis būtisks (Litke, Gaile, Ruža, 2019).

Viens no galvenajiem ziemas rapša kvalitātes rādītājiem ir eļļas saturs rapša sēklās. Izvērtējot iegūtos rezultātus, ir redzams, ka būtiski augstāks ($p = 0.07$) vidējais eļļas saturs ziemas rapša sēklās konstatēts, izmantojot 5 t ha^{-1} digestāta un koksnes pelnu maisījumu normu. Starp maisījumu variantu vidējām vērtībām būtiski augstāks ($p = 0.001$) eļļas saturs tika iegūts variantos GD + P 1:1, GD + P 2:1, GD + P 3:1 un GD + P 3:1 + NPK. Savukārt būtiski zemāks ($p = 0.001$) eļļas saturs tika iegūts no variantiem, kuru mēslošanai papildus tika izmantots amonija nitrāts (3. tab.). Šāda tendence ir novērota arī citos pētījumos, kur, palielinot N mēslojuma normas, būtiski samazinās eļļas saturs ziemas rapša sēklās (Farahbakhsh, Pakgohar, Karimi, 2006).

3. tabula / Table 3

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz eļļas saturu ziemas rapša sēklās, %
The effect of different digestate and wood ash mixtures on oil content into winter rape seed, %

Mēslojuma norma / Fertilizer rate, t ha^{-1} (F_A)	Digestāta un pelnu attiecība maisījumā / Digestate and wood ash ratio in the mixture (F_B)							Vidēji / On average (F_A)
	GD	GD + P 1:1	GD + P 2:1	GD + P 3:1	GD + P 3:1 + NPK	GD + P 3:1 + N	GD + P 4:1	$p = 0.007$ $RS(LSD)_{0.05} =$ 0.295
Kontrole/Control	47.3							47.3
5 t ha^{-1}	47.70	48.03	48.06	48.06	48.03	46.27	47.27	47.63
10 t ha^{-1}	47.23	47.50	47.70	47.63	47.57	45.87	47.40	47.27
20 t ha^{-1}	47.43	47.73	47.76	47.93	47.87	46.37	48.06	47.59
Vidēji / On average $RS(LSD)_{0.05} (B) = 0.390$ $RS(LSD)_{0.05} (AB) = 0.781$	47.45	47.75	47.84	47.87	47.82	46.17	47.58	×

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

Izmantotajiem koksnes pelnu un digestāta maisījuma variantiem nav bijusi būtiska ietekme ($p = 0.334$) uz vidējiem ziemas rapša sēklu eļļas ieguves rādītājiem. Savukārt, palielinot izmantotās maisījumu normas līdz 10 un 20 t ha^{-1} , redzams, ka iegūtais eļļas daudzums arī ir būtiski augstāks ($p = 0.004$) (4. tab.).

4. tabula / Table 4

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz ziemas rapša eļļas iznākumu, t ha⁻¹
Influence of different digestate and wood ash mixtures on winter rapeseed oil yield, t ha⁻¹

Mēslojuma norma / Fertilizer rate, t ha ⁻¹ (F _A)	Digestāta un pelnu attiecība maisījumā / Digestate and wood ash ratio in the mixture (F _B)							Vidēji / On average (F _A)
	GD	GD + P 1:1	GD + P 2:1	GD + P 3:1	GD + P 3:1 + NPK	GD + P 3:1 + N	GD + P 4:1	p = 0.004 RS(LSD) _{0.05} = 0.128
Kontrole/Control	0.93							0.93
5 t ha ⁻¹	0.88	1.06	0.93	1.07	1.02	0.80	1.11	0.98
10 t ha ⁻¹	1.30	1.17	1.17	1.07	1.21	0.94	1.26	1.16
20 t ha ⁻¹	1.07	1.28	1.02	0.97	1.01	1.04	1.18	1.08
Vidēji / On average p = 0.334	1.08	1.17	1.04	1.04	1.08	0.93	1.18	×

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

Ziemas rapša sēklu tilpummasas rādītāju izmaiņu analīze apliecināja, ka, palielinot koksnes pelnu un digestāta mēslojuma normas, būtiski samazinās ($p = 0.001$) ziemas rapša sēklu tilpummasa, salīdzinot ar kontroli. Ja salīdzina maisījumu variantus, tad būtiski augstāka ($p = 0.001$) tilpummasa ir novērota variantā, kura mēslošanai papildus tika izmantots amonija nitrāts. Šajā variantā tilpummasa sasniedza vidēji 67.96 kg hL⁻¹, kas ir līdzīgs rādījums kontroles varianta tilpummasai (5. tab.).

5. tabula / Table 5

Digestāta un koksnes pelnu maisījumu ietekme uz ziemas rapša sēklu tilpummasu, kg hL⁻¹
Influence of digestate and wood ash mixtures on the bulk density of winter rape seeds, kg hL⁻¹

Mēslojuma norma / Fertilizer rate, t ha ⁻¹ (F _A)	Digestāta un pelnu attiecība maisījumā / Digestate and wood ash ratio in the mixture (F _B)							Vidēji / On average (F _A)
	GD	GD + P 1:1	GD + P 2:1	GD + P 3:1	GD + P 3:1 + NPK	GD + P 3:1 + N	GD + P 4:1	p = 0.001 RS(LSD) _{0.05} (B) = 0.210 RS(LSD) _{0.05} (AB) = 0.430
Kontrole/Control	67.93							
5 t ha ⁻¹	67.10	67.33	67.27	67.20	67.20	68.03	67.33	67.35
10 t ha ⁻¹	67.17	66.83	67.50	67.17	66.93	67.93	67.50	67.29
20 t ha ⁻¹	67.13	67.13	66.97	67.23	67.20	67.93	67.23	67.26
Vidēji / On average p = 0.001 RS(LSD) _{0.05} (B) = 0.210 RS(LSD) _{0.05} (AB) = 0.430	67.13	67.10	67.25	67.20	67.11	67.96	67.35	×

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

Izmēģinājuma gaitā tika vērtēti arī dati par koksnes pelnu un digestāta maisījumu ietekmi uz ziemas rapša 1000 sēklu masu. Kopumā vidēji 1000 sēklu masa konkrētajā sezonā ievāktajiem paraugiem ir bijusi robežās no 4.37 līdz 4.79 gramam. Tika novērots, ka starp mēslojuma variantiem ir nelielas atšķirības, bet izmēģinājuma gadā tās nav bijušas būtiskas ($p = 0.671$). Mainoties mēslojuma maisījumu normām, arī nav konstatētas būtiskas atšķirības ($p = 0.095$) starp ievāktajiem ziemas rapša sēklu paraugiem. Kopumā izmēģinājumā iegūtos zemos 1000 sēklu masas rādījumus konkrētajā sezonā varētu izskaidrot ar sausajiem apstākļiem, kas kavēja augu attīstību pavasarī, kā arī radīja augiem paaugstinātu karstuma un sausuma stresu ziedēšanas beigās un pirms ziemas rapša pilngatavības.

Secinājumi

Izmantojot koksnes pelnu un digestāta maisījumus, var iegūt labas ziemas rapša sēklu ražas bez minerālmēslu lietošanas.

Augstāko ziemas rapša sēklu ražu konkrētajā izmēģinājuma gadā ieguva no variantiem, kur mēslošanai tika izmantotas mēslojuma normas 10 t ha^{-1} .

Augstāks eļļas saturs ziemas rapša sēklās bija variantos, kuru mēslošanai tika izmantotas 5 t ha^{-1} mēslošanas līdzekļa maisījuma.

Ziemas rapša sēklu tilpummasa pētāmos variantos šajā gadā bija tikai nedaudz lielāka par 67.0 kg hL^{-1} .

Lai gūtu precīzākus secinājumus par šī mēslojumā efektivitāti, pētījumi ir jāturpina.

Pateicība. Pētījums ir 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. Farahbakhsh H., Pakgohar N., Karimi A. (2006). Effects of nitrogen and sulphur fertilizer on yield, yield components and oil content of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, Vol. 5, p. 112–115.
2. Hejcman M., Ondracek J., Smrz Z. (2011). Ancient waste pits with wood ash irreversibly increase crop production in Central Europe. *Plant and Soil*, Vol. 339(1), p. 341–350.
3. Koszel M., Parafiniuk S., Szparaga A., Bochniak A., Kocira S., Atanasov A., Kovalyshyn S. (2020). Impact of Digestate Application as a Fertilizer on the Yield and Quality of Winter Rape Seed. *Agronomy*, Vol. 10(6), p. 878–896.
4. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2019). Slāpekļa mēslojuma un augsnes apstrādes ietekme uz ziemas rapša ražu un kvalitāti. **No:** *Līdzsvarota lauksaimniecība: LLU LF, LAB un LLMZA zinātniski praktiskās konferences Raksti* (2019. gada 21. februāris), Jelgava: LLU, 44.–49. lpp.
5. Patterson S. J., Acharya S. N., Bertschi A. B., Thomas J. (2004). Application of Wood Ash to Acidic Boralf Soils and its Effect on Oilseed Quality of Canola. *Agronomy Journal*, Vol. 96(5), p. 1344–1348.
6. Sangtarash M. H., Qadri M. M., Chinnapa C. C., Reid D. M. (2009). Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 66, p. 212 – 219.