

Atskaite

par ZM subsīdiju projektu

**„Minimālās augsnes apstrādes ietekme uz augsnes
auglības saglabāšanu, kaitīgo organismu attīstību un
izplatību, ražu un tās kvalitāti bezmaiņas sējumos”**

Projekta vadītāja:

Biruta Bankina, Dr. biol.,

vadošā pētniece, profesore

**Jelgava
2021**

Projektā piedalās:

Zinta Gaile, Dr. agr., vadošā pētniece

Ilze Vircava, Dr. geol., vadošā pētniece

Madara Darguža, Mg. agr., pētniece

Adrija Dorbe, Mg. agr., doktora grāda pretendente, pētniece

Jānis Kaņeps, Mg. agr., doktorants, pētnieks

ANOTĀCIJA

Minimālās augsnes apstrādes ietekme uz augsnes auglības saglabāšanu, kaitīgo organismu attīstību un izplatību, ražu un tās kvalitāti bezmaiņas sējumos (2020). Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Jelgava, LLU. 44 lpp., 5 tab., 34. att.

2008. gada rudenī LLU mācību pētījumu saimniecībā „Pēterlauki” iekārtos divfaktoru izmēģinājums: 1) augsnes apstrāde (A1 – aršana 22 – 22 cm dziļumā; A2 – bez apvēršanas apstrāde (lobīšana) līdz 10 cm dziļumā; 2) augu maiņa (B1 – ziemas kvieši bezmaiņas sējumā; B2 – ziemas kvieši–ziemas kvieši–ziemas rapsis; B3 – ziemas kvieši–ziemas rapsis–mieži–pupas). Izmēģinājums turpinājās līdz 2020. gadam.

Pētījumu mērķis: skaidrot bezapvēršanas augsnes apstrādes, salīdzinājumā ar tradicionālo (aršanu) augsnes apstrādi, bezmaiņas un dažādas augmaiņas sējumos ietekmi uz augsnes izmantošanas ilgtspējību un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu: ražas lielumu un kvalitāti, augsnes fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva izmaiņām ilgtermiņā, kaitīgo organismu attīstību un izplatību.

Visu laukaugu ražu būtiski ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi – ziemas kviešu raža svārstījās no 3.02 līdz 7.17 t ha⁻¹. Kviešu, miežu un pupu ražas lielumu un kvalitāti augsnes apstrādes sistēma neietekmēja. Atsevišķos gados būtiski augstāka raža bija artajos, bet citos – tieši otrādi neartajos laukos. Tomēr artajos laukos kviešu ražas bija stabilākas un svārstījās mazāk nekā neartajos.

Augmaiņas kopējo produktivitāti ietekmē tajā iekļauto kultūraugu ražas, tāpēc mazāk produktīvi bija varianti, kur dominēja vasarāji, jo pēdējos četros gados (2017. līdz 2020) trīs bija izteikti sausi, kas nenodrošināja pietiekamu mitruma līmeni vasarāju sējumos.

Augsnes agrofizikālās īpašības mainās ļoti lēni, pirmās pazīmes konstatētas tikai septītajā izmēģinājumā gadā. Aršana labvēlīgi ietekmēja augsnes īpašības visā aramkārtas dziļumā – samazinājās tilpummasa un palielinājās kapilārā porainība. Ja augsne netiek arta, augsne kļūst irdenāka tikai augšējos piecos centimetros.

Triju gadu periodā novērota augsnes organiskā oglekļa samazināšanās neartajos laukos par 0.7 %. Pētījumu periods ir bijis pārāk īss, lai izdarītu secinājumus par augsnes apstrādes ietekmi uz organiskā oglekļa krājumu palielināšanos vai samazināšanos augsnē.

Augsnes apstrādes sistēma būtiski neietekmēja barības elementu – slāpekļa, kālija un fosfora izmantošanos.

Augsnes apstrāde bez apvēršanas būtiski palielināja nezāļu daudzumu, tajā skaitā daudzgadīgo nezāļu skaitu.

Augsnes apstrāde bez apvēršanas būtiski palielināja kviešu lapu dzeltenpalnkumainības attīstību. Dzeltenplankumainība, ko ierosina *Pyrenophora tritici-repentis*, Latvijā jau kopš 90-tajiem gadiem ir nozīmīgākā un izplatītākā kviešu slimība, līdz ar to ir jāreķinās, ka, samazinot augsnes apstrādes intensitāti, būtiski pieaugs šīs slimības postīgums.

Kopumā pētījuma laikā netika pierādīts vienas vai otras augsnes apstrādes sistēmas pārkums, katrai no tām ir savas priekšrocības un trūkumi.

Jārēķinās, ka, izmantojot bezaršanas tehnoloģijas, pieaugs pesticīdu slodze.

Projekta laikā izstrādāts un aizstāvēts viens promocijas darbs, otram ir pabeigta eksperimentālā daļa, ir tikuši izstrādāti četri maģistra darbi un vairāk par 20 bakalaura darbi. Publicēti 56 dažāda līmeņa raksti, 16 no tiem indeksētos izdevumos. Iegūto datu analīze turpinās.

IEVADS

Mūsdienās izvirzītie jautājumi par augsnes auglības saglabāšanu un pārtikas nodrošināšanu arvien pieaugošajam cilvēku skaitam nav nekas jauns. Tie iztirzāti jau Sanskrita rakstos (3500–4000 g. p.m.ē.): „No nelielā augsnes daudzuma atkarīga mūsu izdzīvošana. Kopiet to, un tā dos mums pārtiku, kurināmo, pajumti un ieskaus mūs ar skaistumu. Ja to izmantosiet ļaunprātīgi, augsne ies bojā, paņemot līdzī cilvēkus”.

Pēdējās desmitgadēs dažādos kontekstos arvien biežāk izvirzās prasība saimniekot ilgtspējīgi, t.i., tā, lai arī nākamās paaudzes varētu sevi nodrošināt ar pārtiku, lopbarību, šķiedru, biomasu ekonomiski izdevīgā ražošanas procesā, vienlaikus neveicinot augsnes un vides kopumā degradāciju un piesārņošanu. Lielbritānijas zinātnieki (Johnston, Poulton, 2018) raksta, ka vienīgais reālais lauksaimniecības sistēmas ilgtspējas novērtējums ir kultūraugu raža, un, lai ražu saglabātu esošā līmenī vai palielinātu, ir jābūt harmonijai starp audzēto kultūraugu, augsni, klimatu un sistēmas apsaimniekošanu.

Lai saņemtu atbildes uz jautājumiem, kā to vislabāk izdarīt, liela nozīme ir ilggadīgiem lauka izmēģinājumiem, kas balstās uz atkal un atkal atkārtotiem vienu un to pašu rādītāju mērījumiem, kas ir vienīgā praktiskā iespēja novērtēt zemkopības sistēmas ilgtspēju ilgā laika periodā konkrētā agroekoloģiskā zonā, kurā izmēģinājumi ierīkoti. Saskaņā ar pasaulē pieņemto definīciju par ilggadīgu izmēģinājumu var uzskatīt plašu lauka izmēģinājumu, kas ildzis jau vismaz 20 gadus vai vairāk, lai pētītu kultūraugu ražas veidošanās procesus, barības vielu apriti un lauksaimniecības ietekmi uz vidi. Vairums ilggadīgo izmēģinājumu atrodami labi attīstītās valstīs ar stabilu izpratni par šādu pētījumu nozīmi un spēju nodrošināt finansējumu un pēctecību to administrēšanā.

Tikai ilggadīgus izmēģinājumus var izmantot, lai noskaidrotu, kā kultūraugi, augsnes apstrādes sistēma, augu maiņa un citi konkrēti audzēšanas paņēmieni ietekmē augkopības produkcijas ražošanas rezultātus un vidi ilgtermiņā, tādējādi tikai un vienīgi ilggadīgie izmēģinājumi var nodrošināt informāciju par lauksaimniecības sistēmu ilgtspēju. Arī gadījumos, ja procesus vēlētos modelēt, šis izmēģinājumu veids var nodrošināt dažādu modeļu testēšanai nepieciešamo informāciju.

Laika gaitā noskaidrojies, ka izmēģinājumam, lai tas spētu kļūt par sekmīgu ilggadīgu izmēģinājumu un tiešām iesaistīties augšminēto problēmu risināšanā, jāatbilst vairākiem kritērijiem (1) tā shēmai jābūt “mūžīgai”, t.i., pietiekami vienkāršai, ar drīzāk nedaudziem pamata variantiem, tomēr tādai, lai varētu risināt arī izmēģinājuma iekārtošanas laikā nezināmus, bet nākotnē parādījušos jautājumus; (2) jābūt pietiekami lieliem lauciņiem un pietiekamam atkārtojumu skaitam, lai varētu iegūt dažāda veida paraugus, izmantot datus *ad-hoc* pētījumiem; (3) īpaši svarīgi ir, lai paredzamajam ilgtermiņa izmēģinājumam būtu laba vadības komanda, kas nodrošinātu nepārtrauktību: ir jābūt skaidram izmēģinājuma variantu un visu veikto darbību aprakstam, lai darbu varētu turpināt nākotnē, kā arī jāveido uzticams un ārējam lietotājam labi saprotams datu arhīvs, kurā ne tikai uzkrāti iegūtie dati, bet detalizēti aprakstīta arī jebkura novirze no sākotnējās shēmas.

LLU MPS “Pēterlauki iekārtotais izmēģinājums 2020. g. sasniedzis 11 gadu ilgumu. Lai to nosauktu par ilggadīgu izmēģinājumu, vēl jāgaida un jāpēta turpmākos deviņos gados, bet, lai patiešām izvērtētu, kuras no pētītajām darbībām veicina ilgtspēju, arī pēc 20 gadiem pētījumus nedrīkstētu pārtraukt.

Ilggadīgo lauka izmēģinājumu spilgtākie piemēri pasaulē un Latvijā ir aprakstīti iepriekš (Gaile, Ruža, 2017), dodot nelielu ieskatu arī par 2008. g. rudenī LLU LF MPS „Pēterlauki” uzsākto ilggadīgo lauka izmēģinājumu.

Bezapvēršanas augsnes apstrādes tehnoloģijas kļūst aizvien populārākas, jo tās ļauj taupīt resursus, un, tiek uzskatīts, arī novērst augsnes eroziju. Tajā pašā laikā augu atlieku uzkrāšanās augsnes virskārtā veicina kaitīgo organismu savairošanos, kā arī

paaugstina sējumu nezaļainību. Tirgus situācija veicina kviešu īpatsvara palielināšanos sējumu struktūrā, tādejādi bieži kvieši tiek audzēti bezmaiņas sējumos vai “īsjājā rotācijā” – kvieši un rapsis.

Lielākā daļa pētījumu, kas publicēti pasaules, t.sk. Eiropas zinātniskajos izdevumos, ir veikti citos klimatiskajos un agrotehniskajos apstākļos, tādēļ iegūtos rezultātus nevar tieši pārnest uz Latvijas apstākļiem. Līdz ar to ir jābūt ilgstošiem pētījumiem, lai varētu reāli spriest par to, kas notiek ar augsni, augu attīstību un dažādu mikroorganismu darbību atkarībā no augsnes apstrādes veida, turklāt jāņem vērā audzētie kultūraugi un to secība.

Pētījumu mērķis: ir skaidrot bezapvēršanas augsnes apstrādes, salīdzinājumā ar tradicionālo (aršanu) augsnes apstrādi, bezmaiņas un dažādas augu maiņas sējumos ietekmi uz augsnes izmantošanas ilgtspējību un bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu: ražas lielumu un kvalitāti, augsnes fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva izmaiņām ilgtermiņā, kaitīgo organismu attīstību un izplatību.

Darba uzdevums: Apkopot pētījumā iegūtos datus par pētīto tehnoloģiju izmantošanas iespējām integrētajā laukaugu audzēšanā: iegūto rezultātu apkopojums.

Promocijas darbi. Projekta ietvaros ir aizstāvēts Jāņa Gaiļa (2018) promocijas darbs “Skrejvaboles (Coleoptera: Carabidae) kā integrētās augu aizsardzības indikatori kviešu sējumos” (zin. vad. I. Turka).

Pašlaik Madara Darguža ir pabeigusi promocijas darba eksperimentālo daļu “Augsekas produktivitāte atkarībā no ziemas kviešu īpatsvara tajā un augsnes apstrādes paņēmiena” (zin. vad. Z. Gaile).

Projekta rezultāti ir publicēti dažāda līmeņa zinātniskajos rakstos žurnālos un konferenču krājumos, kā arī nozares žurnālos:

SCOPUS un/vai WoS indeksētie žurnālu raksti

1. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., Darguža (2021) Impact of crop rotation and soil tillage on the severity of winter wheat leaf blotches. *Rural Sustainability Research*. 45(340): 21-27.
2. Bankina, B., Bimšteine, G., Paulovska, L., Paura, L., Pavloviča, O., Kaņeps, J., Neusa-Luca, I., Roga, A., Fridmanis, D. (2019). Effects of soil tillage and crop rotation on the development of wheat stem base diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(3), pp. 435–442.
3. Bankina, B., Bimšteine, G., Arhipova, I., Kaņeps, J., Stanka, T. (2018). Importance of agronomic practice on the control of wheat leaf diseases. *Agriculture*, 8, 56.
4. Dubova, L., Alsiņa, I., Ruža, A., Šenberga, A. (2018). Impact of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivation on soil microbiological activity. *Agronomy Research*, 16(5), pp. 2016–2025.
5. Bankina, B., Bimšteine, G., Neusa-Luca, I., Roga, A., Fridmanis D. (2017). What influences the composition of fungi in wheat grains? *Acta Agrobotanica*, 70(4), 1726.
6. Gailis J., Turka I., Ausmane M. (2017) The most frequent ground beetles (Coleoptera, Carabidae) are differently affected by main soil treatment and crop rotation in winter wheat fields. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 17:29-52.
7. Gailis, J., Turka, I., Ausmane, M. (2017). Soil tillage and crop rotation differently affect biodiversity and species assemblage of ground beetles inhabiting winter wheat fields. *Agronomy Research*, 15(1), pp. 94–111.

8. Dubova, L., Ruža, A., Alsina, I. (2016). Soil microbiological activity depending on tillage system and crop rotation. *Agronomy Research*, 14(4), pp. 1274–1284.
9. Bankina, B., Ruža, A., Paura, L., Priekule, I. (2015). The effects of soil tillage and crop rotation on the development of winter wheat leaf diseases. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(1), pp. 67–72.
10. Gailis, J., Turka, I. (2014). The diversity and structure of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages in differently managed winter wheat fields. *Baltic Journal of Coleopterology*, 4(1), pp. 33–46.
11. Bankina, B., Bimšteine, G., Ruža, A., Priekule, I., Paura, L., Vaivade, I., Fridmanis, D. (2013). Winter wheat crown and root rot are affected by soil tillage and crop rotation in Latvia. *Acta Agriculturae Scandinavica, section B – Soil & Plant Science*. 63(8), pp. 723–730.

SCOPUS un/vai WoS indeksētie raksti konferenču krājumos

1. Bankina B., Bimšteine G., Neusa-Luca I., Kaņeps J., Roga A., Fridmanis D. (2020) Wheat stem base diseases and their causal agents. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 578, 012001.
2. Darguža, M., Gaile, Z. (2020). The effect of crop rotation and soil tillage on winter wheat yield. *In: Research for Rural Development-2019: Annual 25th International Scientific Conference Proceedings*, Jelgava, 13–15 May 2020, 35: 14–21.
3. Darguža, M., Gaile, Z. (2019). Yield and quality of winter wheat, depending on crop rotation and soil tillage. *In: Research for Rural Development-2019: Annual 25th International Scientific Conference Proceedings*, Jelgava, 15–17 May 2019, 2: 29–35.
4. Darguža, M., Gaile, Z. (2018). Productivity of crop rotation measured as energy produced by included plants: A review. *In: Research for Rural Development-2018: Annual 24th International Scientific Conference Proceedings*, Jelgava, 16–18 May 2018, 2: 20–27.
5. Gailis, J., Turka, I. (2013). Discussion on ground beetles and rove beetles as indicators of sustainable agriculture in Latvia. *In: Research for Rural Development-2013: Annual 19th International Scientific Conference Proceedings*, Jelgava, 15–17 May 2013, 1: 56–62.

Citi zinātniskie raksti

1. Vircava I., Dorbe A., Darguža M., Erdberga I. (2021) Augsnes apstrādes ietekme uz augsnes agrofizikālajām īpašībām vienas desmitgades ietvaros. *No: Zinātniskais seminārs Ražas svētki "Vecauce – 2021", Ražas ekstremālos apstākļos, Zinātniskās semināra rakstu krājums*, Vecauce-2021, 63 – 66. lpp.
2. Bankina B., Ruža A., Gaile Z. (2020) Ilggadīga izmēģinājuma sniegtās iespējas, sasniegumi un nākotnes perspektīvas: LLU MPS "Pēterlauki" izmēģinājums. *No: Zinātniskais seminārs Ražas svētki "Vecauce – 2020", Pētniecība Covid-19 ēnā, Zinātniskās semināra rakstu krājums*, Vecauce-2020, 12 – 16. lpp.
3. Darguža M., Gaile Z. (2020) Ziemas kviešu ražība dažādās augu maiņās un augsnes apstrādes sistēmās. *No: Zinātniskais seminārs Ražas svētki "Vecauce – 2020", Pētniecība Covid-19 ēnā, Zinātniskās semināra rakstu krājums*, Vecauce-2020, 20 – 24. lpp.

4. Kārklīņš A., Līpenīte I., Ruža A. (2018) Soil mineral nitrogen dynamics in relation to tillage methods and crop rotation. *Agriculture for the next 100 years. Proceedings of the 26th NJF Congress*: 82-93 pp.
5. Gaile Z., Ruža A. (2017). Ilggadīgo izmēģinājumu nozīme lauksaimniecībā un situācijas analīze Latvijā laukkopības apakšnozarē. *No zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 17.–24. lpp.
6. Bankina B., Bimšteine G., Stanka T., Kaņeps J. (2017). Agrotehnisko pasākumu nozīme kviešu lapu slimību ierobežošanā. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2017, 7-12 lpp.
7. Bankina B., Ruža A., Bimšteine G., Neusa-Luca I., Pavloviča O., Kaņeps J. (2016) Ziemas kviešu stiebra pamatnes un sakņu puve un tā ierosinātāji. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2016, 22-26 lpp.
8. Bankina B., Ruža A., Bimšteine G., Pavloviča O., Roga A., Fridmanis D. (2016) Development of wheat diseases depending on soil tillage and crop rotation. In: *State and perspectives of plant protection. Materials of the International scientific conference, dedicated to the 45th Anniversary of the Institute of Plant Protection Foundation, held in Minsk - Priluki, May 17-19, 2016*, 204 –207.
9. Bērziņš A., Ruža A., Sprincina A., Lankovskis E., Grīnvalds M., Ozols A., Logins A. (2016) Augsnes apstrādes ietekme uz augsnis agrofizikālajām īpašībām kviešu un rapša sējumos. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2016, 26-31 lpp.
10. Melngalvis I., Ausmane M., Ruža A., Kristapsons K. (2016) Augsnes apstrādes ietekme uz lauka pupu (*Faba vulgaris* Moech.) sējumu nezāļainību. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2016, 97-101 lpp.
11. Bankina B., Ruža A., Bimšteine G., Neusa-Luca I., Kreita Dz., Katamadze M. (2015) Ziemas kviešu stiebra pamatnes un sakņu puve un tās ierosinātāji atkarībā no agrotehniskajiem pasākumiem. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2015, 83-86 lpp.
12. Bankina B., Bimšteine G., Ruža A., Kreita Dz., Katamadze M., Neusa-Luca I. (2015) Vasaras kviešu lapu slimību attīstība atkarībā no agrotehniskiem paņēmieniem. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2015, 87-90 lpp.
13. Ausmane M., Melngalvis I., Ruža A. (2015) Augsnes apstrādes ietekme un augu maiņas ietekme uz ziemas rapša (*Brassica napus* L.) sējumu nezāļainību. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2015, 78-82. lpp.
14. Dubova L., Ruža A., Alsīņa I. (2015) Augsnes apstrādes ietekme uz organisko vielu sadalīšanās intensitāti augsnē. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2015, 54-58. lpp.
15. Bērziņš A., Ruža A., Sprincina A., Grīnvalds M., Lankovskis E., Ozols A. (2015) Minimālās un tradicionālās augsnis apstrādes ietekme uz kapilāro porainību aramkārtā. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2015, 58-62. lpp.
16. Melngalvis I., Ausmane M., Ruža A. (2014) Augsnes pamatapstrādes ietekme uz sējumu nezāļainību. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība. Raksti*. Jelgava, 2014, 39-44. lpp.
17. Bērziņš A., Ruža A., Sprincina A., Grīnvalds M., Lankovskis E. (2014) Minimālās un tradicionālās apstrādes ietekme uz augsnis tilpummasu aramkārtā. *No: zinātniski*

- praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība*. Raksti. Jelgava, 2014, 25-30. lpp.
18. Dubova L., Ruža A., Alsiņa I., Šteinberga V. (2014) Augsnes apstrādes ietekme uz augsnes mikrobioloģisko aktivitāti. *No: zinātniski praktiskās konferences Līdzsvarota lauksaimniecība*. Raksti. Jelgava, 2014, 26-32. lpp.
 19. Gailis J., Turka I. (2014) *Bembidion* ģints skrejvaboļu (Coleoptera: carabidae) fenoloģija atšķirīgi apsaimniekotos ziemas kviešu sējumos. *No: Zinātniskais seminārs Ražas svētki "Vecauce – 2014", Lauksaimniecības zinātne jaunajā plānošanas periodā, Zinātniskās semināra rakstu krājums, Vecauce-2014, 20 – 23. lpp.*
 20. Bankina B., Ruža A., Bimšteine G., Neusa-Luca I., Kreita Dz., Katamadze M., Priekule I., Lapiņa L. (2013) Audzēšanas tehnoloģiju ietekme uz ziemas kviešu slimību attīstību. *No: zinātniski praktiskās konferences Lauksaimniecības zinātne veiksmīgai saimniekošanai*. Raksti. Jelgava, 2013, 41–45. lpp.
 21. Bērziņš A., Ruža A., Sprincina A., Uzulēns J., Bāliņš L. (2013) Augšņu agrofizikālo īpašību izmaiņas ziemas kviešu un rapša sējumos, lietojot minimālo un tradicionālo augsnes apstrādi. *No: zinātniski praktiskās konferences Lauksaimniecības zinātne veiksmīgai saimniekošanai*. Raksti. Jelgava, 2013, 21–26. lpp.
 22. Ausmane M., Melngalvis I., Ruža A. (2013) Augsnes pamatapstrādes minimalizācijas un augu maiņas ietekme uz sējumu nezālainību. *No: zinātniski praktiskās konferences Lauksaimniecības zinātne veiksmīgai saimniekošanai*. Raksti. Jelgava, 2013, 32–35. lpp.
 23. Ruža A. (2013) Augsnes kā galvenā resursa ilgtspējīga izmantošana. *No: zinātniski praktiskās konferences Lauksaimniecības zinātne veiksmīgai saimniekošanai*. Raksti. Jelgava, 2013, 16–20. lpp.
 24. Bankina B., Bimšteine G., Ruža A., Neusa-Luca I., Fridmanis D., Vaivade I., Kreita Dz., Katamadze M., Paura L. (2013). Ziemas kviešu stiebra pamatnes un sakņu puve un tās ierosinātāji. *No: Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas (Nat Res). Valsts pētījumu programma, 2010–2013. Rakstu krājums: 179–183.*
 25. Dubova L., Ruža A., Alsiņa I., Bārtoļš J. (2013) Augsnes apstrādes un augu maiņas ietekme uz augsnes bioloģisko aktivitāti. *No: Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas (Nat Res). Valsts pētījumu programma, 2010–2013. Rakstu krājums: 184–188.*
 26. Gailis J., Turka I. (2013) Skrejvaboles (Coleoptera: Carabidae) kā integrētās augu aizsardzība indikatori ziemas kviešu sējumos. *No: Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas (Nat Res). Valsts pētījumu programma, 2010–2013. Rakstu krājums: 189–192.*
 27. Ruža A., Kreita Dz., Katamadze M. (2013) Reducētas augsnes apstrādes un augmaiņas ietekme uz ziemas kviešu produktivitāti un graudu kvalitāti. *No: Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana – jauni produkti un tehnoloģijas (Nat Res). Valsts pētījumu programma, 2010–2013. Rakstu krājums: 193–197.*
 28. Melngalvis I., Ausmane M., Ruža A. (2012) Augsnes apstrādes minimalizācijas ietekme uz kultūraugu sējumu nezālainību. *No: zinātniski praktiskās konferences Lauksaimniecības zinātne veiksmīgai saimniekošanai*. Raksti. Jelgava, 2012, 144–148. lpp.

Raksti nozares žurnālos

1. Bankina B. (2018) Vai kviešu lapu slimības var efektīvi ierobežot, izmantojot agrotehniskos paņēmienus? *Saimnieks*, Nr. 5 (167): 44–46 lpp.
2. Ausmane M., Melngalvis I., Ruža A. (2017) Augsnes apstrādes minimalizācijas iespējas lauka pupu audzēšanā, *Saimnieks*, Nr.1: 58–60 lpp.
3. Ruža A., Ausmane M. (2017) Augsnes apstrādes un augmaiņas ietekme uz sējumu nezāļainību. *AgroTops*, Nr. 10(201): 22–26 lpp.
4. Ruža A., Bērziņš A. (2017) Kā apstrāde ietekmē augsnes agrofizikālās īpašības. *AgroTops*, Nr. 9: 38–40 lpp.
5. Bērziņš A., Ruža A., Sprincina A. (2016) Tradicionālās un minimālās augsnes apstrādes ietekme uz augsnes agrofizikālajām īpašībām kviešu un rapša sējumos. *Saimnieks*, Nr. 7(145): 68–71 lpp.
6. Bankina B. Bimšteine G., Ruža A., Katamadze M., Kreita Dz. (2015) Vai kviešu slimības var ierobežot ar agrotehniskiem paņēmieniem? *Saimnieks*, Nr. 10(136): 42–44 lpp.
7. Gailis J. (2015) Skrejavaboles – integrētās augu aizsardzības elementi laukkopībā. *Saimnieks*, Nr. 8(134): 46–49 lpp.
8. Melngalvis I., Ausmane M., Ruža A. (2014) Augsnes apstrāde un sējumu nezāļainība. *Saimnieks*, Nr. 3(117): 54–55 lpp.
9. Melngalvis I., Ausmane M., Ruža A. (2013) Augsnes bezapvēršanas apstrādes un augu maiņas ietekme uz sējumu nezāļainību. *Saimnieks*, Nr. 3(105): 92–93 lpp.
10. Āboliņš M., Ruža A., Bērziņš A., Ausmane M., Melngalvis I., Sprincina A. (2012) Kā labāk apstrādāt zemi – minimāli vai tradicionāli? *AgroTops*, Nr. 3: 36–38 lpp.
11. Melngalvis I., Ausmane M., Ruža A. (2012) Augsnes apstrādes minimalizācijas ietekme uz kultūraugu sējumu nezāļainību. *Saimnieks*, Nr. 3(93): 87–88.
12. Ruža A. (2012) Augsnes apstrādes minimalizācijas ietekme uz laukaugu ražību. *Saimnieks*, Nr. 1(91): 38–40 lpp.

1. IZMĒĢINĀJUMU IEKĀRTOŠANA UN NORISE

Izmēģinājuma varianti iekļauj **divus augsnes apstrādes variantus**: (1) tradicionālā augsnes apstrāde, izmantojot augsnes aršanu ar velēnas apvēršanu (22–24 cm dziļi), turpmāk tekstā “arts” un (2) reducētā jeb minimālā augsnes apstrāde, izmantojot lobīšanu ar disku lobītāju (līdz 10 cm dziļi), turpmāk tekstā “nearts”, un **trīs augu maiņas variantus**: (1) kviešu bezmaiņas sējumi (KKK), (2) minimāla augu rotācija (rapsis – kvieši – kvieši jeb RKK) un (3) vairāku laukaugu rotācija: rapsis – mieži – lauka pupas – kvieši (RMPK). Trešā rotācija pašos pirmajos pētījuma gados bija atšķirīga, bet ar 2014. g. tajā tika iekļautas lauka pupas un tā nostabilizējās (1. tabula).

1. tabula

Izmēģinājumu shēma 2012 - 2022. g. ražai*.

Gads	1. sleja	2. sleja	3. sleja	4. sleja
	Nearts	Arts	Arts	Nearts
2012	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2013	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2014	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši
1015	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2016	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2017	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2018	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2020	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2021	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2022	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
	1. lauks	2.	3.	4.
2012	Z. kvieši	Z. kvieši	V. rapsis	V. rapsis
2013	V. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2014	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
1015	V. rapsis	V. rapsis	V. mieži	V. mieži
2016	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2017	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2018	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	V. mieži	V. mieži
2020	Z. rapsis	Z. rapsis	Pupas	Pupas
2021	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2022	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
	5.	6.	7.	8.
2012	V. rapsis	V. rapsis	Z. mieži	Z. mieži
2013	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2014	Pupas	Pupas	V. kvieši	V. kvieši
1015	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2016	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2017	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2018	Pupas	Pupas	V. mieži	V. mieži
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2020	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2021	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2022	Pupas	Pupas	V. mieži	V. mieži
	9.	10.	11.	12.

*Tabulā ir 1. atkārtojums, 2. atkārtojums tādā pašā secībā, lauku numuri no 13 līdz 24.

Pētījumu gados meteoroloģiskie apstākļi ir bijuši ļoti atšķirīgi (2. tab.). Izmēģinājumu galvenais kultūraugs ir kvieši, tādēļ meteoroloģiskā situācija raksturota saistībā ar kviešu attīstības fāzēm. Jāatzīmē, ka tas dod priekšstatu arī par kopējo situāciju, jo ietver datus aptuveni no aprīļa līdz augusta sākumam.

2. tabula

Meteoroloģiskās situācijas raksturojus izmēģinājumu periodā

Gads	Kviešu attīstības etapi	Lietaino dienu skaits	Nokrišņi, mm	Vidējā temperatūra, °C	HTK*
2012	32–55	8	44	12.4	1.1
	55–75	23	247	17.1	2.9
	32–75	31	291	15.5	2.3
2013	32–55	9	61	12.6	2.1
	55–75	10	85	15.9	1.1
	32–75	19	146	14.9	1.3
2015	32–55	26	34	14.6	0.6
	55–75	29	89	13.8	1.1
	32–75	55	123	14.1	0.9
2016	32–55	6	27	13.4	0.6
	55–75	24	115	17.6	1.3
	32–75	30	142	15.9	1.1
2017	32–55	12	34	12.4	0.8
	55–75	24	106	16.3	1.3
	32–75	36	140	14.6	1.1
2018	32–55	2	6	17.2	0.12
	55–75	2	2	15.2	0.15
	32–75	4	8	16.8	0.13
2019	32–55	17	21	12.8	0.46
	55–75	4	4	20.7	0.15
	32–75	21	25	15.1	0.34
2020	32–55	19	88	10.1	1.68
	55–75	4	26	19.8	0.81
	32–75	23	113	12.4	1.35

*Hidrotermiskais koeficients – parāda attiecību starp temperatūru summu (tiek ņemtas vērā vidējās diennakts temperatūras, kas pārsniedz 10 °C) un nokrišņu attiecības. Ja koeficients ir 0.9 – 1.1, apstākļi ir normāli, lielāks par 1.1. norāda un pārāk augstu mitruma līmeni, bet zemāks par 0.9 – par pārlietu sausumu.

Izmēģinājuma iekārtošana, agrotehnika, veiktie pētījumi un novērojumi, kā arī izmantotās metodes ir detalizēti aprakstītas 2020. gada atskaitē.

2. REZULTĀTI

2.1. Kultūraugu ražība un kopējā produktivitāte

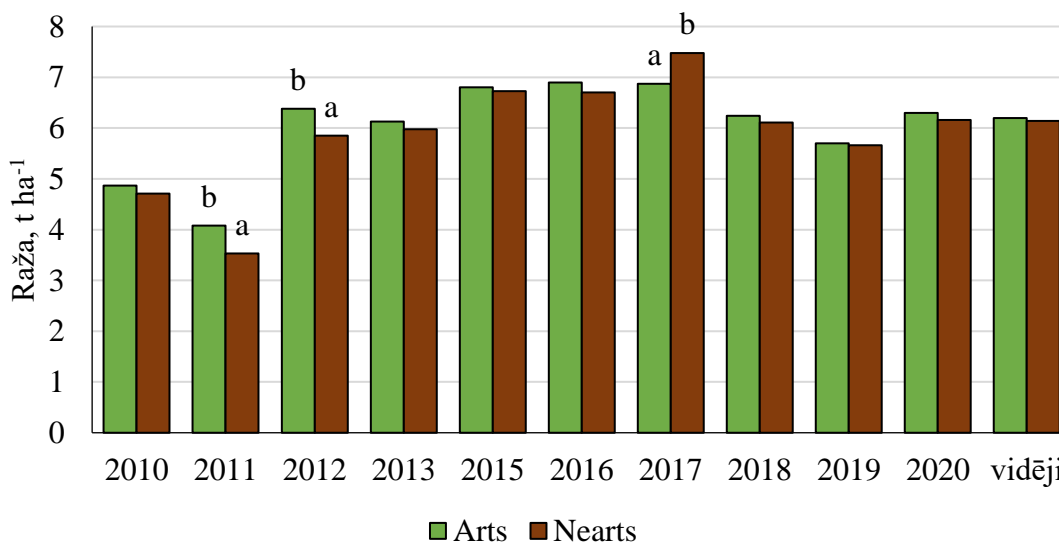
2.1.1. Ziemas kviešu ražas LLU MPS “Pēterlauki” uzsāktajā ilggadīgajā lauka izmēģinājumā periodā no 2010. līdz 2020. g.

Pētījumā izmantoti četri laukaugi – ziemas kvieši, rapsis (galvenokārt ziemas, bet tajos gados, kad pārziemoja slikti, tas tika pārsēts ar vasaras rapsi), vasaras mieži un lauka pupas (iekļautas sākot ar 2015. gadu). Tomēr lielākā uzmanība pievērsta ziemas kviešiem un to ražas veidošanai. Kad 2013./2014. gadā ziemas kvieši nepārziemoja, tie tika pārsēti ar vasaras kviešiem, tāpēc šis gads no aprēķiniem ir izslēgts.

Ziemas kviešu ražas rezultāti analizēti par 10 gadiem, kā arī par periodu no 2015. līdz 2020. g., kad trešā augu maiņa bija jau stabila un ziemas kviešu priekšaugi bija lauka pupas.

Desmit gadu laikā ziemas kviešu vidējā raža **atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas** bija no 3.53 t ha⁻¹ (2011. g., nearts) līdz pat 7.48 t ha⁻¹ (2017. g., nearts). Vidēji visos gados 6.20 t ha⁻¹ artajā variantā un 6.14 t ha⁻¹ neartajā (1. att.).

Kopumā atšķirības starp ražām nebija būtiskas 95% līmenī. Būtiskas ražu atšķirības atkarībā no augsnes apstrādes varianta 10 gadu laikā pierādījās tikai trijos gados: 2011., 2012. un 2017. g., taču tās nebija viennozīmīgas. Pirmajos divos gados būtiski augstāku ražu nodrošināja variants ar augsnes aršanu, bet 2017. g. – tieši otrādi, būtiski augstākā raža, kas bija arī visaugstākā visā pētījumu periodā, tika iegūta neartajā variantā (1. att.). Citā pētījumā, kas veikts Latvijā LLU MPS “Pēterlauki” tikai citā laukā (Litke, Gaile, Ruža, 2017) un kur papildus pētīta arī slāpekļa papildmēslojuma normas ietekme, divu gadu periodā (2014./2015. un 2015./2016. g.) konstatēts, ka augstākās ražas ieguva artajos variantos.



1. att. Ziemas kviešu graudu raža 2010.–2020. gadā atkarībā no augsnes apstrādes varianta (arts – tradicionālā augsnes apstrāde; nearts – minimālā (reducētā) augsnes apstrāde): ar atšķirīgiem burtiem norādītas būtiskas ($p < 0.05$) ražas atšķirības, kas pierādījās atsevišķos gados.

Arī citi pētnieki atzīst, ka dažādu augsnes apstrādes sistēmu ietekme uz kviešu ražas līmeni bieži ir pretrunīga (piem., Arvidsson, 2010; Schlegel et al., 2017). Citi savukārt norāda, ka augsnes apstrādes varianta ietekme uz kviešu ražu ir samērā niecīga, ir īpaši māla un smilšmāla augsnēs (Giannitsopoulos, Burgess, & Rickson, 2019). J. Arvidsons (2010) norāda, ka bieži vien rezultāts ir saistīts meteoroloģiskajiem apstākļiem sējas vai augsnes apstrādes laikā. Kopumā jāsecina, ka mūsu pētījumu rezultāti 10 gados arī parāda, ka vienlīdz augstas ražas var iegūt, izmantojot gan tradicionālo, gan reducēto augsnes apstrādes sistēmu. Ja apskata pēdējo 6 gadu rezultātus (2015.–2020. g., kad 3. augu maiņā jau bija iekļautas lauka pupas), rezultāti tāpat rāda, ka vidējā raža starp augsnes apstrādes variantiem ne tikai neatšķirās būtiski, bet pat bija identiskas: 6.47 t ha⁻¹.

Ilggadīgos pētījumos secinājumi bieži ir atkarīgi no tā, cik ilgi kultūrauga audzēšana saistīta ar konkrēto audzēšanas paņēmieni. Šie ir 10 gadu rezultāti, bet svarīgi būtu noskaidrot, kas notiks nākamajos 5–10 gados un vēl ilgākā laika posmā.

Vērtējot ziemas kviešu ražu atkarībā no **augu maiņas varianta**, jāsecina, ka pirmajos četros gados (vēl nebija iekļautas lauka pupas) lielāka augu daudzveidība augu maiņā ir devusi ražas pieaugumu tikai salīdzinājumā ar kviešu bezmaiņas sējumiem. Ražu atšķirības nav bijušas būtiskas, ja savstarpēji salīdzina variantus ‘RKK’ un ‘augu maiņa’; vienā gadījumā (2013. g.) variants RKK pat nodrošinājis būtiski augstāku ražu (3. tab.). Te jāņem vērā, ka variantā RKK arī parādās atkārtots kviešu sējums. Tiklīdz variantā ‘augu maiņa’ (3. tab.) tika iekļautas lauka pupas (ar 2014. g., pirmā raža pēc lauka pupām novākta 2015. g.), tā visos gados šajā augu maiņā kvieši devuši augstāku ražu nekā variantā RKK, kur tie audzēti vienu vai divus gadus pēc rapša. Vidējā ziemas kviešu raža periodā 2015. – 2020. g. variantā KKK bija 5.81 t ha⁻¹, variantā RKK – 6.48 t ha⁻¹, bet augu maiņas variantā 7.25 t ha⁻¹, atšķirības bija būtiskas (p < 0.0001).

Liela ietekme bija arī gada meteoroloģiskajiem apstākļiem, un vidēji visaugstākā raža iegūta 2017. g. (7.17 t ha⁻¹), bet viszemākā 2011. g. (3.86 t ha⁻¹) (3. tab.).

3. tabula

Ziemas kviešu graudu raža 2010. –2020. gadā atkarībā no augu maiņas varianta

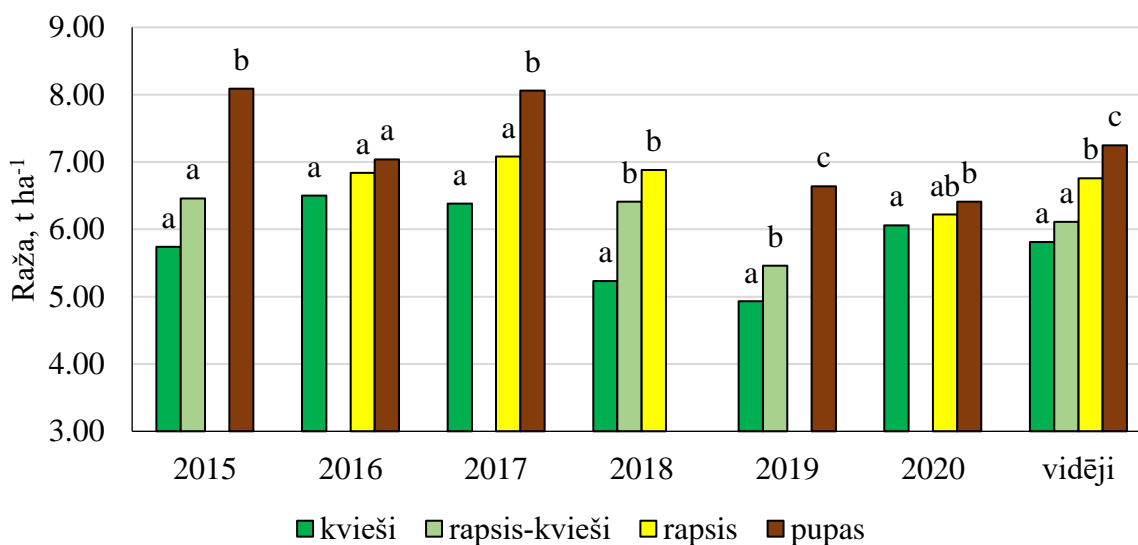
Gads	Augu maiņa			Vidēji gadā, p<0.001
	KKK	RKK	augumaiņa	
2010	4.26 ^a	5.85 ^b	4.26 ^a	4.79^A
2011	3.02 ^a	4.85 ^b	3.58 ^{ab}	3.86^A
2012	5.88	6.11	6.36	6.11^B
2013	4.14 ^a	7.17 ^c	6.86 ^b	6.06^B
2015	5.74 ^a	6.46 ^a	8.09 ^b	6.76^{BC}
2016	6.50	6.84	7.04	6.80^{BC}
2017	6.38 ^a	7.08 ^a	8.06 ^b	7.17^C
2018	5.23 ^a	6.65 ^b	-	6.18^B
2019	4.93 ^a	5.46 ^b	6.64 ^c	5.68^{AB}
2020	6.06 ^a	6.22 ^{ab}	6.41 ^b	6.23^B
Vidēji augu maiņas variantā	5.39^A	6.40^B	6.77^B	×
p-vērtība	<0.001			

Paskaidrojumi: KKK: kviešu bezmaiņas sējumi; RKK: rapsis – kvieši – kvieši; augu maiņa – lielāka augu daudzveidība, kas kopš 2015. g. nostabilizējusies kā rapsis – vasaras mieži – lauka pupas – ziemas kvieši. 2014. gads nav ietverts aprēķinā – ziemas kvieši nepārziemoja. Ar mazajiem burtiem ^{a,b,c} augšrakstā apzīmētas būtiskas atšķirības gada ietvaros, bet ar lielajiem burtiem ^{A,B,C} – būtiskas ražu atšķirības starp gadiem vai dažādās augu maiņās.

Svarīga ir ne tikai augu maiņa un tās ietekme kopumā, bet arī priekšauga ietekme konkrētā augu maiņā uz ziemas kviešu ražu. Lai arī konkrētos gados būtiskās atšķirības ne vienmēr pierādās (2. att.), tomēr visos gadījumos, kad priekšaugšs bijis kāds cits augs, vai pat kvieši otrajā gadā pēc rapša (parādās rapša labvēlīgā darbība divus gadus), raža ir augstāka nekā kviešu bezmaiņas sējumos.

Vidēji 6 gados (2015.–2020.) pierādījies, ka būtiski augstāka ziemas kviešu raža iegūta, ja priekšaugšs bija rapsis salīdzinājumā ar kviešu bezmaiņas sējumiem un arī gadījumu, kad kvieši tika sēti atkārtoti otro gadu pēc rapša (2. att., variants ‘rapsis-kvieši’). Taču lauka pupas kā priekšaugšs nodrošināja vislabākos rezultātus: raža vidēji 6 gados būtiski augstāk nekā tad, ja priekšaugšs bija rapsis.

Arī citi autori secinājuši, ka tauriņziežu dzimtas priekšaugu efekts augu maiņā ir pozitīvs; piem., M. Babulikova (Babulicova, 2016) raksta, ka kviešu raža, ja tos audzēja pēc zirņiem, bija augstāka nekā gadījumos, kad priekšaugšs bija kāda labība. Līdzīgi arī J.F. Angus ar kolēģiem (Angus et al., 2015) konstatēja, ka cits priekšaugšs salīdzinājumā ar labībām nodrošināja ražas pieaugumu, piem., ja rapši vai tauriņziežus audzēja pirms kviešiem, tad kviešu ražas pieaugums variēja 20–60% robežās. Tāpat kā mūsu pētījumā konstatēja rapša pozitīvo ietekmi uz kviešu ražu vēl arī otrajā gadā. Tauriņziežu (zirņu, pupu u.c.) un rapša labvēlīgā ietekme uz kviešu ražu pētīta un pierādīta daudzu autoru darbos, bet atsevišķos retos gadījumos tomēr konstatēts, ka, piem., vasaras kviešu raža, tos audzējot pēc pākšauga, nav bijusi augstāka nekā gadījumos, kad priekšaugšs bija kāds cits augs. Tas skaidrots ar pākšauga zemo ražību (piem., sausuma iespaidā) pētījumā (Wieme, Carpenter-Boggs, Crowder et al, 2020). Mūsu pētījumā tikai vienā gadījumā (2016. g.) ziemas kviešu ražas pieaugums, tos sējot pēc lauka pupām, salīdzinājumā ar citiem priekšaugiem nebija būtisks (2. att.).

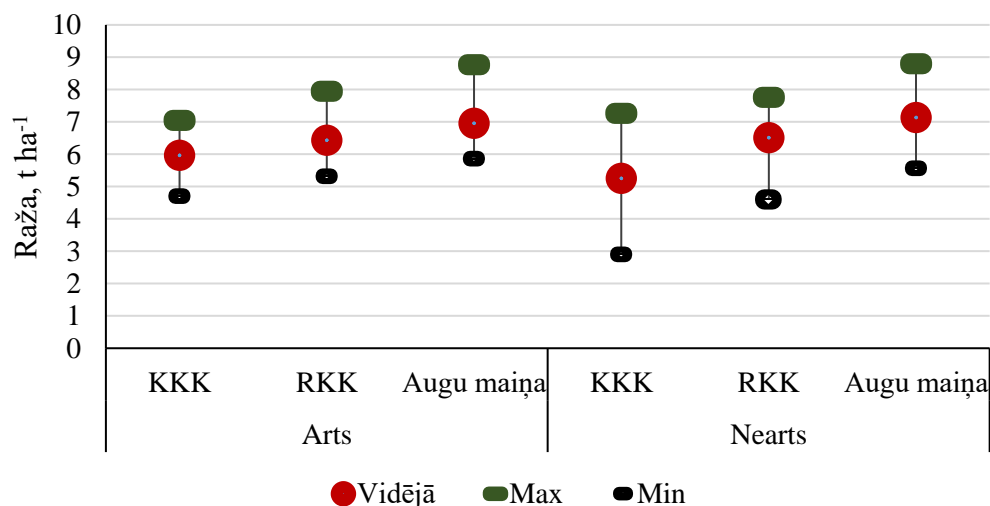


2. att. Ziemas kviešu graudu raža 2015–2020. gadā atkarībā no priekšauga (ar atšķirīgiem burtiem augšrakstā apzīmētas būtiskas atšķirības starp priekšaugiem attēlotajā periodā; priekšaugšs ‘rapsis–kvieši’ nozīmē, ka kvieši sēti otro gadu pēc kārtas pēc rapša).

Mūsu pētījumā gan vidēji 10 gados, gan arī vidēji pēdējos sešos gados konstatēts, ka būtiska ietekme uz kviešu ražu bija arī faktoru mijiedarbībai. Vidēji 10 gados: augsnes apstrāde × augu maiņa – $p < 0.0001$; augsnes apstrāde × pētījuma gada apstākļi – $p = 0.002$; augu maiņa × pētījuma gada apstākļi – $p < 0.0001$; augsnes apstrāde × augu maiņa ×

pētījuma gada apstākļi – $p = 0.0002$; vidēji 6 gados: augsnes apstrāde \times augu maiņa – $p < 0.0001$; augsnes apstrāde \times pētījuma gada apstākļi – $p = 0.008$; augu maiņa \times pētījuma gada apstākļi – $p < 0.0001$.

Ražu svārstīgumu atkarībā no augu maiņas un augsnes apstrādes raksturo 3. att. Artajā variant atšķirības starp minimālo, vidējo un maksimālo ražu ir salīdzinoši mazākas nekā neartajā, it īpaši kviešu bezmaiņas sējumā.



3. att. Vidējā, maksimālā un minimālā iegūtā ziemas kviešu raža divās dažādās augsnes apstrādes sistēmās (arts – tradicionālā augsnes apstrādes sistēma; nearts – reducētā (minimālā) augsnes apstrādes sistēma) atkarībā no augu maiņas vidēji 2012-2020 (izņemot 2014. gadu): 2020. g. (KKK: kviešu bezmaiņas sējumi; RKK: rapsis – kvieši – kvieši).

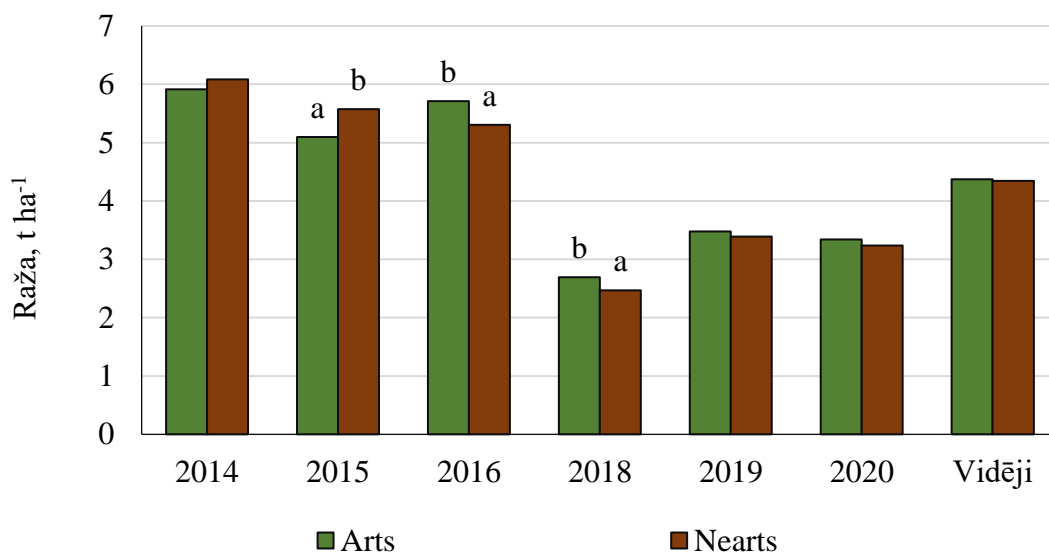
2.1.2. Lauka pupu un miežu raža LLU MPS “Pēterlauki” uzsāktajā ilggadīgajā lauka izmēģinājumā periodā no 2010. līdz 2020. g.

Lauka pupas pētījumā tika iekļautas 2014. gadā, papildinot vairāku laukaugu rotāciju (3. augu maiņas variants) un tādējādi nostabilizējot augu maiņu četru gadu garumā, ar iekļautiem četriem laukaugiem – lauka pupām, ziemas kviešiem, vasaras miežiem un ziemas rapsi. Lauka pupu raža pētījuma periodā bijusi mainīga, un atšķirību diapazons ir plašs – no zemākās vidējās sēklu ražas 2.47 t ha⁻¹ 2018. gadā minimālās augsnes apstrādes variantā, līdz 6.09 t ha⁻¹ 2014. gadā – arī minimālās augsnes apstrādes variantā. Augstākās ražas iegūtas laikā no 2014. gada līdz 2016. gadam, bet zemākās 2018. – 2020. gadā. 2017. gadā lauka pupas izmēģinājuma laukos atbilstoši rotācijas shēmai netika sētas.

Vērtējot augsnes apstrādes varianta ietekmi uz ražas veidošanos, būtiska ietekme uz vidējo ražu (4.37 t ha⁻¹ artajā, 4.34 t ha⁻¹ neartajā variantā) pētījuma periodā nav konstatēta ($p=0.78$), bet, vērtējot katru gadu individuāli, trijos no sešiem gadiem novērotas būtiskas ($p < 0.05$) ražas līmeņu atšķirības atkarībā no augsnes apstrādes (4.att.).

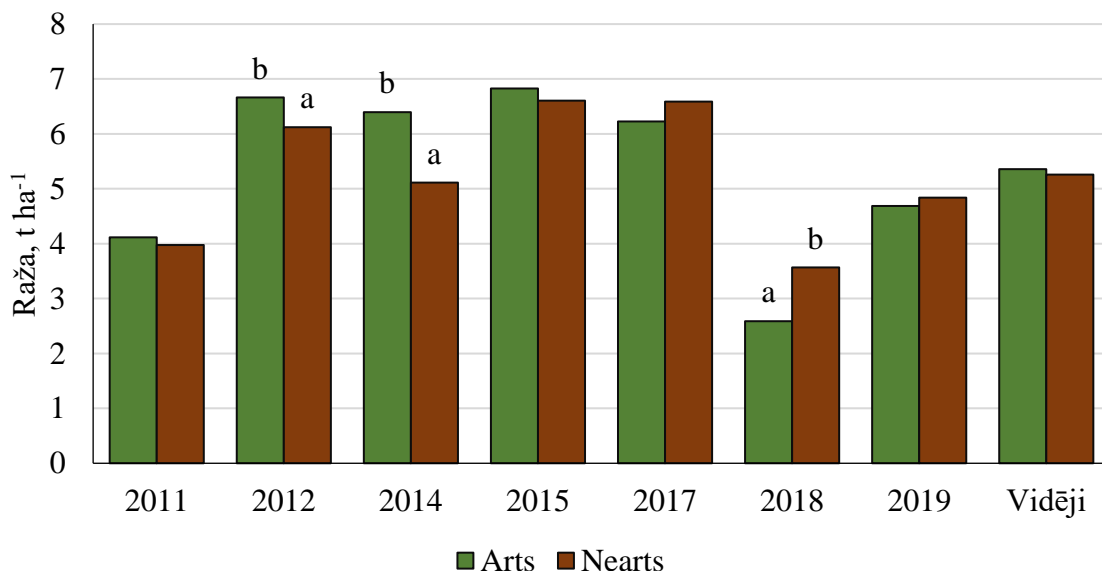
Variants, kas ietver augsnes aršanu, nodrošināja būtiski augstāku lauka pupu ražu iegūšanu 2016. un 2018. gadā, bet 2015. gadā būtiski augstāka raža iegūta, izmantojot minimālo augsnes apstrādi (5.10 t ha⁻¹ artajā, 5.58 t ha⁻¹ minimālās augsnes apstrādes variantā). Lauka pupu ražas lielumu būtiski ietekmēja gada agrometeoroloģiskie apstākļi ražas veidošanai. Pēdējie pētījuma gadi (no 2018. gada) raksturojās ar pazeminātu nokrišņu

daudzumu un paaugstinātām temperatūrām no sējas laika līdz sēklu nogatavošanās laikam, kas traucēja augstu ražu veidošanai.



4. att. Lauka pupu sēklu raža 2014.–2020. gadā atkarībā no augsnes apstrādes varianta (arts – tradicionālā augsnes apstrāde; nearts – minimālā (reducētā) augsnes apstrāde): ar atšķirīgiem burtiem norādītas būtiskas ($p < 0.05$) ražas atšķirības, kas pierādījās atsevišķos gados.

Vasaras mieži atbilstoši rotācijas shēmai pētījuma laikā sēti septiņos no 11 gadiem. Vidējā miežu raža pētījuma periodā bija 5.15 t ha^{-1} . Būtiski augstākās ražas ($p < 0.001$) iegūtas 2012., 2014., 2015. un 2017. gadā ($5.76 - 6.72 \text{ t ha}^{-1}$), bet būtiski zemākā 2018. gadā – 3.08 t ha^{-1} , pārējos abos pētījuma gados iegūtās ražas būtiski atšķīrās no augstākā un zemākā ražu līmeņa (5. att.).



5. att. Miežu graudu raža 2011.–2019. gadā atkarībā no augsnes apstrādes varianta (arts – tradicionālā augsnes apstrāde; nearts – minimālā (reducētā) augsnes apstrāde): ar atšķirīgiem burtiem norādītas būtiskas ($p < 0.05$) ražas atšķirības, kas pierādījās atsevišķos gados.

Augsnes apstrādes varianta ietekme ($p < 0.05$) pētījumā novērota trīs specifiskos gados, bet pārējos un vidēji visa periodā izteikta augsnes apstrādes varianta ietekme nav apstiprinājusies ($p = 0.485$).

Būtiski augstākas ražas vasaras miežiem iegūtas atsevišķos gados gan arot, gan nearot, gan arī minimālo augsnes apstrādi, kā arī konstatēta būtiska mijiedarbības “augšnes apstrāde \times veģetācijas sezonas agrometeoroloģiskie apstākļi” mijiedarbība ($p = 0.016$). Izmantojot aršanu, būtiski augstākas ražas iegūtas 2012. un 2014. gadā, bet neartajā variantā – 2018. gadā. Minimālās augsnes apstrādes variantā iegūtais augstākais miežu ražas līmenis 2018. gadā varētu būt skaidrojams ar augstāku mitruma līmeni augsnē sējas laikā, kas nodrošināja vienmērīgu sadīgšanu un būtiski augstāku ($p < 0.05$) produktīvo stiebru skaitu. Neskatoties uz apstākli, ka augsnes pamatapstrāde tika veikta rudenī, minimālās apstrādes variantā augsnes virskārta ilgstoši nav apstrādāta dziļāk par aptuveni 10 cm, kas, iespējams, nodrošināja stabilāku ūdens režīmu.

Rapša raža pētījuma laikā nav analizēta, jo vairākos no pētījuma gadiem ziemas rapši kādā no variantiem nācās pilnībā vai daļēji pārsēt ar vasaras rapši zemas ziemcietības vai sliktas laukdīdzības dēļ, rapši saglabājot tikai kā priekšaugu un datu ieguvei specifisku aprēķinu veikšanai (piem., augu maiņas produktivitātes aprēķinam, kas izteikta kā enerģijas raža) izmantojot ziemas rapša paraugkūlus.

2.1.3. Atsevišķi ziemas kviešu graudu ražu veidojošie struktūrelementi

Jebkura laukauga ražu veido gan sējuma biežības rādītāji (augu vai produktīvo stiebru (labību gadījumā) skaits m^{-2}) un atsevišķa auga vai stiebra produktivitātes, kur labību gadījumā liela loma var būt 1000 graudu masai. Vidējais **produktīvo stiebru skaits** sešu gadu periodā variēja no 401.9 (2019. g.) līdz 684.7 (2020. g.) stiebriem m^{-2} (4. tab.). Četros no apskatītajiem sešiem gadiem (2015.–2018. g.) šī struktūrelementa vērtība bijusi ļoti līdzīga. Zemākā vērtība konstatēta 2019. g., kas raksturojās ar ekstremāli sausiem laikapstākļiem sējas gadā (2018. g.) un sausums turpinājās vēl arī 2019. g., kas kopumā apgrūtināja sējuma biežības formēšanos sliktas laukdīdzības un vājas cerošanas rezultātā. Turklāt šie sējuma biežības veidošanos kavējošie faktori īpaši izpaudās tieši minimālās augsnes apstrādes (nearts, 4. tab.) variantā.

Mūsu pētījumā vidēji sešos gados zemākais produktīvo stiebru skaits bija variants, kad kviešu priekšaugi bija kvieši, neskatoties uz to, vai tie bija bezmaiņas (KKK) sējumi vai tikai kvieši otro gadu (rapsis-kvieši; 4. tab.) pēc kārtas aiz ziemas rapša. Citi pētnieki ir secinājuši, ka produktīvo stiebru skaits m^{-2} ir lielāks, ja priekšaugi ir kāds cits augs, nevis kvieši (Vyn, Sutton, Raimbault, 1991). Arī R.L. Andersons pētījumos ASV konstatējis, ka kviešu produktīvo stiebru skaits m^{-2} bija augstāks, ja priekšaugi bija zirņauzu mīstrs salīdzinājumā ar variantu, kad priekšaugi bija vasaras kvieši (Anderson, 2008). Interesanti, ka minētajā R.L. Andersona pētījumā viszemāko produktīvo stiebru skaitu m^{-2} konstatēja, ja priekšaugi bija soja. Līdzīgi rezultāti mūsu pētījumā novēroti 2016. g., kad viszemākais produktīvo stiebru skaits m^{-2} bija tieši variantā, kur kvieši audzēti pēc lauka pupām (4. tab.).

Vidējais sešu gadu produktīvo stiebru skaits m^{-2} bija ļoti līdzīgs abos augsnes apstrādes variants (4. tab.). Tikai divos gados no sešiem parādījās viena vai otra augsnes apstrādes varianta priekšrocības produktīvo stiebru veidošanā: 2015. g. produktīvo stiebru skaits būtiski augstāks bija minimālās apstrādes variantā (nearts, 4. tab.), bet 2018. g. tradicionālajā augsnes apstrādes (arts, 4. tab.) variantā. Pētījumos Horvātijā konstatēts, ka augstāka sējuma biežība bijusi seklī apstrādātā variantā (līdz 15 cm) salīdzinājumā ar tradicionāli apstrādāto variantu, taču šajā pētījumā konstatēja arī būtisku gada apstākļu un augsnes apstrādes varianta mijiedarbību (Jug et al., 2011). Jādomā, ka šī struktūrelementa

veidošanā tāpat kā ražas veidošanā svarīga loma ir meteoroloģiskajiem apstākļiem sējas un augsnes apstrādes laikā.

4. tabula

Ziemas kviešu produktīvo stiebru skaits m⁻² vidēji 2015.–2020. gadā atkarībā no augsnes apstrādes un priekšauga augu maiņā

Gads	Augsnes apstrāde,		Augu maiņa un priekšaugi				Vidēji, p<0.001
	Arts	Nearths	KKK	RKK		augumaiņa	
			kvieši	rapsis- kvieši	rapsis	pupas	
2015	529.8 ^a	572.7 ^b	561.5 ^b	505.8 ^a	-	586.5 ^{ab}	551.3^B
2016	525.7	532.2	544.1 ^{ab}	-	605.2 ^b	437.5 ^a	528.9^B
2017	548.9	567.3	542.0	-	546.7	585.7	558.1^B
2018	555.8 ^b	504.4 ^a	533.67	520.0	536.7	-	530.1^B
2019	690.9	412.9	382.5 ^a	371.8 ^a	-	451.0 ^b	401.9^A
2020	708.1	660.7	648.3	-	666.3	739.3	684.7^C
Vidēji	543.3^A	541.7^A	535.3^{AB}	467.0^A	574.4^B	560.1^B	
p=	0.891		0.027				×

Mijiedarbība: gads × priekšaugi: p = 0.0002

Paskaidrojumi: mazie alfabēta burti augšrakstā ^{a,b,c} norāda uz būtiskām atšķirībām gada ietvaros atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas vai priekšauga, bet lielie burti ^{A,B,C} augšrakstā – uz būtiskām vidējo lielumu atšķirībām.

KKK: kviešu bezmaiņas sējumi; RKK – rapsis – kvieši – kvieši; augu maiņa: rapsis – vasaras mieži – lauka pupas – ziemas kvieši

Ziemas kviešu vidējā **1000 graudu masa (TGM)** bija atkarīga no pētījuma gada apstākļiem, augu maiņas un priekšauga augu maiņā, bet to būtiski neietekmēja (p = 0.873) augsnes apstrādes variants (5. tab.). Dati pa gadiem sagrupējušies divās grupās: trīs gados (2016., 2018., 2020. g.) ziemas kviešu TGM bija robežās 41.9–41.7 g, bet citos trīs gados (2015., 2017., 2019. g.) 45.2–46.2 g. Arī citi pētnieki gan Latvijā (Liniņa, Ruža, 2015; Skudra, Ruža, 2016), gan citās valstīs (Cociu, Alionte, 2011) atzinuši, ka TGM var būtiski atšķirties atkarībā no gada apstākļiem un dažādu faktoru mijiedarbības.

Tas, ka vidējo TGM neietekmē augsnes apstrādes variants, sakrīt ar citu pētnieku (piem., Cociu, Alionte, 2011) rezultātiem, taču līdzīgi kā mūsu pētījumā konstatēta gada apstākļu un augsnes apstrādes mijiedarbības ietekme uz TGM. Trīs gadījumos konstatētas būtiskas TGM atšķirības, bet tās nav viennozīmīgas: būtiski augstāka TGM tradicionālajā augsnes apstrādes variantā (arts) salīdzinājumā ar minimālo (nearths) konstatēta 2016. un 2019. g., bet 2020. g. bija tieši otrādi – un būtiski augstāka TGM konstatēta minimālās augsnes apstrādes variantā (5. tab.).

**Ziemas kviešu 1000 graudu masa 2015.–2020. gadā atkarībā no
augšnes apstrādes un priekšauga augu maiņā**

Gads	Augšnes apstrāde,		Augu maiņa un priekšaugi				Vidēji, p<0.001
	Arts	Nearths	KKK	RKK		Augumaiņa	
			kvieši	rapsis- kvieši	rapsis	pupas	
2015	45.8	46.5	44.7 ^a	45.5 ^a	-	48.3 ^b	46.2^B
2016	42.7 ^b	41.1 ^a	41.4	-	42.6	41.9	41.9^A
2017	46.2	46.0	44.6 ^a	-	46.2 ^b	47.6 ^b	46.1^B
2018	41.9	41.7	41.2 ^a	41.6 ^{ab}	42.7 ^b	-	41.8^A
2019	46.0 ^b	44.4 ^a	44.3	45.9	-	45.4	45.2^B
2020	40.1 ^a	43.3 ^b	39.8 ^a	-	42.7 ^b	42.5 ^b	41.7^A
Vidēji	43.8	43.8	42.7^A	44.3^{AB}	43.5^{AB}	45.1^B	
p-vērtība	0.873		<0.001				×

Faktoru mijiedarbības efekts: augšnes apstrāde × gads: p < 0.0001; augšnes apstrāde × priekšaugi: p = 0.01; gads × priekšaugi: p = 0.0004; augšnes apstrāde × gads × priekšaugi: p < 0.0001.

Paskaidrojumi: mazie alfabēta burti augšrakstā ^{a,b,c} norāda uz būtiskām atšķirībām gada ietvaros atkarībā no augšnes apstrādes sistēmas vai priekšauga, bet lielie burti ^{A,B,C} augšrakstā – uz būtiskām vidējo lielumu atšķirībām.

KKK: kviešu bezmaiņas sējumi; RKK – rapsis – kvieši – kvieši; augu maiņa: rapsis – vasaras mieži – lauka pupas – ziemas kvieši

Savukārt augu maiņa un priekšaugi augu maiņā vidējo TGM ietekmēja būtiski: līdzīgi kā tas bija, vērtējot ziemas kviešu graudu ražu un produktīvo stiebru skaitu m⁻². Būtiski augstāko TGM nodrošināja lauka pupas kā priekšaugi, bet būtiski zemākā tā bija kviešu bezmaiņas sējumos. Savukārt rapša pozitīvo ietekmi uz ziemas kviešu TGM novēroja gan tad, ja ziemas kviešus sēja tūlīt pēc rapša, gan arī tad, ja tos sēja otrajā gadā pēc rapša, t.i., rapša pozitīvā ietekme var izpausties vismaz divus gadus.

2.1.4. Augu maiņas variantu kopējā produktivitāte

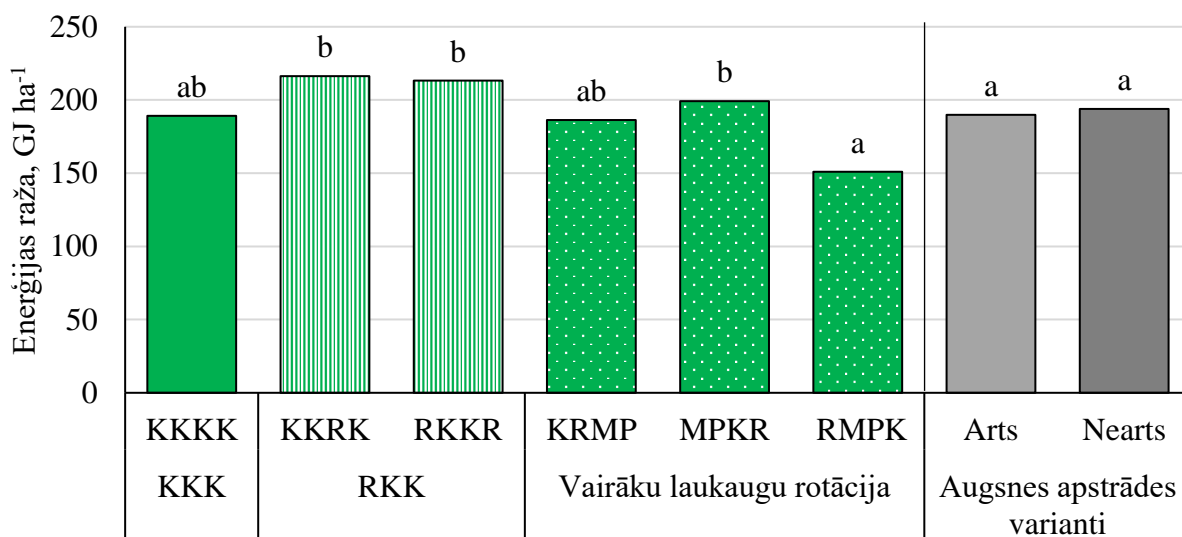
Dažādu sugu kultūraugus, kuri iekļauti augu maiņās, savstarpējai produktivitātes salīdzināšanai var izmantot ar novākto ražu iegūto enerģijas daudzumu no hektāra, ko nosaka, izmantojot kultūrauga virszemes biomasas daļu (graudu/sēklu un salmu) enerģētisko vērtību (MJ kg⁻¹) un šo daļu masu jeb ražu (t ha⁻¹).

Augu maiņu produktivitātes kā iegūtā enerģijas ražas vērtēšana tika uzsākta 2017. gadā. Enerģijas raža (GJ ha⁻¹), kas aprēķināta, izmantojot kultūraugu graudu/sēklu un salmu enerģētisko vērtību un kultūraugu virszemes biomasas ražas, bija cieši saistīta ar graudu/sēklu un salmu ražu (t ha⁻¹).

No izmēģinājumā iekļautajiem kultūraugiem, enerģētiski augstvērtīgākais bioloģiskais materiāls bija rapša sēklas, kuras saturēja vidēji 28.4 MJ kg⁻¹, un lauka pupas – 19.0 MJ kg⁻¹. Labību graudu enerģētiskā vērtība bija līdzīga: vidēji 17.6 MJ kg⁻¹. No izmēģinājumā salīdzinātajiem kultūraugiem četru gadu periodā augstāko produktivitāti nodrošināja ziemas kvieši, kuriem bija augstāka virszemes biomasas raža, otrajā vietā ziemas rapsis (ziemas rapša raža aprēķināta, izmantojot augu paraugkūļus no noteiktas platības). Zemākā produktivitāte bija vasarāju kultūraugiem (vasaras mieži un lauka pupas), kuru ražību nozīmīgi ietekmēja sausie laikapstākļi divās no četrām sezonām ar

nelabvēlīgiem apstākļiem vasarāju augšanai un attīstībai (2018. un 2019. gada pavasaris un vasara), kas rezultējās arī zemākā enerģijas ražas iznākumā.

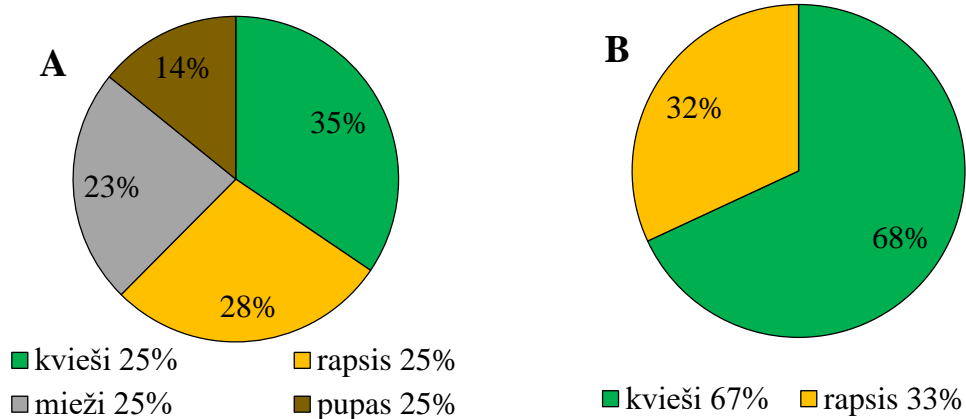
Kopējo enerģijas ražu četru gadu periodā ietekmēja augu maiņas variants ($p < 0.001$) un gada agrometeoroloģiskie apstākļi ($p < 0.01$) un to abu mijiedarbība ($p < 0.001$), kas saistīts ar dažādiem augu maiņās iekļautajiem laukaugiem, no kuriem konkrētos gados veidojusies iegūtā enerģijas raža. Augsnes apstrādes varianta ietekme ($p > 0.05$) pētījuma laikā nav novērota (6. att.).



6. att. Iegūtā vidējā enerģijas raža gadā no augu maiņā iekļautās kultūraugu kombinācijas četru gadu periodā no 2017. līdz 2020. gadam (KKK - kviešu bezmaiņas sējumi, RKK – minimālā augu rotācija (R- rapsis, K- kvieši), vairāku laukaugu rotācija (M – mieži, P – pupas) un augsnes apstrādes varianta (arts – tradicionālā augsnes apstrāde; nearts – minimālā (reducētā) augsnes apstrāde): ar atšķirīgiem burtiem norādītas būtiskas ($p < 0.05$) atšķirības pētīto faktoru ietvaros.

Augstākās vidējās enerģijas ražas no hektāra iegūtas minimālas augu rotācijas variantā (RKK, vidēji 215 GJ ha⁻¹) un dažādu laukaugu rotācijas variantā, kur kultūraugu secība pētījuma periodā pa gadiem bija šāda: 2017. gadā vasaras mieži, 2018. gadā lauka pupas, 2019. gadā kvieši un 2020. gadā lauka pupas – vidēji 179 GJ ha⁻¹. Viszemākā produktivitāte no pētītajiem augu maiņu variantiem bija vairāku laukaugu rotācijā, kur augu maiņā iekļautie vasarāju kultūraugi tika sēti īpaši sausajās sezonās – 2018. gadā mieži un 2019. gadā lauka pupas, kas rezultējās pazeminātā virszemes biomasas ražā. Atkārtotos kviešu sējumos iegūtais vidējais enerģijas daudzums (vidēji 189 GJ ha⁻¹) būtiski neatšķīrās no pārējiem pētītajiem variantiem šajā salīdzinoši īsajā 4 gadu periodā.

Augstu produktivitāti augu maiņās nodrošināja tādi Latvijā plaši audzēti kultūraugi kā ziemas kvieši un ziemas rapsis. Vērtējot enerģijas ražas iznākumu attiecībā pret kultūrauga procentuālo daudzumu augu maiņā atkarībā no augu maiņas shēmas, var secināt, ka dažādu laukaugu augu maiņā augstākais enerģijas ražas ieguvums ir no ziemas kviešiem, bet zemākais no lauka pupām (7. att). Tomēr, ņemot vērā, ka abi kultūraugi no kopējā rotācijas veido 50%, tad no šiem abiem kultūraugiem iegūtā enerģija proporcionāli pārējiem augu maiņā iekļautajiem augiem ir līdzvērtīga to proporcijai augu maiņā – 49%, jo lauka pupas kā priekšaug nodrošināja arī augstāku kviešu graudu ražu, un attiecīgi augstāku kopējo virszemes biomasas ražu.



7. att. Enerģijas ražas procentuālais sadalījums atkarībā no augu maiņas proporcionāli iekļautajiem kultūraugiem (A – vairāku laukaugu rotācija, kur četru gadu periodā katrs kultūraugs audzēts vienu reizi (25%), B – minimālā augu rotācija trīs gadu garumā, kur divus gadus audzēti kvieši (67% rotācijā) un vienu rapsis (33%)).

Analizējot ziemas rapša ietekmi kopējās augu maiņas enerģijas ražas veidošanā, jāatzīst, ka procentuāli tā ir nedaudz lielāka nekā kultūrauga īpatsvars augu maiņā (28% : 25%), bet enerģijas ieguvums no vasaras miežiem – tikai nedaudz mazāks, kā tā proporcija augu maiņā (23% : 25%). Vērtējot minimālu augu rotāciju RKK, jāsecina, ka iegūtā vidējā enerģija no augu maiņā iekļautajiem kultūraugiem pētījuma periodā atbilstoši rotācijas garumam, kas ir trīs gadi, bija proporcionāla to procentuālajam daudzumam augu maiņā, piemēram, augu maiņā, kur 67% jeb divus gadus bija audzēti kvieši, 68% no kopējās enerģijas ražas veidoja ziemas kvieši.

Pētījumi par enerģijas kopieguvi augu maiņā būtu jāturpina, jo tikai ilgākā laika periodā varētu iegūt pilnvērtīgākus rezultātus un secinājumus.

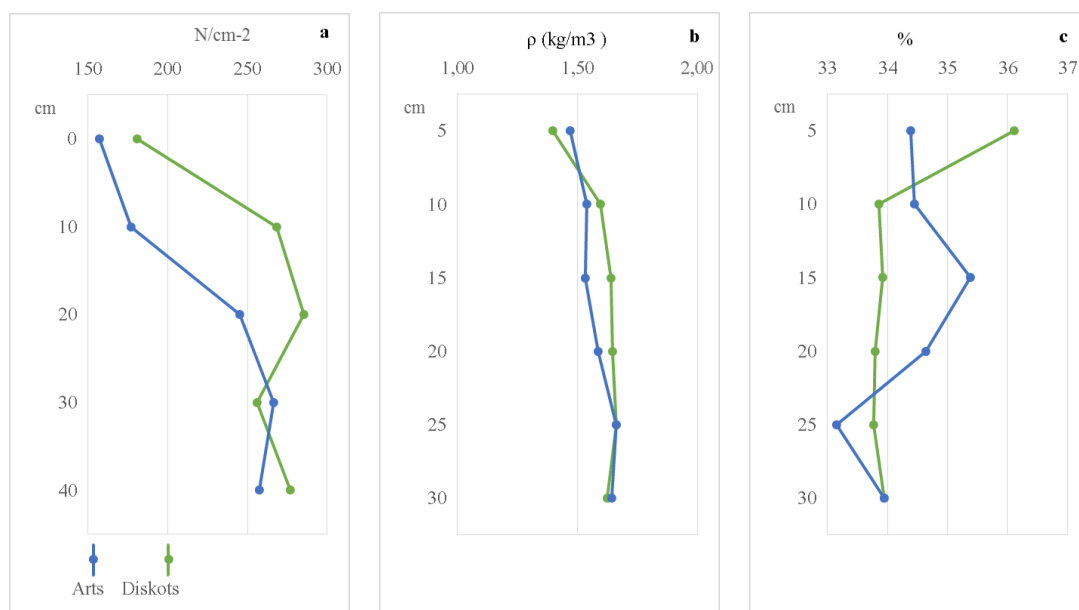
2.2. Augsnes agrofizikālie rādītāji, barības vielu izmantošanās un oglekļa uzkrāšanās

2.2.1. Augsnes tilpummasas un penetrometriskās pretestības izmaiņas un ietekme uz augsnes agrofizikālajām īpašībām (2009–2020)

Ilggadējais izmēģinājums ir attaisnojis sākotnēji uzstādītu mērķi – noskaidrot vienveidīgas augsnes apstrādes ietekmi uz augsnes agrofizikālajām īpašībām ilgtermiņā (Vircaiva u.c.).

Pirmajos sešos monitoringa gados izmaiņas augsnes agrofizikālajās īpašībās netika konstatētas, kas vēlreiz atgādina, ka izmaiņas pētīto augšņu fizikālmehāniskajās īpašībās norit lēnām un ir konstatējamas galvenokārt instrumentāli pēc noteikta laika intervāla. Šajā pētījumā izmaiņas augsnes agrofizikālajās īpašībās pie vienveidīgas augsnes apstrādes pētītajās puteklainā smilšmāla augsnēs, kas ir blīvas un ļoti blīvas, konstatētas septītajā monitoringa gadā, kur novērojamas tilpummasas un penetrometriskās pretestības vērtību izmaiņas augsnes profilā.

Apkopojot rezultātus no visiem pētītajiem laukiem un par visu pētījuma periodu iegūtas vērtības par augsnes fizikālmehānisko īpašību izmaiņu kopumu Poķu stacionārā no 2009–2021. gadam (8.att.).



8. att. Augsnes agrofizikālo īpašību izmaiņas laika posmā no 2009-2020. gadam (a – pretestība spidei; b – tilpummasa; c – kapilārā porainība)

Neartajos laukos novērojama augsnes sablīvēšanās, izņemot augšējos piecus cm. Aršanas rezultātā (apskatot visu pētījuma posmu) augsnes tilpummasa ir samazinājusies visā aramkārtas dziļumā – 25 cm. Kopumā šādi novērojumi var liecināt par labvēlīgākiem augu augšanas apstākļiem artajos laukos, jo aramkārtā ir mazāk sablīvēta, kas veicina labvēlīgākus augsnes aerācijas apstākļus, vienmērīgāku augsnes mitrumu u.c.

Savukārt, sākot no 30 cm un dziļāk, tilpummasas vērtības izlīdzinās un izteiktas variācijas starp gadiem nav novērojamas, neatkarīgi no augsnes apstrādes veidos.

Ilgtermiņā lielāka augsnes sablīvēšanās novērojama neartajos laukos visā augsnes profilā, savukārt artajos laukos augsnes tilpummasas pieaugums novērojams zem 25 cm, bet neartajos laukos jau pēc pirmajiem 10 cm. Pētījumā novērots, ka augsnes sablīvēšanās,

t.sk. pretestība spiedeī pieaug pa gadiem. Pirmajos piecos gados abos augsnes apstrādes veidos visā pētītajā augsnes griezumā no 0–50 cm augsnes pretestība spiedeī saglabājas zem 250 N/cm², bet pieauga pēdējos 5 gados.

Augsnes pretestība spiedeī pieaug straujāk neartajos laukos – no 10–20 cm sasniedzot vērtības virs 250 N/cm², bet artajos laukos augsnes penetrācijas vērtību pieaugums novērojams tikai dziļāk par 20 cm. Līdz ar to arī dati par augsnes pretestību uzrāda labvēlīgākus augu augšanas apstākļus artajos laukos, jo, kad aramkārtā ir mazāk sablīvēta, tā ir augstākiem augsnes aerācijas apstākļiem, vienmērīgāku augsnes mitrumu u.c.

Neartajos laukos 10 cm dziļumā par 2% samazinājās augsnes kapilārā porainība, un saglabājas 34% līdz 30 cm dziļumam. Artajos laukos aramkārtā kapilārā porainība svārstās no 34 – 35 (%), izņemot pirmos 5 cm, kur tā ir zemāka salīdzinājumā ar neartajiem laukiem, kas, iespējams, skaidrojams ar augsnes sastāvu un klimatiskajiem apstākļiem, bet dziļākajos slāņos tā svārstās 1% robežās.

Valsts pētījumu programmas ietvaros pētīta **augšnes mikrobioloģiskā aktivitāte** atkarībā no augsnes apstrādes sistēmām. Novērots, ka mikroorganismu kopējā biomasa augsnes virsējos slāņos ir augstāka neartajos laukos, tomēr tas nav ietekmējis celulozes sadalīšanās ātrumu. Kopumā iegūtie rezultāti ir pretrunīgi, jo mikroorganismu daudzums un aktivitāte ir mainīgi lielumi, ko ietekmē meteoroloģiskie apstākļi un dažādu organismu savstarpējās attiecības (Dubova et al., 2016).

Augsnes organiskā oglekļa krājumu uzskaitē uzsākta 2018. gadā, kur pirmajos trijos gados tika novērota augsnes organiskā oglekļa samazināšanās neartajos laukos par 0.7 %. Pētījumu periods ir bijis pārāk īss, lai izdarītu secinājumus par augsnes apstrādes ietekmi uz organiskā oglekļa krājumu palielināšanos vai samazināšanos augsnē.

Neskatoties uz augsnes organiskā oglekļa samazināšanās tendenci neartajos laukos triju gadu periodā, tas saglabājas virs 1% gan artajos, gan neartajos laukos, kas ir pietiekams, lai nodrošinātu augsnes auglību. Līdz ar to, ja vienveidīgas un ilgstošas augsnes apstrādes ietekmē organiskā oglekļa daudzums nokritīsies zem 1%, var tikt novērotas izmaiņas augsnes mikrobioloģiskajā aktivitātē, augu ražībā u.c. būtiskos augsnes veselības rādītājos.

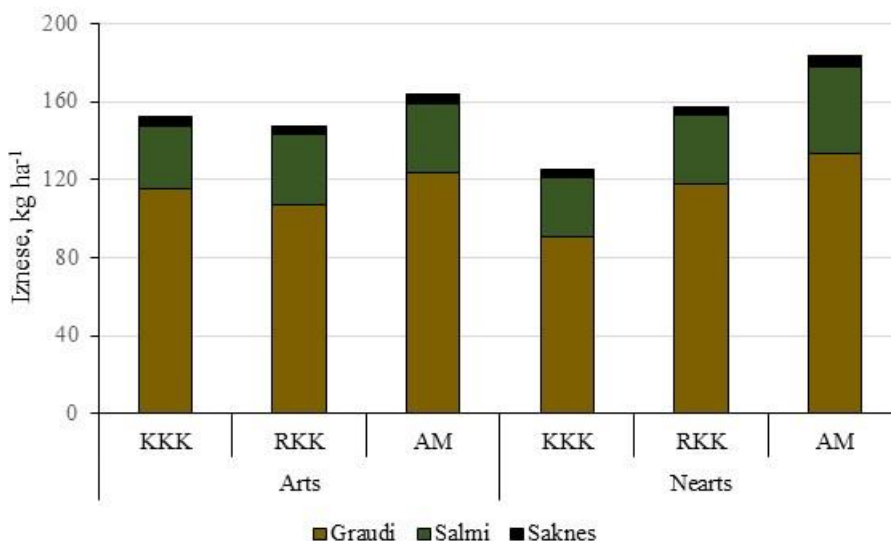
2.2.2. Barības vielu izmantošanās atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas

Lietotā mēslojuma efektivitāte ir atkarīga no tā, cik efektīvi augi to izmanto, lai to aprēķinātu, ir jānosaka augu barības elementu saturs augā un kopējā barības vielu iznese. Augsnes agrofizikālās īpašības nosaka gaisa un ūdens attiecību, mitruma saglabāšanu.

Ziemas kvieši. 2018. gadā bioloģiskā slāpekļa iznese sastādīja 105–180 kg ha⁻¹ N atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas.

Visvairāk slāpekļis tiek iznests variantā, kur kvieši audzēti augmaiņā abās augsnes apstrādes sistēmās, bet vismazāk, ja kvieši sēti bezmaiņas sējumā. 2019. gadā viszemākā slāpekļa (N) iznese bija bezmaiņas ziemas kviešu sējumos neatkarīgi no augsnes apstrādes veida, savukārt augstākā, audzējot ziemas kviešus augu maiņā. Abos izmēģinājuma gados slāpekļa iznesi ietekmēja augu maiņas veids, kas norāda uz augu maiņas nozīmi barības elementu izmantošanā no augsnes un mēslošanas līdzekļiem. 2020. gada slāpekļa iznese bija lielāka (155–206 kg ha⁻¹ N) salīdzinot ar iepriekšējiem ražas gadiem. Salīdzinot ar 2018. un 2019. gada datiem, kad slāpekļa iznesi būtiski ietekmēja augu maiņas veids, 2020. gadā šāda likumsakarība netika novērota. Vidēji trijos gados vislielākā slāpekļa iznese aprēķināta četrū lauku augu maiņas variantos abos augsnes apstrādes veidos (9. att.). Tas nozīmē, ka pie vienādas mēslojuma normas augmaiņas variantā, slāpekļis kviešu sējumos

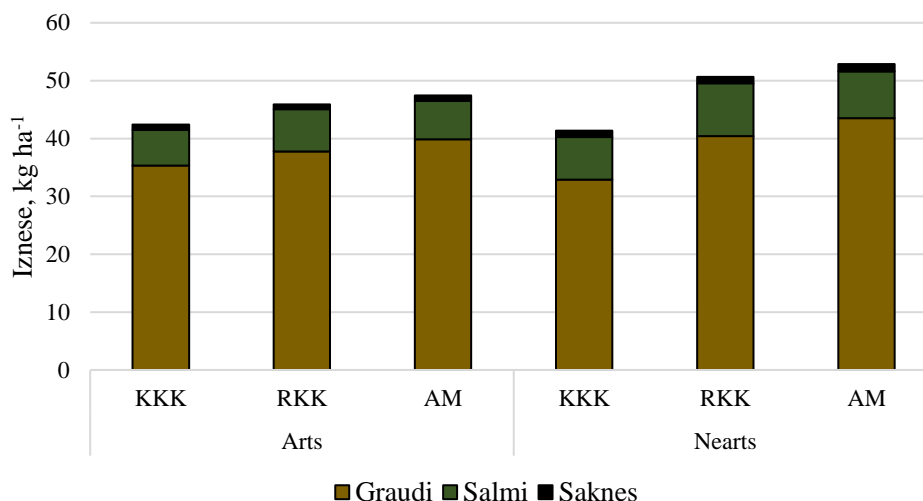
tiek izmantots efektīvāk. Jāatzīmē, ka zemākā slāpekļa iznese aprēķināta ziemas kviešu bezmaiņas sējumos mininālajā augsnes apstrādē.



9. att. Slāpekļa iznese ar kviešu graudiem un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas vidēji 2018.-2020. gados: K-K – kvieši bezmaiņas sējumā; K-R – rapsis un ziemas kvieši; AM – augu maiņa

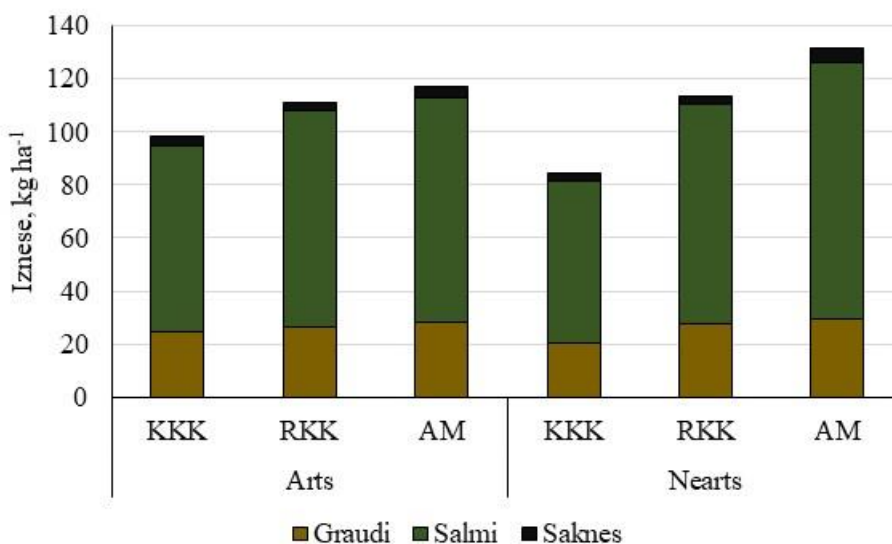
Vislielākā fosfora masa tika iznesta ar ziemas kviešu graudiem (76–86% no kopējās fosfora izneses), salīdzinoši mazāk ar salmu ražu (11-24%), bet ar augu saknēm tikai relatīvi niecīgs daudzums (1.4–1.7 %). 2018. gadā fosfora (P_2O_5) iznesi ziemas kviešu sējumos ne augsnes apstrādes veids, ne augu maiņas variants būtiski neietekmēja. Tomēr novērota tendence, ka neartajos laukos fosfora iznese ir bijusi lielāka. 2019. gadā fosfora iznese palielinās, iekļaujot augu maiņa vairāk kultūraugu, un saglabājot tendenci, ka vismazākā iznese sējumā, kur tiek audzēti tikai kvieši. Fosfora iznese palielinās augu maiņā, iekļaujot ziemas rapsi, bet augstākā tā konstatēta, audzējot ziemas kviešus četru kultūraugu augu maiņā. Šī likumsakarība ir novērojama gan artā, gan neartā variantā. 2020. gadā fosfora iznese bija augstāka, salīdzinot ar iepriekšējiem izmēģinājumu gadiem, (52–67 $kg\ ha^{-1}\ P_2O_5$), vismazākā iznese bija bezmaiņas kviešu sējumā neartajā variantā, bet augstākā – augmaiņas variantā ar rapsi neartajos laukos 2020. gadā artajā augsnes apstrādē fosfora iznese nebija atkarīga augu maiņas.

Ziemas kviešu fosfora biloloģiskai iznesei (graudi, salmi un saknes) ar raksturīga tendence – iznese palielinās, iekļaujot augu maiņā vairāk kultūraugu, visaugstākā augu maiņā ar četriem kultūraugiem, bet viszemākā, audzējot ziemas kviešus bezmaiņas sējumos (10. att.).



10. att. Fosfora (P₂O₅) iznese ar kviešu graudiem un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas vidēji 2018.-2020. gados: K-K – kvieši bezmaiņas sējumā; K-R – rapsis un ziemas kvieši; AM – augu maiņa

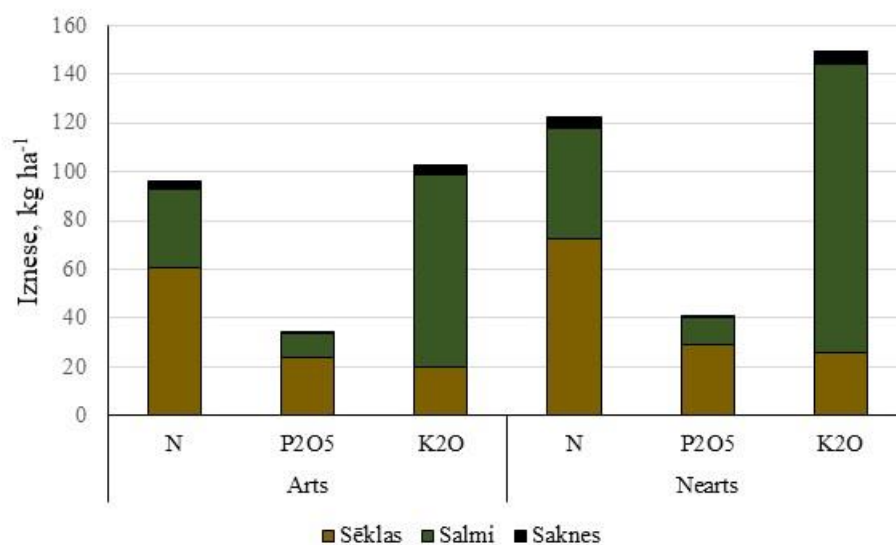
Visos izmēģinājuma gados viszemākā kālija (K₂O) iznese aprēķināta ziemas kviešu bezmaiņas sējumos artajā tīrumā. 2018. un 2019. gadā lielāka kālija iznese aprēķina augu maiņas variantā bezapvēršanas augsnē, savukārt 2020. gadā nebija novērotas likumsakarības attiecībā uz kālija iznesi, to neietekmēja ne augsnes apstrādes veids, ne augu maiņas variants (11. att.).



11. att. Kālija (K₂O) iznese ar kviešu graudiem un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas vidēji 2018. - 2020. gados: K-K – kvieši bezmaiņas sējumā; K-R – rapsis un ziemas kvieši; AM – augu maiņa

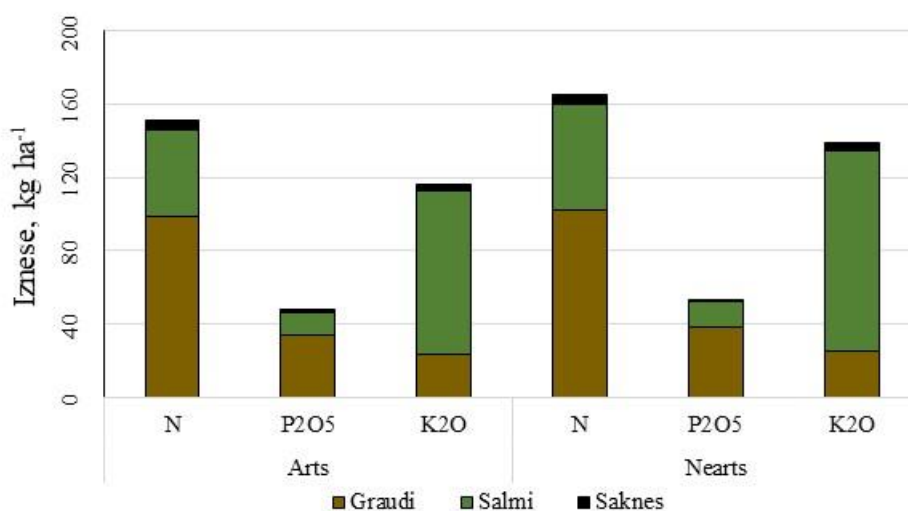
Vasaras mieži. 2018. gadā vasaras miežu sējumā barības elementu iznesi noteica augsnes apstrāde (12. att.). Visu trīs barības elementu (N, P₂O₅, K₂O) iznese bija ievērojami

lielāka neartajā variantā, kas skaidrojams ar iegūtu augstāko ražu, salīdzinot ar klasisko augsnes apstrādi. Kālija iznese ar salmiem bija 3.7–4.77 reizes lielā salīdzinot ar iznesi ar graudiem, kas atgādina, ka salmu novākšana un aizvešana no lauka, samazina augsnes nodrošinājumu ar barības elementiem, īpaši kāliju.



12. att. Slāpekļa (N), fosfora (P₂O₅) un kālija (K₂O) iznese ar vasaras miežiem atkarībā no augsnes apstrādes veida 2018. gadā.

2019. gadā vasaras miežu visu trīs barības elementu (slāpekļa, fosfora un kālija) lielāka iznese novērota neartajā augsnes apstrādē (13. att.). Visvairāk slāpekļa un fosfora augi iznesa ar graudiem, attiecīgi 62—65 % N un 71—71 % P₂O₅ no kopējās katra barības elementa izneses, bet vismazākais iznestais daudzums ir ar augu saknēm 2 % N un 3 % P₂O₅. Arī augu kālija izmantotā daudzumā sakņu daļa sastāda tikai 3 % no kopējās izneses, savukārt vislielākais daudzums tika iznests ar salmiem (77—78 %).

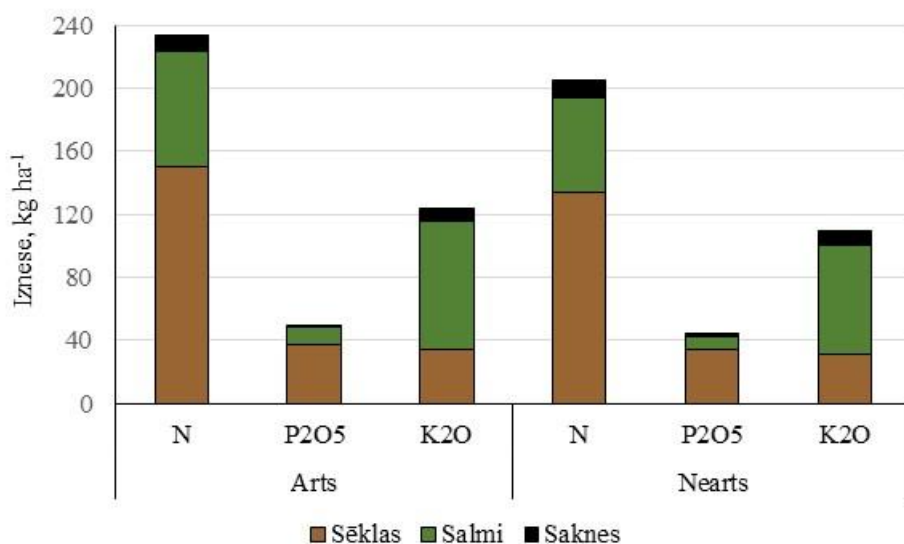


13. att. Slāpekļa (N), fosfora (P₂O₅) un kālija (K₂O) iznese ar vasaras miežiem atkarībā no augsnes apstrādes veida 2019. gadā.

Vasaras miežu barības elementu iznesi abus izmēģinājuma gadus ietekmēja augsnes apstrādes veids, minimālajā augsnes apstrādes variantā slāpekļa, fosfora un kālija iznese konstatēta augstāka, salīdzinot ar arto augsnes apstrādes variantu.

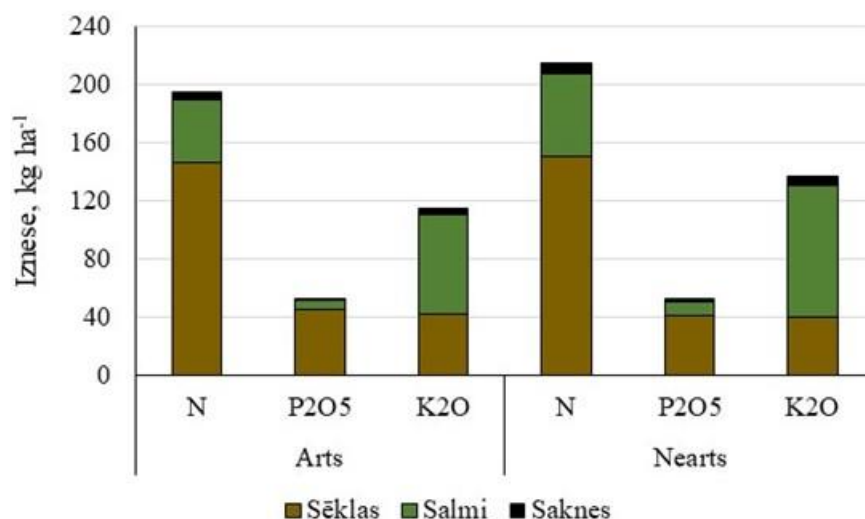
Lauku pupas. Ņemot vērā, ka pupas ir proteīnaugi ar augstu N saturu, slāpekļa iznese ir lielākā salīdzinot ar fosfora un kāliju iznesi ar kultūrauga ražu un blakusprodukciju.

2018. gadā slāpekļa iznese ar pupu ražu un blakusprodukciju sastādīja 205–234 kg ha⁻¹, lielākā daļa slāpekļa (65–66 %) tika iznests ar sēklām, ar salmiem iznesa 29-32% no kopējā slāpekļa daudzuma, bet vismazāk, tikai 4–5 % veidoja iznese ar sakņu masu. Ar sēklām tika iznesta arī lielākā fosfora daļa (75–77 %), 19-21% tika iznesti ar stublājiem un ar saknēm tikai 4–5 % no kopējā fosfora daudzuma. Turpretim lielākā kālija daļa (63–65%) tika iznesta ar stublājiem, ar sēklām iznesa 28–29%, bet ar saknēm relatīvi maza daļa 7–8%. Augsnes apstrādes veids ietekmēja barības elementu iznesi, slāpekļa, fosfora un kālija iznese lielāka izrēķināta artajā variantā (14 att.).



14. att. Slāpekļa, fosfora un kālija iznese ar pupu sēklām un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida 2018. gadā.

2020. gadā augsnes apstrādes veids ietekmēja slāpekļa un kālija iznesi ar pupu ražu un blakusprodukciju, šo barības elementu iznese bija augstāka neartajā variantā, turpretim fosfora iznese abos variantos bija līdzīga (15. att.).



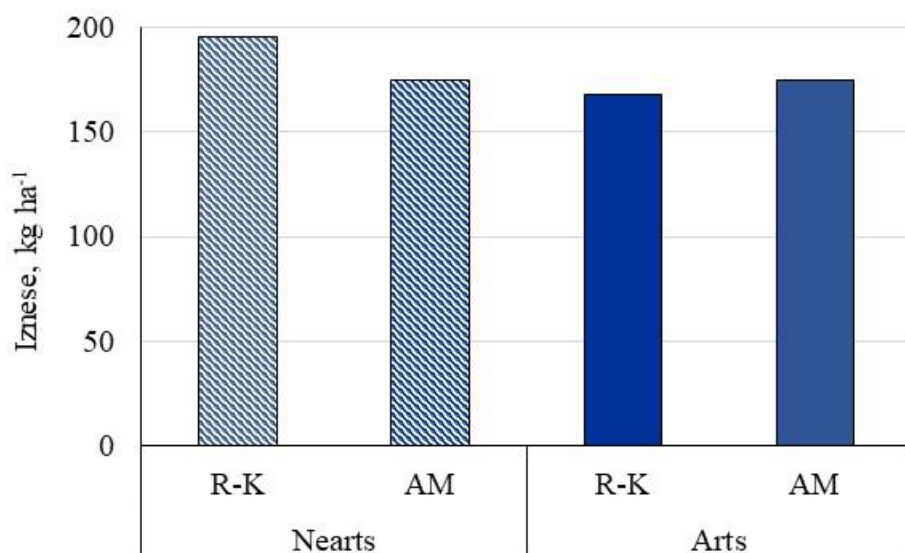
15. att. Slāpekļa, fosfora un kālija iznese ar pupu sēklām un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida

2020. gadā slāpekļa iznese ar pupu ražu un blakusprodukciju bija 194.54–214.89 kg ha⁻¹, lielākā daļa (70–75%) bija sēklas, ar salmiem iznesa 22–26% no kopējā slāpekļa daudzuma, bet vismazāk, tikai 2.8–3.8% bija sakņu masa. Ar sēklām tika iznesta arī lielākā fosfora daļa (78 – 86%), 11.9 – 19.1% tika iznesti ar stublājiem un ar saknēm tikai 1.7–2.9% no kopējā fosfora daudzuma. Turpretim lielākā kālija daļa (60–66.5%) tika iznesta ar stublājiem, ar sēklām iznesa 29.2–36.2%, bet ar saknēm tikai 3.7–4.3 %.

Pupām barības elementu iznesi (izņemot fosforu 2020. gadā) ietekmēja augsnes apstrādes veids, 2018. gadā augstāka barības elementu iznese izveidojās artajā augsnes apstrādes variantā, bet 2020. gadā – minimālajā jeb neartā augsnes apstrādes variantā. Līdz ar to nav viennozīmīga vērtējuma par slāpekļa, fosfora un kālija iznesi atkarībā no augsnes apstrādes veida.

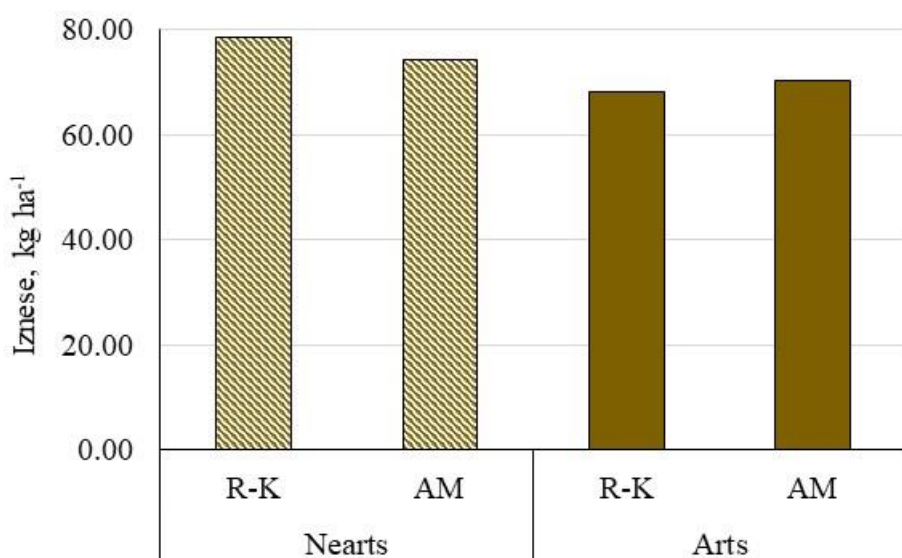
Ziemas rapsis. 2020. gadā salīdzināta barības elementu iznese atkarībā no augsnes apstrādes veida un kultūrauga vietas augu maiņā.

Augu maiņas variantā, kur rapsi audzē vienu reizi četros gados, augsnes apstrādes veids slāpekļa iznesi neietekmēja, tā bija praktiski identiska 174.6–174.9 kg ha⁻¹ (16. att.). Turpretim variantā, kur rapsi audzē “īsjā augmaiņā” t.i. tikai rapsis un kvieši, augstāka slāpekļa iznese bija variantā, kur augsne netika arta – 195.2 kg ha⁻¹ salīdzinot ar variantu, kur augsne arta (167.2 kg ha⁻¹).



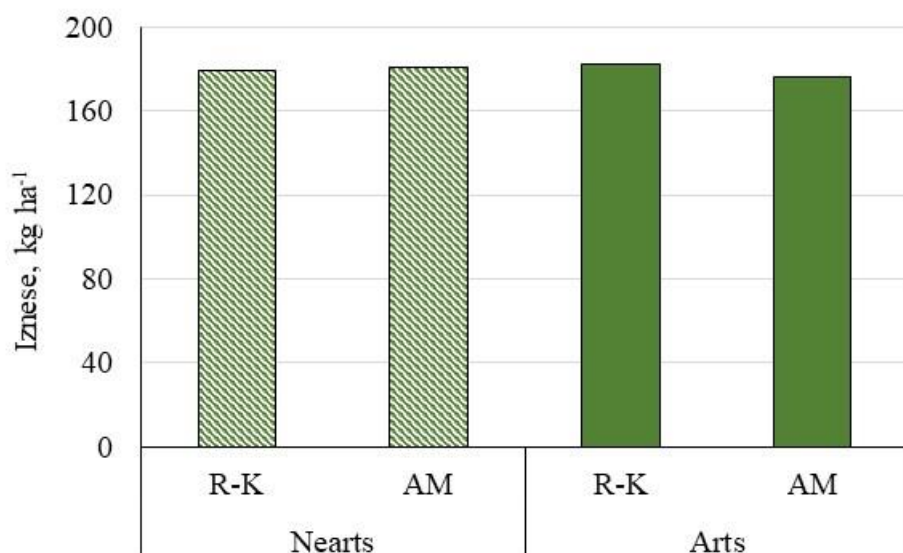
16. att. Slāpekļa iznese ar ziemas rapšu sēklām un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas: R-K – rapsis un ziemas kvieši (2020. gadā priekšaugš ziemas kvieši); AM – augu maiņa (2020. gadā priekšaugš ziemas kvieši).

Fosfora iznese abās augu maiņās bija zemāka artajā augsnes apstrādē 68.29–70.18 kg ha⁻¹ P₂O₅ (17. att.), salīdzinot ar neartajiem variantiem 74.24–78.62 kg ha⁻¹ P₂O₅. Šī atšķirība ir lielāka kviešu-rapša augmaiņā, salīdzinot ar pilnās augu maiņas variantu.



17. att. Fosfora iznese ar ziemas rapšu sēklām un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas: R-K – rapsis un ziemas kvieši (2020. gadā priekšaugš ziemas kvieši); AM – augu maiņa (2020. gadā priekšaugš ziemas kvieši).

Kālija iznese rapša sējumos, salīdzinot ar citiem kultūraugiem, ir lielāka, jo rapša stublāju masa ir liela un tajā ir augsts kālija saturs. Kālija iznese ziemas rapša sējumos 2020. gadā bija līdzīga visos variantos 176.41 –181.91kg ha⁻¹ K₂O (18. att.), kas norāda, ka šajā gadā augsnes apstrādes veids un augu maiņas variants neietekmēja.



18. att. Kālija iznese ar ziemas rapšu sēklām un blakusprodukciju atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas: R-K – rapsis un ziemas kvieši (2020. gadā priekšaugi ziemas kvieši); AM – augu maiņa (2020. gadā priekšaugi ziemas kvieši).

Pēc 2020. gada rezultātiem, var konstatēt, ka ziemas rapša sējumos slāpekļa un fosfora iznesi, audzējot rapsi augmaiņā ar labībām, ietekmēja augsnes apstrādes veids. Neartajā laukā iznese bija lielāka, salīdzinot ar minimālo augsnes apstrādi, savukārt kālija iznesi neietekmēja neviens no pētījamiem faktoriem: ne augsnes apstrādes veids, ne augmaiņa.

Kopsavilkums. Ziemas kviešu slāpekļa iznesi divos izmēģinājuma gados (2018. un 2019.) ietekmēja augu maiņas veids, bet 2020. gadā šāda likumsakarība netika novērota. Slāpekļa, fosfora (P_2O_5) un kālija (K_2O) bioloģiskā iznese vidēji trīs apskatītajos izmēģinājuma gados viszemākā aprēķināta četru lauku augu maiņas variantos abos augsnes apstrādes veidos, bet viszemākās, audzējot ziemas kviešu bezmaiņas sējumos.

Vasaras miežu barības elementu iznesi abus izmēģinājuma gados ietekmēja augsnes apstrādes veids, minimālajā augsnes apstrādes variantā slāpekļa, fosfora un kālija iznese konstatēta augstāka, salīdzinot ar arto augsnes apstrādes variantu.

Lauku pupām barības elementu iznesi (izņemot fosforu 2020. gadā) ietekmēja augsnes apstrādes SISTĒMA, 2018. gadā augstāka barības elementu iznese izveidojās artajā augsnes apstrādes variantā, bet 2020. gadā – minimālajā jeb neartajā augsnes apstrādes variantā. Līdz ar to nav viennozīmīga vērtējuma par slāpekļa, fosfora un kālija iznesi atkarībā no augsnes apstrādes.

Pēc 2020. gada rezultātiem, var konstatēt, ka ziemas rapša sējumos slāpekļa un fosfora iznesi, audzējot rapsi augmaiņā ar labībām, ietekmēja augsnes apstrādes sistēma, neartajā laukā iznese bija lielāka, salīdzinot ar minimālo augsnes apstrādi. Kālija iznesi neietekmēja neviens no pētījamiem faktoriem: ne augsnes apstrādes veids, ne augmaiņa.

3. Sējumu nezālainība un kviešu slimības

Viena no būtiskākajām problēma, kas jārisina, samazinot augsnes apstrādes intensitāti, ir kaitīgo organismu ierobežošana. Šajā izmēģinājumā vērtēta sējumu nezālainība un kviešu slimības.

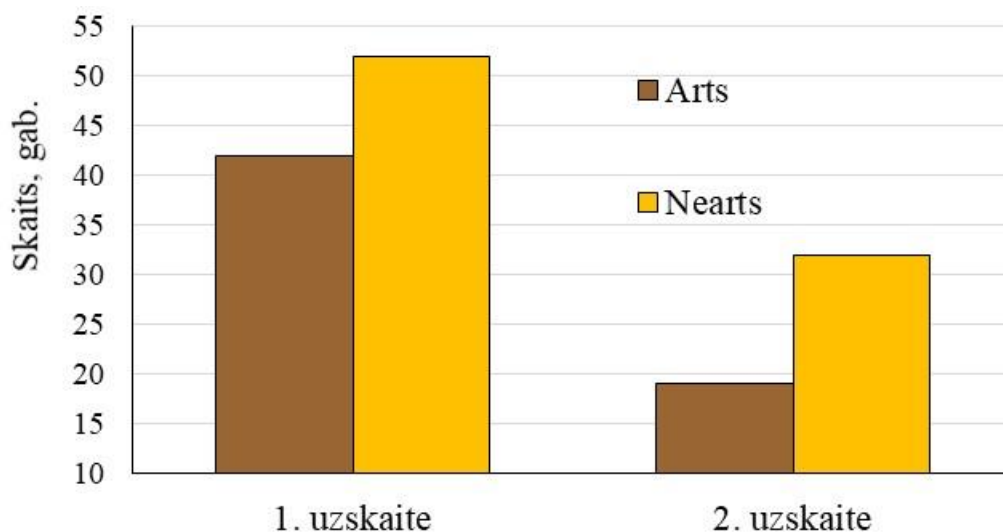
Valsts pētījumu programmas ietvaros, šajā izmēģinājumā tika vērtēta skrejvaboļu (*Carabidae*) sastopamība. Tika secināts, ka vaboļu sabiedrības ietekmē gan augsnes apstrāde, gan augu maiņa, taču tas ir atkarīgs no katras vaboles sugas (Gailis u.c. 2013; 2017a; 2017b).

Jāņem vērā, ka augsnes apstrādes sistēmas ietekmē arī citu dzīvo organismu attīstību, novērojumi liecina, ka nearšana būtiski palielina kailgliemežu skaitu un postīgumu, īpaši ziemas rapša sējumos.

Izmēģinājumā lietoti fungicīdi un herbicīdi, pesticīdi lietoti visos variantos vienādi, atbilstoši nepieciešamībai vairāk inficētajos un/vai nezālainākajos variantos.

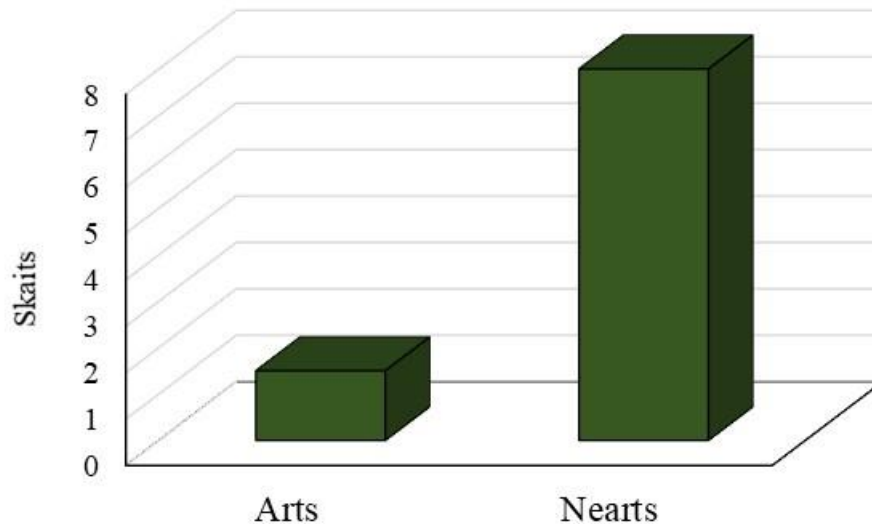
2.3.1. Augsnes apstrādes sistēmas ietekme uz sējumu nezālainību (2010–2020)

Nezāļu uzskaitē veikta pavasarī – pirms herbicīdu lietošanas un īsi pirms ražas novākšanas. Pētījumā secināts, ka nezāļu daudzumu ietekmē gan gada meteoroloģiskā situācija, gan kultūraugi, tomēr lielākā nozīme ir augsnes apstrādei. Augsnes apstrādes sistēma nezāļu skaitu palielina būtiski – gan pavasarī, gan pirms ražas vākšanas (19. att.).



19. att. Nezāļu skaits vidēji, gab m⁻², (2010-2020)

Ja augsne netiek arta, palielinās ne tikai nezāļu vidējais daudzums, bet īpaši pieaug daudzgadīgo nezāļu – tīruma usnes (*Cirsium arvense*), tīruma tīteņa (*Convolvulus arvensis*), tīruma mīkstpienes (*Sonchus arvensis*), ārstniecības pienene (*Taraxacum officinale*), kā arī ložņu vārpatas (*Elytrigia repens*) un tīruma kosas (*Equisetum arvense*) skaits (20. att.).



20. att. Daudzgadīgo nezāļu skaits vidēji, gab m⁻², (2010-2020).

Iegūtie dati pierāda, ka, ja izvēlas mazāk intensīvu augsnes apstrādes sistēmu, ir jābūt pārdomātam nezāļu ierobežošanas plānam. Atkarībā no augsnes apstrādes paņēmiena un augu maiņas mainās nezāļu spektrs, līdz ar to jānovērtē iespējamie riski ilgtermiņā.

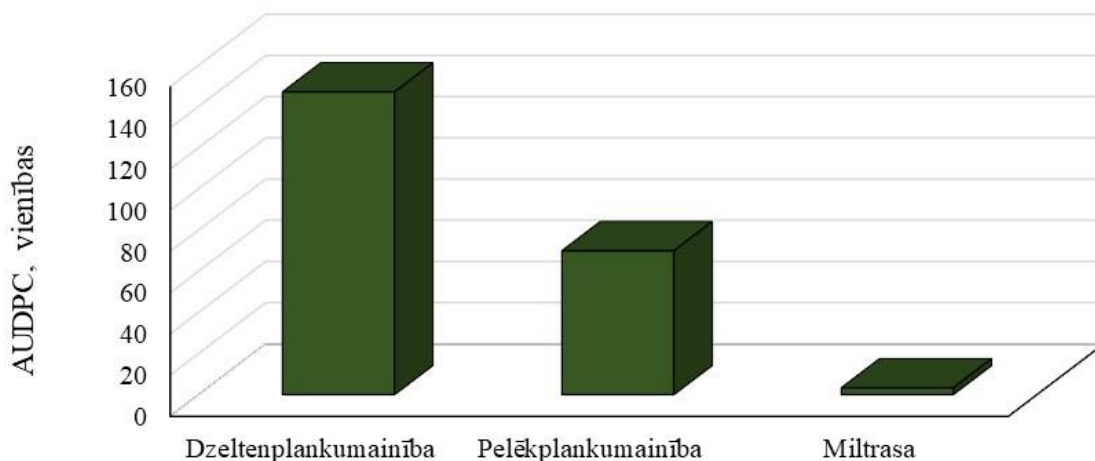
2.3.2. Kviešu lapu slimību attīstība atkarībā no augsnes apstrādes un priekšauga

Dažādu kviešu slimību attīstību lielā mērā nosaka augsnes apstrādes un augu maiņas variants.

Izmēģinājumu laukā ir izmantoti fungicīdi, lai iegūtu apstākļiem atbilstošu ziemas kviešu ražu, taču visos variantos fungicīdu lietošanas shēma bija viena un tā pati, lai varētu novērtēt agrotehnikas nozīmi slimību attīstībā.

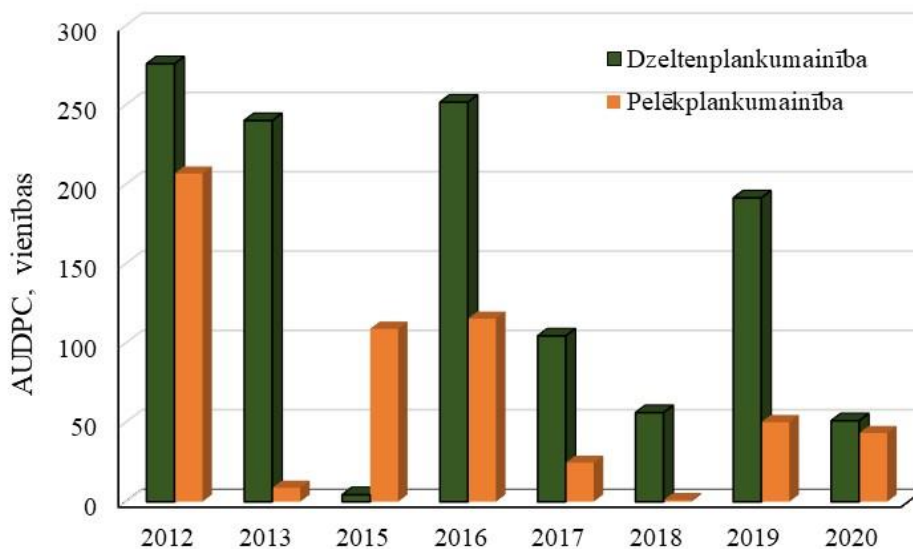
Kviešu slimību attīstība pētījumā raksturota ar integrētu lielumu – AUDPC (*area under diseases progress curve*/laukums zem slimību attīstības līknes) nosacītās vienības. Šī indikatora izmantošana ļauj novērtēt slimības attīstību visā veģetācijas sezonā, ņemot vērā tās attīstības pakāpi katrā no uzskaites reizēm un dienu skaitu starp uzskaitēm.

Visā pētījumu periodā dominēja kviešu lapu dzeltenplankumainība (ier. *Pyrenophora tritici-repentis*), bet bija sastopama arī kviešu lapu pelēkplankumainība (ier. *Zymoseptoria tritici*), turpretim miltrasas (ier. *Blumeria graminis*) līmenis bija nenozīmīgs (21. att.).



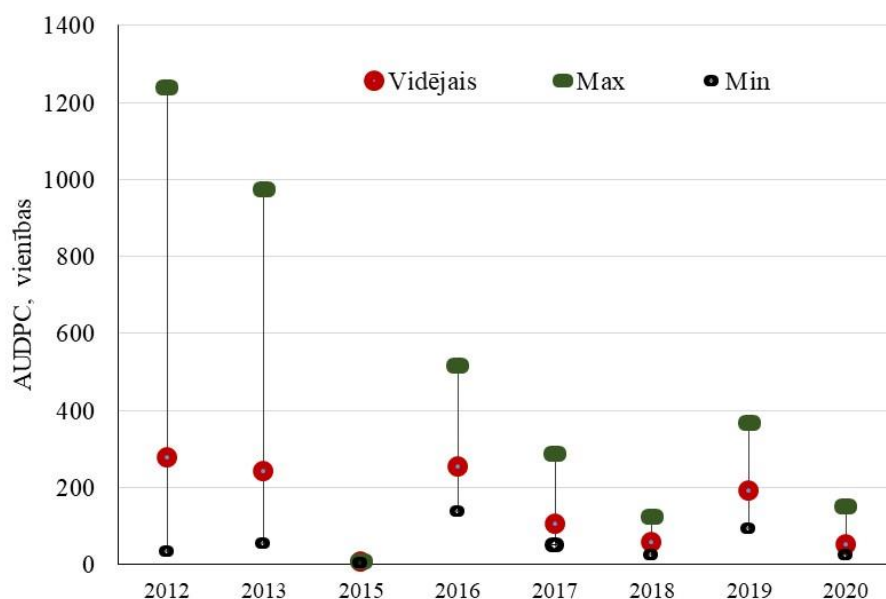
21. att. Ziemas kviešu lapu attīstība vidēji astoņos izmēģinājumu gados
(vidēji 2012–2020., izņemot 2014. gadu).

Kviešu lapu slimību attīstība izmēģinājumu periodā svārstījās. Lai gan dzeltenplankumainības līmenis bija augstāks gan vidēji, gan arī lielākajā daļā izmēģinājumu sezonās, tomēr arī pelēkplankumainība bija sastopama. Pelēkplankumainība dominēja tikai 2015. gadā un 2012. un 2020. gados abu slimību līmenis bija līdzīgs (22. att.). Iegūtie rezultāti apstiprina jau iepriekšējo gadu un citu pētījumu rezultātus – Latvijā dzeltenplankumainība ir būtiskākā kviešu slimība (Bankina et al., 2015, Švarta et al., 2020).



22. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības un pelēkplankumainības attīstība atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem.

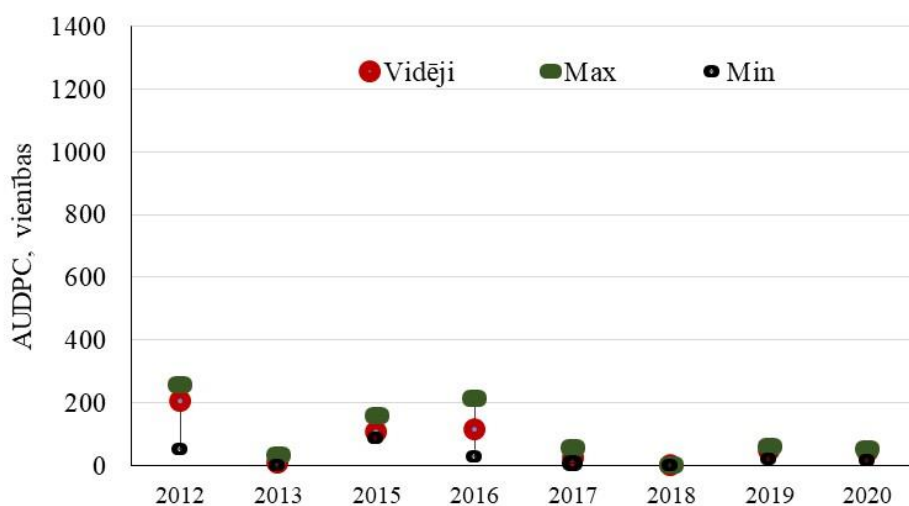
Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību būtiski ietekmēja agrotehnisko paņēmieni kopums, tāpēc vienā un tajā pašā gadā slimības līmenis bija stipri atšķirīgs, it īpaši gados, kad tās attīstībai bija labvēlīgi apstākļi – 2012., 2013. un 2016. gadā (23. att.).



23. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no agrotehniskajiem paņēmieniem.

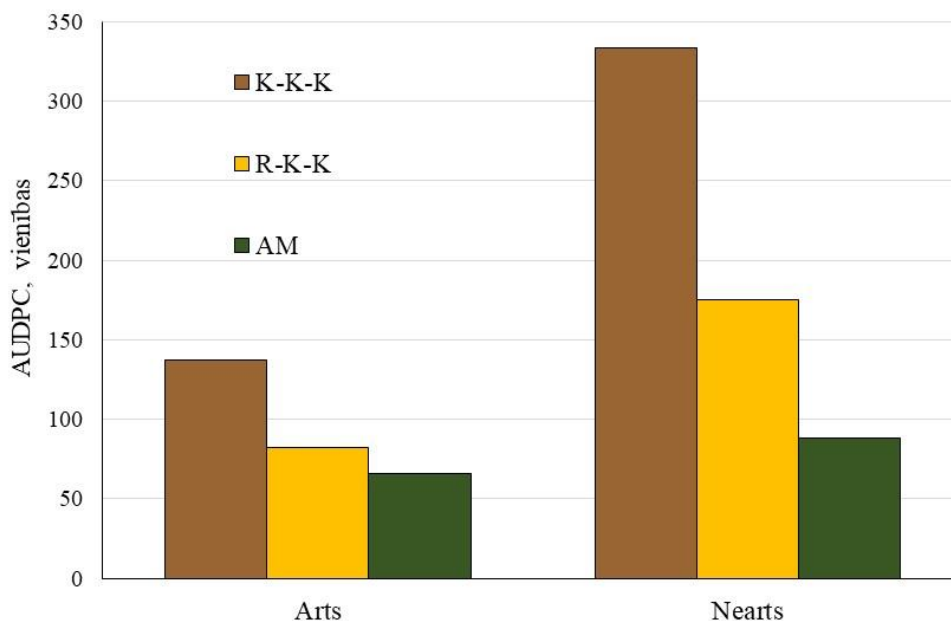
Tātad, gados, kas ir labvēlīgi dzeltenplankumainības attīstībai, izmantotā agrotehnika ļoti būtiski ietekmē slimības līmeni. Apstākļos, kad sabiedrība pieprasa pesticīdu lietošanas samazināšanu, šo apstākli nedrīkst neņemt vērā.

Pelēkplankumainības līmenis vidēji bija zemāks, un līdz ar to arī svārstības tās attīstībā mazākas (24. att.).



24. att. Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība atkarībā no agrotehniskajiem paņēmieniem.

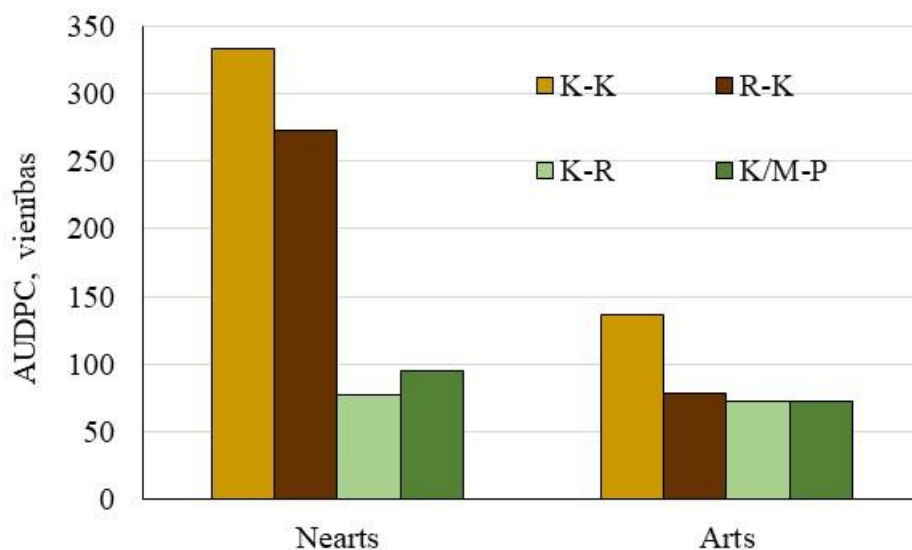
Aršana būtiski samazināja dzeltenplankumainības līmeni, attiecīgi AUDPC bija 95 un 199 vienības. Gan artajā, gan neartajā variantā dzeltenplankumainības līmenis būtiski atšķiras tikai variantos, kur ir kvieši bezmaiņas sējumos un augu maiņā. (25. att.).



25. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no augu maiņas varianta artajā un neartajā variantā (K-K-K – tikai kvieši; R-K-K – rapsis un kvieši; AM – kvieši, rapsis, mieži un pupas), vidēji 2012– 020. gados.

Neartajos laukos visos variantos dzeltenplankumainības līmenis bija augstāks, tomēr arī augu maiņas variants ietekmēja slimības attīstību. Ja augsne tiek arta, arī “īsās rotācijas” ievērošana būtiski samazināja dzeltenplankumainības vidējo līmeni, turpretim neartajā variantā šajā variantā slimības attīstības pakāpe bija ievērojami augstāka nekā augu maiņas variantā.

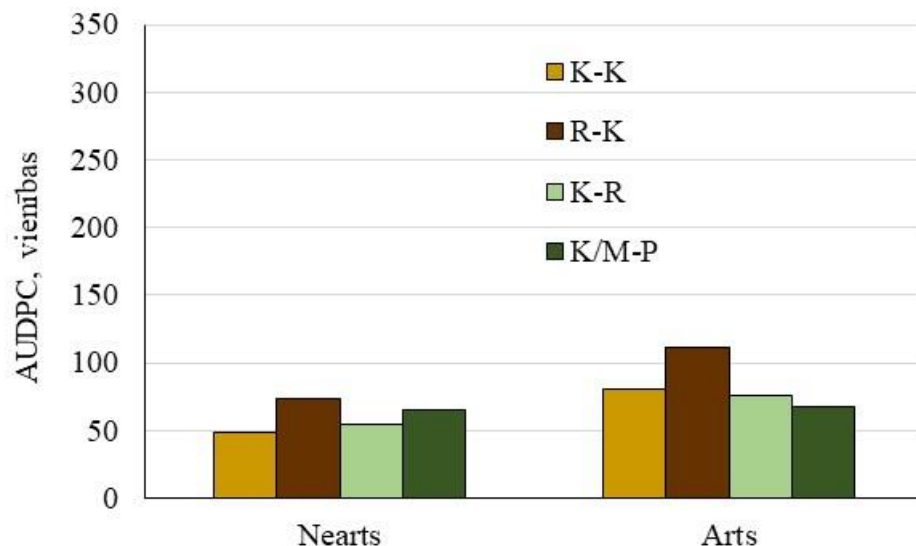
Dzeltenplankumainības attīstības īpatnības vairāku gadu griezumā parāda vidējie lielumi visā augu maiņā, taču būtiski novērtēt konkrētā priekšauga ietekmi (26. att.).



26. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no augsnes apstrādes, priekšauga un priekš-priekšauga (K-K – kvieši priekšaugi un priekš-priekšaugi; R-K – kvieši priekšaugi, rapsis – priekš-priekšaugi; K/M-P – priekšaugi pupas, priekš-priekšaugi mieži vai kvieši), vidēji 2012–2020. gados.

Izmēģinājuma rezultāti pierāda, ka, ja augsne netiek arta un augu atliekas paliek augsnes virskārtā, atkārtota kviešu audzēšana veicina strauju dzeltenplankumainības līmeņa paaugstināšanos. Šos rezultātus nosaka *Pyrenophora tritici-repentis* attīstības cikls, jo Latvijas apstākļos galvenais inficēšanās avots ir salmi, kuros pēc ražas novākšanas nākamajā vasarā attīstās patogēna dzimumstadija – pseudotēciji ar asku sporām. Asku sporu izlidošana turpinās visu vasaru, tādējādi nodrošinot slimības izplatību.

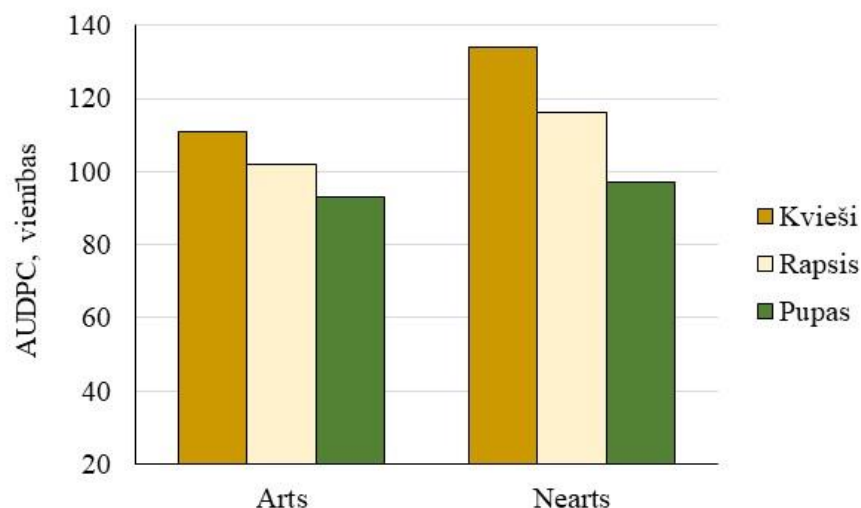
Izmēģinājumu laikā pelēkplankumainības attīstību agrotehniskie pasākumi ietekmēja maz (27. att.).



27. att. Kviešu pelēkplankumainības attīstība atkarībā no augsnes apstrādes, priekšauga un priekš-priekšauga (K-K – kvieši priekšaugi un priekš-priekšaugi; R-K – kvieši priekšaugi, rapsis – priekš-priekšaugi; K/M-P – priekšaugi pupas, priekš-priekšaugi mieži vai kvieši), vidēji 2012. – 2020. gados.

Novērtēt agrotehnisko pasākumu ietekmi uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību objektīvi novērtēt ir grūti, jo gandrīz visos gados tās līmenis bija zemāks. Jau iepriekšējos pētījumos novērots, ka, iespējams, pastāv konkurence starp abiem patogēniem (t.i. *Pyrenophora tritici-repentis* un *Zymoseptoria tritici*), jo tie abi ir nekrotrofi un ieņem vienu un to pašu ekoloģisko nišu.

2015. gada rezultāti, kad dzeltenplankumainības attīstība bija ļoti zema, pierādīja, ka citos apstākļos agrotehniskie pasākumi var būt nozīmīgi arī pelēkplankumainības ierobežošanā (28. att.).



28. att. Pelēkplankumainības attīstība atkarībā no augsnes apstrādes un priekšauga.

Iegūtie rezultāti pierāda, ka, lai gan augsnes nearšana var būt ekonomiski izdevīga, samazināt augsnes eroziju un, iespējams, vēl citādi labvēlīgi ietekmēt vidi, tomēr neizbēgami būs nepieciešama intensīvāka fungicīdu lietošana.

2.3.2. Kviešu stiebra pamatnes slimības un to ierosinātāji

Kviešu stiebra pamatnes slimība ir kompleksa, to ierosina vairāki patogēni, kas atšķirīgi reaģē uz fungicīdu lietošanu un agrotehniskajiem pasākumiem, tāpēc būtiski svarīga ir to precīza identifikācija, ko var veikt tikai ar ģenētiski molekulārajām metodēm.

Pētījumi ir pierādījuši, ka agrotehniskie pasākumi neietekmā kompleksa – kviešu stiebru pamatnes slimību attīstību. Ir atrasti vairāki patogēni, kuru prasības pret vidi ir atšķirīgas, tiem ir dažāda specializācijas pakāpe (t.i. spēja inficēt vienu vai vairākus saimniekaugus) un, iespējams, pastāv mijiedarbība starp dažādiem patogēniem.

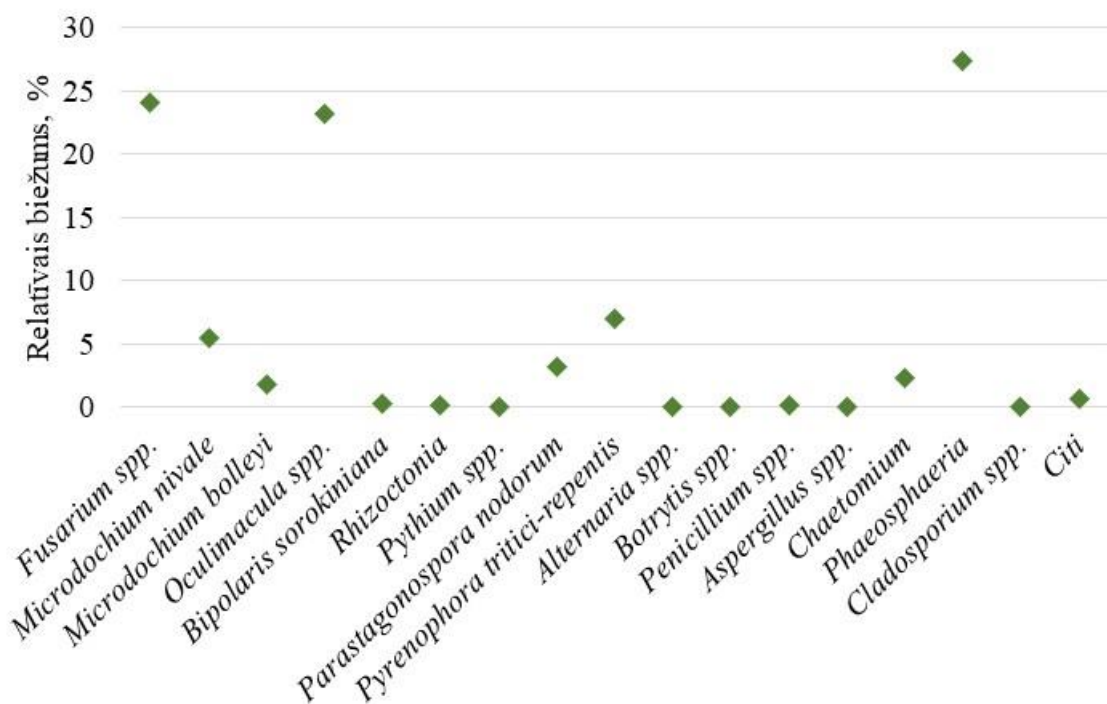
Tādēļ būtisks uzdevums ir saprast, kādi mikroorganismi apdzīvo inficētos augus, jo starp tiem var būt organismi no dažādām ekoloģiskajām nišām – gan patogēni, gan saprotrofī, un iespējams, arī endofīti.

Nezinot un nepētot mikroorganismu spektru, nav iespējams pamatoti runāt ne par augsnes veselību, ne mikrobioloģisko aktivitāti.

Izmēģinājumu periodā (2012–2020., izņemot 2014. gadu) no inficētiem kviešu stiebriem izdalīti, attīrīti un identificēti 14397 sēņu izolāti. Sākotnējai izolātu aprakstīšanai un identifikācijai izmantotas mikoloģiskās metodes, bet tālākā identifikācija veikta ar molekulāri-ģenētiskajām metodēm, sadarbībā ar Latvijas Biomedicīnas studiju un pētniecības centru.

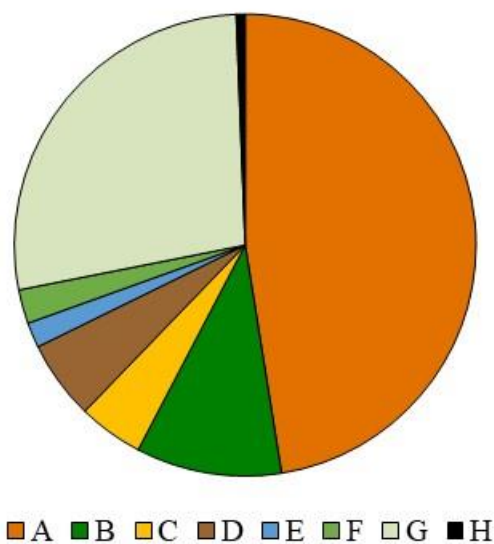
Sēnes līdz ģintis līmenim un atsevišķos gadījumos līdz sugas līmenim identificētas, sekvenējot ITF reģionu *Oculimacula* spp. un *Fusarium* spp. līdz sugas līmenim noteikta, papildus sekvenējot TEF1 un TEF2 reģionus.

Izmēģinājumu periodā konstatētas sēns no 29 ģintīm, taču tikai piecu ģinšu izolāti bija vairāk nekā 5% no visiem izolātiem – *Fusarium* spp., *Microdochium* spp., *Oculimacula* spp., *Pyrenophora tritici-repentis* un *Phaeosphaeria* spp. (29. att.).



29. att. Sēņu ģinšu relatīvā sastopamība (%) 2012 līdz 2020. gadā.

Lielākā daļa no identificētajiem izolātiem piederēja kviešu stiebra pamatnes puves ierosinātājiem, salīdzinoši liela daļa bija citi patogēni un sēnes no ģints *Phaeosphaeria*, kuras ekoloģiskā niša nav zināma (30. att.).



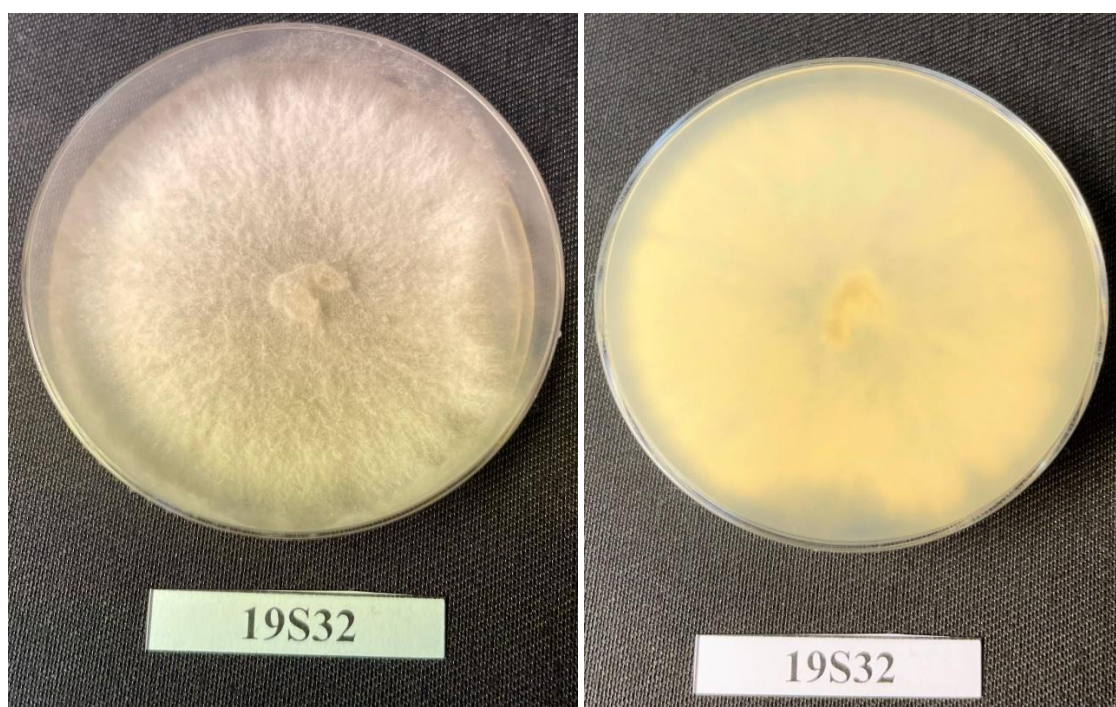
30. att. Sēņu grupas, kas identificētas kviešu stiebrs ar stiebra pamatnes puves simptomiem: A – stiebra pamatnes puves ierosinātāji; B – lapu un vārpu slimību ierosinātāji; C – saprotrofi; D – *Microdochium nivale/majus*; E – *Microdochium bolleyi*; F – *Chaetomium* spp.; G – *Phaeosphaeria* spp.; H – citas.

47% no visām sēnēm bija stiebra pamatnes un puves ierosinātāji, salīdzinoši daudz citu patogēnu, kā arī sēņu, kuru identificēšanai nepieciešami tālāki pētījumi.

Pēdējā laikā dažādos pētījumos konstatēts, ka pieaug *Microdochium nivale/majus* sastopamība. *M. nivale* galvenokārt ir pazīstams kā sārta sniega pelējuma ierosinātājs, taču ir atrasts arī graudos un inficētajos stiebrus. Lietuviešu zinātnieces ir pierādījušas, ka *Microdochium* spp. ierosina dīgstu izkrišanu, turklāt ir sastopams gan *M. nivale*, gan *M. majus*, kurus nevar atšķirt pēc morfoloģiskajām īpatnībām (Jonaviciene et al., 2015). Latvijā šādi pētījumi nav veikti un mēs nezīnām, kurš no abiem patogēniem, un kādos apstākļos ir dominējošais.

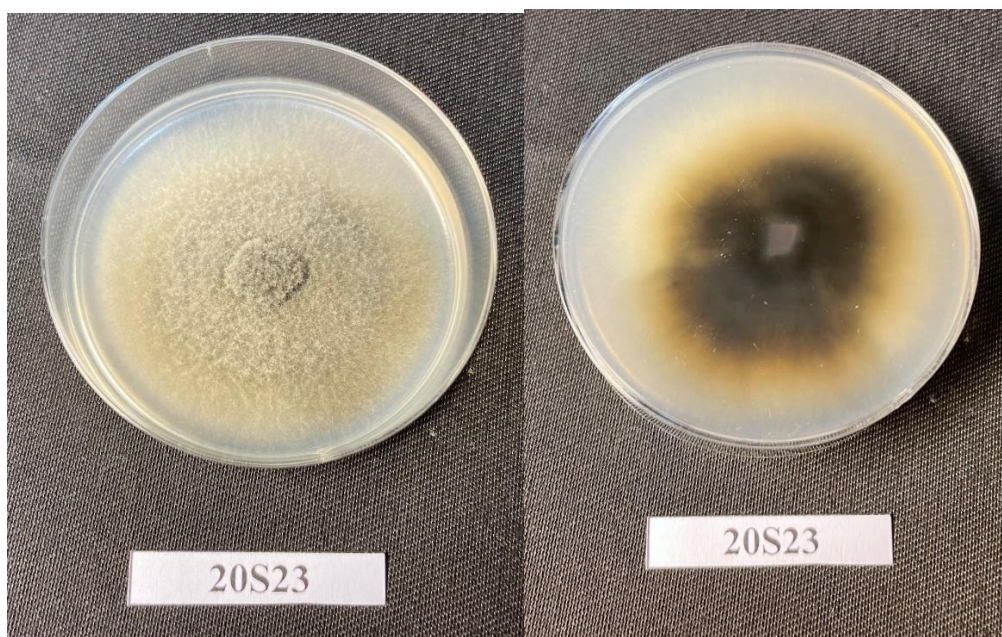
Literatūrā vēl aizvien ir dažādi viedokļi par *Microdochium bolleyi* ekoloģiju. Datu bāzēs citētajos rakstos šī sēne ir aprakstīta kā stiebra pamatnes slimību ierosinātājs, kā endofīts, kas palielina graudaugu izturību pret stresu un kā potenciāls aģents bioloģiskajā augu aizsardzībā. Šīs sēnes pētniecība sniegtu lielu ieguldījumu augsnes bioloģiskās daudzveidības apzināšanā.

Chaetomium (31. att.), ir plaši izplatīta ģints, tajā ir aptuveni 100 sugas, galvenokārt saprotrofī, kas ir atrodami augsnē, gaisā un augu atliekās. Mūsu pētījumos tas atrasts inficētos kviešu stiebrus bet tā nozīme nav zināma.



31. att. *Chaetomium* sp. tīrkultūra: A – kolonijas virspuse, B – kolonijas apakšpuse.

Liela daļa izolātu (~27%) identificēti kā *Phaeosphaeria* spp (32. att.). Patogēnu morfoloģiskās īpatnības variē, tās nav tipiskas, nekādi augļķermeņi un/vai sporas neveidojas. Līdz ar to izolātu morfoloģiskās īpatnības nav izmantojamas patogēnu identifikācijā, ir nepieciešamas molekulāri-ģenētiskās analīzes.

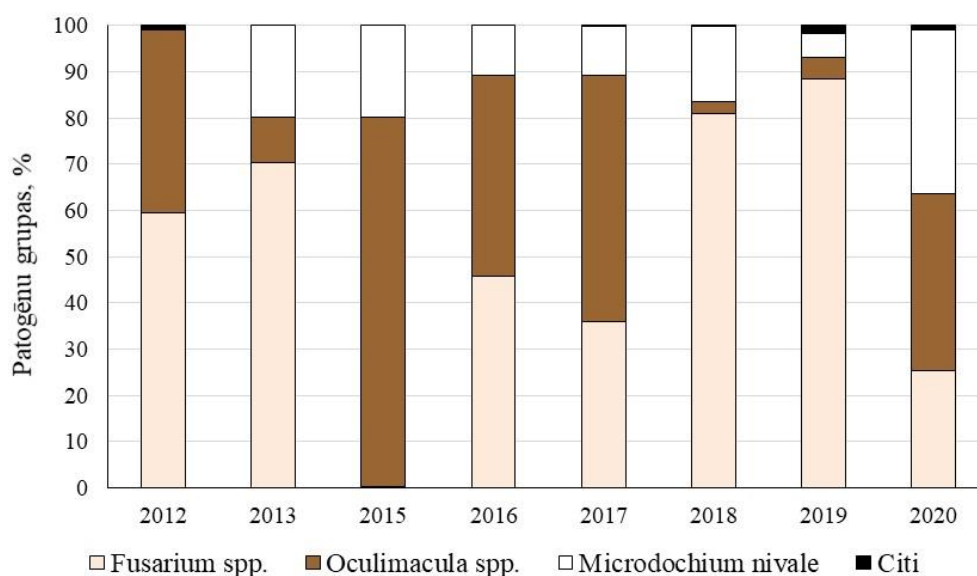


32. att. *Phaeosphaeria* sp. tīrkultūra: A – kolonijas virspuse, B – kolonijas apakšpuse.

Šis ģints sugu identifikācija ir sarežģīta, jo datu bāzēs ir nepietiekams sekvenču daudzums. Turklāt, ne visas sekvences ir izmantojamas, jo tās, kas nosauktas *Phaeosphaeria*, atbilstoši pašreizējai sistematikai var piederēt pavisam citai ģintij.

Šo sēņu ekoloģiskā niša šobrīd nav skaidra, nepieciešamai tālāki pētījumi.

47% no visiem izolātiem bija stiebra pamatnes ierosinātāji, no kuriem dominēja *Fusarium* spp. un *Oculimacula* spp., salīdzinoši daudz bija arī *Microdochium* spp., kurš līdz šim netika uzskatīts par nozīmīgu patogēnu veģetācijas sezonā (33. att.).



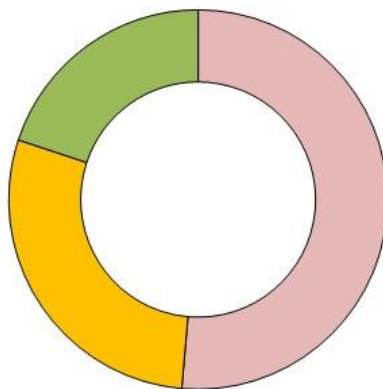
33. att. Stiebra pamatnes slimību ierosinātāju īpatsvars (%) atkarībā no gada meteoroloģiskajiem apstākļiem

2018. un 2019. gadā dominēja *Fusarium* spp., tie bija gadi, kad novērota augstākā vidējā gaisa temperatūra, virs 16 °C, vidēji tikai ~14 °C. 2018. gads bija vissausākais – tikai astoņas lietainas dienas. *Fusarium* spp. dominēja gados, kad HTK nerasniedza pat 0.5.

Oculimacula spp. dominēja tikai 2015. gadā, tas bija gads, kad visā ziemas kviešu attīstības periodā pēc cerošanas bija visvairāk lietaino dienu – 110. Izmēģinājumu laikā šajā periodā vidēji bija tikai 55 lietainas dienas.

Latvijā molekulāri ģenētiskās analīzes pierādīja, ka ir sastopams gan *O. yalluanda*, gan *O. aciformis*, kuru virulence un agresivitāte ir atšķirīga. Nepieciešami tālāki pētījumi, lai konstatētu precīzu abu patogēnu sastopamību, un saprastu, kādi apstākļi sekmē viena vai otra patogēna attīstību.

Visos izmēģinājumu gados galvenokārt konstatēta *F. culmorum* un *F. avenaceum*, citas sugas sastopamas ievērojami retāk (34. att.), tajā skaitā arī agresīvāk un toksiskus vairāk producējošā *F. graminearum*.



■ *Fusarium culmorum* ■ *Fusarium avenaceum* ■ *Fusarium spp.*

34. att. *Fusarium* sugu spektrs (%) inficētajos kviešu stiebrs

Ne augsnes apstrāde, ne augu maiņa neietekmēja stiebra pamatnes slimību izplatību un atrasto sēņu spektru. Par to, ka problēma ir sarežģītāka, nekā uzskatīts iepriekš, liecina arī citi pētījumi. Lietuvā ir atklāts, ka *Fusarium* spp., tajā skaitā patogēnais *Fusarium avenaceum* un *F. graminearum* var saglabāties gan nezālēs, gan citos augos, piemēram, nezālēs un rapsī (Suproniene et. al., 2018). Līdzīgi rezultāti iegūti arī Vācijā – neatkarīgi no augu maiņas, patogēnu spektrs ir līdzīgs (Tillman et. al., 2017).

Mikroorganismu sastopamību nosaka citi, pagaidām nenoskaidroti apstākļi, tajā skaitā mikroorganismu savstarpējā mijiedarbība. Ņemot vērā, ka ir atrastas daudzas sēnes, kuru ekoloģiskā niša vispār nav zināma, secinājumus nav iespējams izdarīt.

3. TEHNOLOĢIJU PRIEKŠROCĪBAS UN TRŪKUMI ILGSTOŠĀ LAIKA PERIODĀ, PRIEKŠLIKUMI PAR ŠO TEHNOLOĢIJU IZMANTOŠANAS IESPĒJĀM INTEGRĒTAJĀ LAUKAUGU AUDZĒŠANĀ

Pasaulē ir pārbaudītas un adaptētas vairākas augsnes apstrādes sistēmas, kas nodrošina stabilas un videi salīdzinoši draudzīgas augsnes apstrādes sistēmas. Pēdējā laikā lielu popularitāti gūst tehnoloģijas, kas prasa mazāk resursu, tajā skaitā fosilās degvielas un ir darba un laika mazāk ietilpīgas.

Izmēģinājumā, kas iekārtos 2008. gada rudenī un turpinājās līdz 2020. gadam, no dažādiem apsvekiem vērtēts augsnes bezapvēršanas apstrādes ietekme gan uz augsni, gan dzīvajiem organismiem, ieskaitot kultūraugus.

Pēc zinātnē pieņemtās metodoloģijas, izmēģinājumu laiks bija pārāk īss, lai izdarītu secinājumus. Šādu jautājumu risināšanai vajadzīgi ilgtermiņa izmēģinājumi – tādi, kuri ilgst vairāk nekā 20 gadus. Tomēr arī šajos desmit gados ir gūtas svarīgas atziņas.

Katras saimniekošanas sistēmas pamatā ir **ražā**. Visu laukaugu ražu būtiski ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi – ziemas kviešu raža svārstījās no 3.02 līdz 7.17 t ha⁻¹. **Ražas lielumu un kvalitāti augsnes apstrādes sistēma neietekmēja**. Atsevišķos gados būtiski augstāka raža bija artajos, bet citos – tieši otrādi neartajos laukos. Tomēr artajos laukos kviešu ražas bija stabilākas un svārstījās mazāk nekā neartajos.

Ražas struktūrelementu veidošanās augsnes apstrādes sistēma neietekmēja, tie bija atkarīgi no katra gada meteoroloģiskajiem apstākļiem.

Augmaiņas kopējo produktivitāti ietekmē tajā iekļauto kultūraugu ražas, tāpēc mazāk produktīvi bija varianti, kur dominēja vasarāji, jo pēdējos četros gados (2017. līdz 2020) trīs bija izteikti sausi, kas nenodrošināja pietiekamu mitruma līmeni vasarāju sējumos.

Augsnes agrofizikālās īpašības mainās ļoti lēni, pirmās pazīmes konstatētas tikai septītajā izmēģinājumu gadā. **Aršana labvēlīgi ietekmēja augsnes īpašības visā aramkārtas dziļumā** – samazinājās tilpummasa un palielinājās kapilārā porainība. Ja augsne netiek arta, augsne kļūst irdenāka tikai augšējos piecos centimetros.

Augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte svārstījās atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem, lai gan neartajos laukos augsnes augšējā slānī mikroorganismu aktivitāte bija lielāka, tomēr šī tendence nav novērota visos gadījumos.

Triju gadu periodā novērota augsnes **organiskā oglekļa** samazināšanās neartajos laukos par 0.7 %. Pētījumu periods ir bijis pārāk īss, lai izdarītu secinājumus par augsnes apstrādes ietekmi uz organiskā oglekļa krājumu palielināšanos vai samazināšanos augsnē.

Augsnes apstrādes sistēma **būtiski neietekmēja barības elementu** – slāpekļa, kālija un fosfora izmantošanos. Rezultāti bija atšķirīgi gan atkarībā no katra gada apstākļiem, gan augu maiņas varianta.

Augsnes apstrāde bez apvēršanas **būtiski palielināja nezāļu daudzumu**, tajā skaitā daudzgadīgo nezāļu skaitu.

Augsnes apstrāde bez apvēršanas **būtiski palielināja kviešu lapu dzeltenpalnkumainības attīstību**. Dzeltenplankumainība, ko ierosina *Pyrenophora tritici-repentis*, Latvijā jau kopš 90-tajiem gadiem ir nozīmīgākā un izplatītākā kviešu slimība, līdz ar to ir jāreķinās, ka, samazinot augsnes apstrādes intensitāti, būtiski pieaugs šīs slimības postīgums.

Kviešu stiebra pamatnes slimību attīstību augsnes apstrāde neietekmēja. Šīs slimības izraisa vairāki patogēni, kas spēj pielāgoties dažādiem apstākļiem. Pētījumos konstatēta liela sēņu daudzveidība, kas atrasta simptomātiskajos kviešu stiebrs. Daļa no šīm sēnēm ir maz pētīta un nav skaidrs, kāda ir to ekoloģiskā loma. Neturpinot pētījumus

par mikroorganismu sastopamību augsnē un to bioloģiskajām īpatnībām, nav iespējams argumentēti runāt par augsnes mikroorganismu daudzveidību.

Kopumā pētījuma laikā netika pierādīts vienas vai otras augsnes apstrādes sistēmas pārākums, katrai no tām ir savas priekšrocības un trūkumi.

Jārēķinās, ka, izmantojot bezaršanas tehnoloģijas, pieaugs pesticīdu slodze.

Izmantotā literatūra:

1. Anderson, R.L. (2008). Growth and yield of winter wheat as affected by preceding crop and crop management. *Agronomy Journal*, 100, 977–980. DOI: 10.2134/agronj2007.0203.
2. Arvidsson, J. (2010). Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden. *European Journal of Agronomy*, 33(3), 250–256. DOI: 10.1016/J.EJA.2010.06.003.
3. Angus, J.F., Kirkegaard, J.A., Hunt, J.R., Ryan, M.H., Ohlander, L., & Peoples, M.B. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop and Pasture Science*, 66(6), 523–552. DOI: 10.1071/CP14252.
4. Babulicová, M. (2016). Enhancing of winter wheat productivity by the introduction of field pea into crop rotation. *Agriculture*, 62(2), 101–110. DOI: 10.1515/agri-2016-0011.
5. Bankina B., Gaile Z., Balodis O., Bimšteine G., Katamadze M., Kreita D., Paura L., Priekule I. (2014) Harmful winter wheat diseases and possibilities for their integrated control in Latvia. *Acta Agriculturae Scandinavica, section B – Soil & Plant Science*. 64(7): 615-622.
6. Cociu, A.I., Alionte, E. (2011). Yield and Some Quality Traits of Winter Wheat, Maize, and Soybean, Grown in Different Tillage and Deep Loosening Systems Aimed to Soil Conservation. *Romania Agricultural Research*, 28, 109–120.
7. Dubova, L., Ruža, A., Alsiņa, I. (2016). Soil microbiological activity depending on tillage system and crop rotation. *Agronomy Research*, 14(4), pp. 1274–1284.
8. Giannitsopoulos, M.L., Burgess, P.J., & Rickson, R.J. (2019). Effects of conservation tillage systems on soil physical changes and crop yields in a wheat-oilseed rape rotation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74(3), 247–258. DOI: 10.2489/jswc.74.3.247.
9. Jonavičiene A, Suproniene S, Semaškiene R. 2016. *Microdochium nivale* and *M. majus* as causative agents of seedling blight in spring cereals. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103(4), 36–368.
10. Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipešević, B., & Stošić, M. (2011). Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(1), 1–7. DOI: 10.3906/tar-0909-376.
11. Liniņa, A., Ruža, A. (2015). Slāpekļa mēslojuma un meteoroloģisko apstākļu ietekme uz ziemas kviešu graudu graudu fizikālajiem rādītājiem. **No:** *Līdzsvarota lauksaimniecība*, zinātniski praktiskās konferences raksti (2015. g. 19.–20. febr.). Jelgava, LLU, 70.–73. lpp.
12. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2017). Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. **In:** *Research for Rural Development 2017 conference proceedings*, Jelgava, LLU, Vol. 2, p. 54 –61.
13. Schlegel, A.J., Assefa, Y., Haag, L.A., Thompson, C.R., & Stone, L. (2017). Long-term Tillage on Yield and Water Use of Grain Sorghum and Winter Wheat. *Agronomy Journal*, 110(1), 269–280. DOI: 10.2134/agronj2017.02.0104.

14. Skudra, I., Ruža, A. (2016). Ziemas kviešu 1000 graudu masas un graudu tilpummasas ietekmējošo faktoru izvērtējums *No: Līdzsvarota lauksaimniecība, zinātniski praktiskās konferences raksti* (2016. g. 25.–26. Febr.). Jelgava, LLU, 217.–218. lpp.
15. Suproniene S., Kadziene G., Irzykowski W., Sneideris D., Ivanauskas A., Sakalauskas S., Serbiak P., Svegzda P., Auskalniene O., Jedryczka M. (2018) Weed species within cereal crop rotations can serve as alternative hosts for *Fusarium graminearum* causing Fusarium head blight of wheat. *Fungal Ecology*, 37:30-37.
16. Švarta A., Bimšteine G., Gaile Z., Stanka T., Daugaviņa L., Plūduma-Pauniņa I. (2020). Development of winter wheat blotches depending on fungicide treatment schemes and nitrogen rates. *In: Research for Rural Development-2020: Annual 26th International Scientific Conference Proceedings*, Jelgava, 13–15 May 2020, 35: 20–27.
17. Tillmann, M., Tiedemann, A., Winter, M. 2017. Crop rotation effects on incidence and diversity of *Fusarium* species colonizing stem bases and grains of winter wheat. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 124: 121-130.
18. Vircava I., Dorbe A., Darguža M., Erdberga I. (2021) Augšnes apstrādes ietekme uz augsnes agrofizikālajām īpašībām vienas desmitgades ietvaros. *No: Zinātniskais seminārs Ražas svētki "Vecauce – 2021", Ražas ekstremālos apstākļos, Zinātniskās semināra rakstu krājums, Vecauce-2021*, 63 – 66. lpp.
19. Vyn, J., Sutton, J.C., Raimbault, B.A. (1991). Crop sequence and tillage effects on winter wheat development and yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 676(71), 669–676. DOI: 10.4141/cjps91-099.
20. Wieme, R.A., Carpenter-Boggs, L.A., Crowder, D.W., Murphy, K.M., & Reganold, J.P. (2020). Agronomic and economic performance of organic forage, quinoa, and grain crop rotations in the Palouse region of the Pacific Northwest, USA. *Agricultural Systems*, 177.