

KOKSNES PELNU IETEKME UZ ZIEMAS KVIEŠU RAŽĪBU UN RAŽAS KVALITĀTI

THE EFFECT OF WOOD ASH ON THE PRODUCTIVITY AND YIELD QUALITY OF WINTER WHEAT

Agrita Švarta¹, Anda Rūtenberga-Āva², Solveiga Maļeckā³

¹LBTU LPTF Zemkopības institūts, ²LBTU LPTF Augu šķirņu saimniecisko īpašību novērtēšanas centrs, ³AREI Stendes pētniecības centrs
agrita.svarta@lbtu.lv

Kopsavilkums. Rakstā analizēta koksnes pelnu ietekme uz ziemas kviešu (otrais gads pēc kalpošanas) ražu un ražas kvalitāti, salīdzinot ar citiem kalpošanas materiāliem. Demonstrējumā iekļauti četri varianti: 1) bez augsnes kalpošanas; 2) ātras iedarbības kalpošanas materiāls (koksnes pelni); 3) granulēts krīta kalķis "PolCalc"; 4) lēnas iedarbības kalpošanas materiāls – granulēts kalpošanas materiāls "Kalk V"). Augsnes kalpošanu veica 2023. gada pavasarī pirms zirņu (priekšaug) sējas. Augsnes reakcija pirms demonstrējuma ierīkošanas bija šāda: Stendē pH_{KCl} 5.6–5.9, bet Skrīveros – pH_{KCl} 4.9–5.3. Kalpošanas devas katram kalpošanas materiālam aprēķinātas pēc augsnes agroķīmisko analīžu rezultātiem, lai paaugstinātu augsnes pH par vienu vienību. 2024. gada meteoroloģiskajos apstākļos iegūtā ziemas kviešu graudu raža demonstrējumu vietās būtiski atšķīrās: Skrīveros 2.72–6.60 t ha⁻¹, Stendē 8.96–10.17 t ha⁻¹ atkarībā no variantā. Abās demonstrējuma vietās kalpotajos variantos ražas pieaugums bija būtisks, salīdzinot ar kontroles variantu. Sausais un karstais laiks ietekmēja graudu pildīšanos, abās demonstrējuma vietās būtiski atšķīrās 1000 graudu masa: Stendē 46.6 g, bet Skrīveros – tikai 36.7 g (augsnes kalpošana šo rādītāju neietekmēja). Vienīgais ražas struktūrelements, kuru ietekmēja augsnes kalpošana, bija graudu skaits vārpā. Variantos, kuros veikta augsnes kalpošana, graudu skaits vārpā bija lielāks nekā kontroles variantā.

Atslēgas vārdi: augsnes skābums, koksnes pelni, ziemas kvieši.

Ievads

Koksnes pelni ir degšanas procesa produkts, kas satur dažādus makro un mikroelementus. Izmantojot digestāta un koksnes pelnu maisījumus, iespējams iegūt pietiekami augstas un kvalitatīvas ziemas kviešu ražas arī bez minerālmēslojuma izmantošanas. Tomēr augstākās ziemas kviešu ražas iegūtas, lietojot liellopu digestāta un koksnes pelnu maisījumu attiecībā 3:1 un papildinot šos maisījumus tikai ar slāpekli vai arī ar trim makroelementiem (N, P, K). Šādu mēslojuma maisījumu lietošana paaugstināja arī graudu kvalitātes rādītājus, piem., proteīna saturu (Jaunas tehnoloģijas ..., 2023).

Ik gadu Latvijā palielinās skābo augšņu daudzums, kurās pH_{KCl} saturs ir mazāks par 5.5. Šādās augsnēs barības vielu uzņemšana augos ir apgrūtināta. Aprēķināts, ka šādās augsnēs slāpekļa efektivitāte ir 77%, bet fosfora un kālija efektivitāte ir ievērojami zemāka – attiecīgi 34 un 52% (Kreismane, Naglis-Liepa, Popluga et al., 2016). Koksnes pelni satur vērā ņemamu daudzumu fosfora un kālija, kas īpaši trūkst skābās augsnēs. Tie darbojas ne tikai kā mēslojums, bet arī kā kalpošanas līdzeklis (Lazdiņa, Bebre, Dūmiņš et al., 2017).

Publikācijas mērķis – analizēt koksnes pelnu ietekmi uz ziemas kviešu (otrais gads pēc kalpošanas) ražību un ražas kvalitāti, salīdzinot ar citiem kalpošanas materiāliem.

Materiāli un metodes

Demonstrējums iekārtots LBTU LPTF Zemkopības institūtā Skrīveros (56° 63.863' N, 25° 10.618' E) un AREI Stendes pētniecības centrā (57° 18.342' N, 22° 56.471' E) no 2023. līdz 2025. gadam. Kalpošanas materiālu efektivitāti pēta augu maiņā, kurā iekļauti kultūraugi, kas ir jutīgi pret augsnes skābumu: 2023. gadā – zirņi; 2023./2024. gadā – ziemas kvieši, savukārt 2024./2025. gadā – ziemas rapsis. Rakstā analizēta kalpošanas ietekme uz ziemas kviešu (otrais gads pēc kalpošanas) ražu un ražas kvalitāti.

Demonstrējumā iekļauti 4 varianti: 1) kontrole – bez augsnes kalpošanas; 2) granulēts krīta kalķis PolCalc (Polija) (neitralizēšanas spēja 93%, izteikta kā $CaCO_3$, granulū izmērs 2–8 mm); 3) lēnas iedarbības kalpošanas materiāls – granulēts kalpošanas materiāls Kalk V (UAB "Mortar", Akmene, Lietuva) (neitralizēšanas spēja 94.6%, izteikta kā $CaCO_3$, granulū lielums 2–5 mm); 4) ātras iedarbības kalpošanas materiāls – koksnes pelni (SIA "Rīgas Bioenerģija", Rīga, Latvija) (neitralizēšanas spēja 43.6%, izteikta kā $CaCO_3$, 2.0% P_2O_5 , 3.7% K_2O , Cu, Zn, Fe, Mn, daļiņas < 1 mm 30.4%).

Skrīveros demonstrējums iekārtots velēnu podzolētā viegla smilšmāla augsnē, savukārt Stendē – velēnu podzolētā virspusēji glejota viegla smilšmāla augsnē. Pirms demonstrējumu lauku iekārtošanas noņemti augsnes paraugi (1. tab.), lai aprēķinātu nepieciešamās mēslojuma un kalļojamā materiāla devas (2. tab.) katrai demonstrējuma vietai. Augšņu analīzes veiktas Valsts augu aizsardzības dienesta Agroķīmijas laboratorijā. Augsnes reakcija noteikta pēc ISO 10390:2021 (1 M KCl suspensijā), kustīgā fosfora un kālija saturs noteikts ar Egnera-Rīma metodi, apmaiņas magnija saturs noteikts 0.02 Ca laktāta šķīdumā, bet apmaiņas kalcija saturs – 1 M KCl šķīdumā. Kalļošanas materiāla devas aprēķinātas, lai samazinātu augsnes skābumu par vienu vienību.

1. tabula / Table 1

Augsnes agroķīmiskie rādītāji pirms augsnes kalļošanas, 2022. gada rudens
Soil agrochemical characteristics before liming, autumn, 2022

Rādītāji/ Parameters	Skrīveri/ Skriveri	Stende/ Stende
pH _{KCl} /pH KCl	4.9–5.3	5.6–5.9
Organiskā viela, g kg ⁻¹ / Organic matter content, g kg ⁻¹	22–32	27–30
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹ / P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	100–175	113–130
K ₂ O, mg kg ⁻¹ / K ₂ O, mg kg ⁻¹	65–96	121–143
Mg, mg kg ⁻¹ / Mg, mg kg ⁻¹	48–82	74–86
Ca, mg kg ⁻¹ / Ca, mg kg ⁻¹	628–709	631–731

2. tabula / Table 2

Kalļojamā materiāla normas, t ha⁻¹
The rates of liming material, t ha⁻¹

Varianti/ Variants	Kalļošanas materiāls / Liming material	Norma, t ha ⁻¹ / Rate, t ha ⁻¹	
		Skrīveri/ Skriveri	Stende/ Stende
1.	Bez kalļošanas / Without liming	–	–
2.	Koksnes pelni / Wood ash	16.00	8.00
3.	Granulēts kalļošanas materiāls PolCalc / Granulated liming material PolCalc	1.00	1.00
4.	Lēnas iedarbības – Kalc V / Slow-acting liming material Kalc V	6.00	4.00

Augsnes kalļošanu veica 2023. gada pavasarī pirms zirņu sējas – Stendē visus kalļošanas materiālus izkaisīja ar kaisītāju, kas piemērots smilšu kaisīšanai, savukārt Skrīveros granulēto kalļošanas materiālu izkaisīja ar minerālmēsļu kaisītāju Kuhn. Kalļošanas materiālu iestrādāja augsnē ar kultivatoru pirms zirņu sējas.

Demonstrējumā audzēta ziemas kviešu šķirne 'SU Mangold'. Sēklas materiāls kodināts ar Maxim 025 FS (fludioksonils, 25 g L⁻¹) 2.0 L t⁻¹. Pamatmēslojumā lietoti kompleksie minerālmēsli 7–20–30: Skrīveros – 300 kg ha⁻¹ (25.09.2023.), bet Stendē 350 kg ha⁻¹ (22.09.2023.). Graudu izsējas norma 205 kg ha⁻¹, sējas termiņš Stendē – 22.09.2023., bet Skrīveros – 25.09.2023. Pēc veģetācijas atjaunošanās abās demonstrējuma vietās dots slāpekļa papildmēslojums 300 kg ha⁻¹ (Yara Bela Axan (27% N, 4% S)). Stiebrošanas fāzes sākumā (Stendē 10.05.2024., Skrīveros 29.04.2024.) izmantots otrais slāpekļa papildmēslojums 260 kg ha⁻¹ (Yara Bela Axan (27% N, 4% S)). Sējuma lietots augšanas regulators: Stendē (15.05.2024.) – Moddus 250 EC (etil-trineksapaks, 250 g L⁻¹) 0.4 L ha⁻¹, Skrīveros (03.05.2024.) – Cycocel 750 (hlormekvāta hlors, 750 g L⁻¹) 1 L ha⁻¹. Nezaļu ierobežošanai Stendē (28.04.2024.) lietoti herbicīdi Saracen (florasulams, 50 g L⁻¹) 0.1 L ha⁻¹, Nuance 75WG (metiltribenurons, 714 g kg⁻¹) 15 g ar virsmas aktīvo vielu Dash 0.2 L ha⁻¹. Skrīveros lietots Biathlon 4D (tritosulfurons, 50 g kg⁻¹, florasulams, 54 g kg⁻¹), 50 g ha⁻¹ ar Dash 0.5 L ha⁻¹. Slimību ierobežošanai ziemas kviešu sējumā Stendē lietoti fungicīdi: 15.05.2024. Prosaro (protiokonazols, 125 g L⁻¹; tebukonazols, 125 g L⁻¹) 0.75 L ha⁻¹ un 03.05.2024. Input (protiokonazols, 160 g L⁻¹; spiroksamīna, 300 g L⁻¹) 0.8 L ha⁻¹, savukārt Skrīveros abās smidzināšanas reizēs (30.04.2024., 23.05.2024.) lietots

Priaxor (fluksapiroksāds, 75 g L⁻¹; piraklostrobins, 150 g L⁻¹) 0.4 L ha⁻¹ un *Curbatur* (protiokonazols, 250 g L⁻¹) 0.4 L ha⁻¹ maisījums.

Pirms ražas novākšanas (25.07.2024. – Stendē, 02.08.2024. – Skrīveros) katrā demonstrējuma variantā četros atkārtojumos noņemti paraugkūļi ražas struktūrelementu (produktīvo stiebru skaits, gab. m⁻²; graudu skaits vārpā, g; 1000 sēklu masa, g) noteikšanai.

Graudu raža pārrēķināta t ha⁻¹ pie 100% tīrības un 14% mitruma. Graudu kvalitātes analīzes veiktas LBTU LPTF Graudu un sēklu mācību zinātniskajā laboratorijā, izmantojot analizatoru *Infratec Nova*. Tika noteikts proteīna, lipekļa, cietes saturs, sedimentācijas vērtība un tilpummasa. Savukārt 1000 graudu masa noteikta ar standartmetodi (LVS EN ISO 520). Starpību būtiskuma novērtēšanai izmantota vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīze ar atkārtojumiem, izmantojot programmu *R-studio*, īstenotā metode – Bonferroni tests.

Rezultāti un diskusijas

Meteoroloģiskie apstākļi ziemas kviešu augšanai un attīstībai bija labvēlīgi. Diennakts vidējā gaisa temperatūra jau vairākus gadus ir augstāka nekā vidējā ilggadējā temperatūra. Ziemešanas periodā abās demonstrējuma vietās bija periodi ar bagātīgiem nokrišņiem gan sniega, gan lietus veidā, tāpat Skrīveros 2024. gada janvārī tika novērots kailsala periods. Kopumā veģetācijas periods raksturojams kā sauss un karsts ar reti nokrišņiem lietusgāzu veidā.

Produktīvo stiebru skaits (3. tab.) abās demonstrējuma vietās būtiski atšķīrās ($p < 0.05$): Stendē vidēji 458.4 gab. m⁻², bet Skrīveros tikai 354.0 gab. m⁻². Lai gan vidējais graudu skaits vārpā demonstrējuma vietās būtiski neatšķīrās ($p > 0.05$), tomēr variantos, kur veica augsnes kaļķošanu, graudu skaits vārpā vidēji abās demonstrējuma vietās bija būtiski lielāks nekā kontroles variantā.

3. tabula / Table 3

Ziemas kviešu ražas struktūrelementi atkarībā no kaļķošanas materiāla veida 2024. gadā Winter wheat yield-forming components depending on used liming materials in 2024

Varianti/Variants	Stende/ Stende	Skrīveri/ Skriveri
Produktīvo stiebru skaits, gab. m⁻² / Number of productive tillers, pieces m⁻²		
1. Bez kaļķošanas / Without liming	486.7 ^{nb}	315.9 ^{nb}
2. Koksnes pelni / Wood ash	475.0 ^{nb}	370.8 ^{nb}
3. Granulētais kaļķošanas materiāls PolCalc / Granulated liming material PolCalc	466.7 ^{nb}	347.9 ^{nb}
4. Lēnas iedarbības – Kalc V / Slow-acting liming material	405.0 ^{nb}	381.3 ^{nb}
Vidēji / On average	458.4 ^A	354.0 ^B
Graudu skaits vārpā, gab. / Number of grains per ear, pieces		
1. Bez kaļķošanas / Without liming	43.7 ^{ab}	33.1 ^b
2. Koksnes pelni / Wood ash	36.8 ^b	45.4 ^a
3. Granulētais kaļķošanas materiāls PolCalc / Granulated liming material PolCalc	39.7 ^{ab}	44.4 ^a
4. Lēnas iedarbības – Kalc V / Slow-acting liming material	46.3 ^a	46.1 ^a
Vidēji / On average	41.6 ^A	42.3 ^A
1000 graudu masa, g / 1000 grain weight, g		
1. Bez kaļķošanas / Without liming	44.9 ^{nb}	38.6 ^{nb}
2. Koksnes pelni / Wood ash	45.0 ^{nb}	34.3 ^{nb}
3. Granulētais kaļķošanas materiāls PolCalc / Granulated liming material PolCalc	46.6 ^{nb}	38.0 ^{nb}
4. Lēnas iedarbības – Kalc V / Slow-acting liming material	44.9 ^{nb}	36.0 ^{nb}
Vidēji / On average	45.4 ^A	36.7 ^B

Statistiski būtiskas atšķirības apzīmētas ar atšķirīgiem burtiem ($p < 0.05$): mazie burti – katrā demonstrējuma vietā, lielie burti – starp demonstrējuma vietām, nb – faktora ietekme nav statistiski būtiska ($p > 0.05$) / Significant differences are marked with different letters ($p < 0.05$): lowercase letters – at each demonstration site, capital letters – between demonstration sites, nb – the effect of studied factors was not significant ($p > 0.05$).

Demonstrējuma vietās būtiski atšķīrusies arī 1000 graudu masa ($p < 0.05$): vidēji starp variantiem Stendē tā bija 46.6 g, bet Skrīveros tikai 36.7 g, tomēr augsnes kaļķošana nav būtiski ietekmējusi šo

rādītāju. Latvijā veiktos pētījumos ir iegūti līdzīgi rezultāti, apstiprinot faktu, ka labības ražas pieaugums mēslotajās platībās (lietots liellopu kūsmēslo un koksnes pelnu maisījums) galvenokārt skaidrojams ar graudu skaita vārpā pieaugumu, bet 1000 graudu masas pieaugums nav bijis būtisks (Augsnes ielabošana....., 2021).

Ziemas kviešu graudu raža (4. tab.) abās demonstrējuma vietās būtiski atšķīrās ($p < 0.05$): vidēji Stendē 9.69 t ha^{-1} , bet Skrīveros – 4.54 t ha^{-1} . Lielākās ražas starpības starp variantiem iegūtas Skrīveros, kur raža variēja no 2.72 t ha^{-1} (kontroles variants) līdz 6.60 t ha^{-1} (variants, kur lietots granulētais kaļķošanas materiāls Kalc V). Abās demonstrējuma vietās būtiski zemāku ražu ieguva variantā bez augšnes kaļķošanas.

4. tabula / Table 4

Ziemas kviešu raža atkarībā no lietotā kaļķošanas materiāla veida 2024. gadā, t ha^{-1}
The grain yield of winter wheat depending on used liming material in 2024, t ha^{-1}

Varianti/Variants	Stende/Stende	Skrīveri/Skrīveri
1. Bez kaļķošanas / Without liming	8.96 ^b	2.72 ^d
2. Koksnes pelni / Wood ash	9.92 ^a	5.41 ^{ab}
3. Granulētais kaļķošanas materiāls PolCalc / Granulated liming material PolCalc	10.17 ^a	4.47 ^{bc}
4. Lēnas iedarbības – Kalc V / Slow-acting liming material Kalc V	10.03 ^a	6.60 ^a
Vidēji / On average	9.69 ^A	4.54 ^B

Atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0.05$): mazie burti – katrā demonstrējuma vietā, lielie burti – starp demonstrējuma vietām / Significant differences are marked with different letters ($p < 0.05$): lowercase letters – at each demonstration site, capital letters – between demonstration sites.

Vērtējot graudu kvalitāti, nācās secināt, ka iegūtā graudu raža neatbilst pārtikas graudu prasībām⁵. Lai gan Stendē (5. tab.) graudi bija ievērojami rupjāki (tilpummasa $797.8\text{--}800.9 \text{ g L}^{-1}$), tomēr tiem bija ļoti zems proteīna saturs ($9.2\text{--}9.6\%$) un lipekļa saturs ($15.1\text{--}15.8\%$). Skrīveros, variantos ar augšnes kaļķošanu, iegūts būtiski augstāks proteīna saturs ($11.0\text{--}11.7\%$) un lipekļa saturs ($19.2\text{--}20.7\%$) salīdzinājumā ar kontroles variantu (attiecīgi 8.2 un 9.2%).

5. tabula / Table 5

Ziemas kviešu graudu kvalitāte atkarībā no lietotā kaļķošanas materiāla veida 2024. gadā, t ha^{-1}
Winter wheat grain quality depending on used liming material in 2024, t ha^{-1}

Varianti/Variants	Proteīna saturs, % / Protein, %		Lipeklis, % / Gluten, %		Tilpummasa, g L^{-1} / Volume weight, g L^{-1}	
	Stende/Stende	Skrīveri/Skrīveri	Stende/Stende	Skrīveri/Skrīveri	Stende/Stende	Skrīveri/Skrīveri
1. Bez kaļķošanas / Without liming	9.4	8.2	15.8	12.4	798.4	735.7
2. Koksnes pelni / Wood ash	9.2	11.7	15.1	20.7	799.8	733.5
3. Granulētais kaļķošanas materiāls PolCalc / Granulated liming material PolCalc	9.3	11.7	15.4	20.5	797.8	743.0
4. Lēnas iedarbības – Kalc V / Slow-acting liming material Kalc V	9.6	11.0	15.8	19.2	800.9	747.3

⁵ "Dobeles dzirnavnieks" kvalitātes prasības. [Tiešsaiste] [skatīts: 2025. g. 9. martā]. Pieejams: <https://dzirnavnieks.lv/kvalitates-prasibas/>.

Secinājumi

Iegūtā ziemas kviešu graudu raža demonstrējumu vietās būtiski atšķīrās: Skrīveros tā veidoja 2.72–6.60 t ha⁻¹, Stendē 8.96–10.17 t ha⁻¹ atkarībā no varianta. Abās demonstrējuma vietās kaļķotajos variantos ražas pieaugums bija būtisks, salīdzinot ar variantu bez augsnes kaļķošanas.

Sausais un karstais laiks ietekmēja graudu pildīšanos. Abās demonstrējuma vietās būtiski atšķīrās 1000 graudu masa. Vienīgais ražas struktūrelements, kuru ietekmēja augsnes kaļķošana, bija graudu skaits vārpā. Variantos, kuros veikta augsnes kaļķošana, graudu skaits vārpā bija lielāks nekā kontroles variantā.

Kopumā ziemas kviešu graudu kvalitāte neatbilda pārtikas graudu kvalitātes rādītājiem, tomēr Skrīveros (variantos, kuros veikta augsnes kaļķošana) tika iegūts būtiski augstāks proteīna saturs, salīdzinot ar kontroles variantu.

Pateicība. Demonstrējums "Koksnes pelnu efektivitāte augsnes pH līmeņa regulēšanai laukaugiem un salīdzinājums ar citiem kaļķošanas materiāliem" (8. lote) veikts, īstenojot Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.–2020. gadam pasākuma „Zināšanu pārneses un informācijas pasākumi” apakšpasākumu „Atbalsts demonstrējumu pasākumiem un informācijas pasākumiem”.

Abstract. The study analyzes the influence of wood ash on winter wheat (the 2nd year after liming) yield and the yield quality compared to other liming materials. The demo included four variants: (1) without soil liming, (2) fast-acting material – wood ash, (3) granulated liming material PolCalc, (4) slow-acting material – liming material Kalk V. Soil liming was carried out in spring 2023 prior to pea (plant) sowing. The soil response prior to the demonstration was: Stende pH_{KCl} 5.6–5.9 and Skrīveri pH_{KCl} 4.9–5.3. The liming rates for each liming material were calculated from the results of agrochemical analysis of the soil to increase pH of the soil by one unit. In 2024, the winter wheat grain yield varied significantly between demonstration sites: Skrīveri 2.72–6.60 t ha⁻¹, Stende 8.96–10.17 t ha⁻¹, depending on the variant. At both demonstration sites, the increase in yield was significant compared to the control variant in all variants with liming. Dry and hot weather affected grain filling, with 1000 grain weight varying significantly between the demonstration sites: 46.6 g in Stende, and only 36.7 g in Skrīveri (soil liming did not influence this yield-forming element). The only yield-forming element affected by soil liming material was the number of grains in the ear. In variants where liming was done, the number of grains in the ear was higher than in the control option.

Key words: soil acidity, wood ash, winter wheat.

Izmantotā literatūra

1. Kreišmane Dz., Naglis-Liepa K., Popluga D., Lēnerts A., Rivža P. (2016). Liming effect on nitrogen use efficiency and nitrogen oxide emissions in crop farming. *In: Proceedings of the Annual 22nd International conference: Research for Rural Development*, Jelgava, Latvia, 4–5 March, 2004, Vol 1, p. 30–36.
2. Lazdiņa D., Bebre I., Dūmiņš K., Skrandā I., Lazdins A., Jansons J., Celma S. (2017). Wood ash – green energy production side product as fertilizer for vigorous forest plantations. *Agronomy Research*, 15 (2), p. 468–477.
3. *Jaunas tehnoloģijas izstrāde augu mēslošanas līdzekļu ražošanai no biogāzes ražošanas fermentācijas atliekām – digestāta un šķeldu koģenerācijas atliekām – koksnes pelniem*. Pārskats par zinātniskās pētniecības darbu (01.10.2019.–01.08.2023.) (2023). Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 238 lpp. [Tiešsaiste] [skatīts 2025. g. 9. martā]. Pieejams: https://www.laukutikls.lv/sites/laukutikls.lv/files/raksti/sadarbibas_projekta_gala_atskaite_06.12.23_lab.pdf.
4. *Augsnes ielabošana ar bioloģiskas izcelsmes saturošiem materiāliem*. Pārskats (15.02.2019.–31.12.2021.) (2021). Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 31 lpp. [Tiešsaiste] [skatīts 2025.g. 9. aprīlī]. Pieejams: <https://www.silava.lv/images/Petijumi/2019-ELFLA-050/2021-12-ELFLA-050-parskats.pdf>.