

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
2019**

Galvenie izpildītāji:

Gunita Bimšteine
Zinta Gaile
Ilze Vircava
Madara Darguža
Adrija Dorbe
Linda Litke

Studējošie:

Eva Ezeraša
Jānis Kaņeps
Inita Legzdiņa
Roberts Lepsis
Reinis Štelmahers
Oskars Smirnovs
Linda Daugaviņa
Zane Daugule

Pārējie:

Ingrīda Neusa-Luca
Inga Skuja

ANOTĀCIJA

Minimālās augsnes apstrādes ietekme uz augsnes auglības saglabāšanu, kaitīgo organismu attīstību un izplatību, ražu un tās kvalitāti bezmaiņas sējumos (2019). Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Jelgava, LLU. 45 lpp., 2 tab., 51. att.

Bezapgūšanas augsnes apstrādes tehnoloģijas kļūst aizvien populārākas, jo tās ļauj taupīt resursus, un, tiek uzskatīts, novērš augsnes eroziju. Turgus situācija veicina kviešu īpatsvara palielināšanos sējumu struktūrā, tādejādi bieži kvieši tiek audzēti bezmaiņas sējumos vai “ītajā rotācijā” – kvieši un rapsis.

Pētījumu mērķis: ir skaidrot bezapgūšanas 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.

2008. gada rudenī LLU mācību pētījumu saimniecībā „Pēterlauki” speciāli šim nolūkam tika veikti nepieciešamie pasākumi stacionāra iekārtošanai ar vienotu ziemas kviešu un ziemas rapša fonu variantos ar tradicionālo un minimālo augsnes apstrādi. Kopumā izmēģinājumā iekļauti 6 graudaugu un rapšu rotācijas varianti: 1) augsnes apstrāde (A1 – aršana 22 – 24 cm dziļumā; A2 – bez apvēršanas apstrāde līdz 10 cm dziļumā, turpmāk tekstā “arts” un “nearts”); 2) augu maiņa (B1 – kvieši bezmaiņas sējumā; B2 – kvieši un rapsis; B3 – augu maiņa, kur iekļauti arī mieži un lauka pupas).

2019. gadā augu maiņas ievērošana būtiski palielina kviešu ražu, taču augsnes apstrādes ietekme ir atkarīga no katra gada agrometeoroloģiskajiem apstākļiem, 2019. gadā augsnes apstrādes sistēma neietekmēja miežu un pupu ražu. Kultūraugu dažādošana augmaiņas kopējo produktivitāti, ja salīdzina ar kviešu bezmaiņas variantu. Augsnes apstrādes sistēma neietekmēja iegūtās enerģijas daudzumu.

Augšņu fizikāli mehāniskās īpašības mainās lēni, desmit gadu laikā uzkrātie rezultāti norāda uz pakāpeniskām augsnes fizikālmehānisko īpašību izmaiņām augsnes apstrādē ilgstoši izmantojot vienvēidīgu agrotehniku. Augsnē noritošo procesus izprašanai ir uzsākti jauni mērījumi – tiek analizēta mālu nozīme gan augsnes agrofizikālo īpašību, gan C_{org} uzkrāšanās kontekstā, nosakot mālu granulometrisko, minerālo sastāvu un augšņu plasticitāti. Augu maiņas ievērošana uzlabo visu barības elementu izmantošanos no augsnes, bet augsnes apstrādes sistēmai nav būtiskas nozīmes uz C_{org} uzkrāšanos.

Augsnes aršana samazina sējumu nezālainību, it īpaši attiecībā uz nezāļu zaļo masu. Būtiski arī tas, ka neartajos laukos pieaug daudzgadīgo nezāļu skaits. Aršana būtiski samazināja dzeltenplankumainības (ier. *Pyrenophora tritici-repentis*) attīstības līmeni, augu maiņai bija salīdzinoši zemāka ietekme. Kviešu stiebru pamatnes slimības galvenokārt ierosināja *Fusarium culmorum*. *F. culmorum* sastopamība ir atkarīga no agrotehnikajiem paņēmieniem – augsnes nearšana un atkārtota kviešu sēja veicina *F. culmorum* izplatību.

Agrotehnisko pasākumu ietekme uz augsnes īpašībām un bioloģisko daudzveidību nav viennozīmīga, likumsakarības atklājas tikai ilgā laika periodā. Turpmākie pētījumi ļaus izprast procesus un izmaiņas, kas notiek augsnē, kā arī dzīvo organismu (gan nezāles gan patogēni) spektra izmaiņas. Iekārtotajā izmēģinājumā ir iespējams uzsākt jaunus pētījumus, saskaņā ar nepieciešamību un zinātnes tendencēm (augu mikobiota, mālu pētījumi u.c.), kā arī ir iespēja strādāt pētniekiem no citām nozarēm, piemēram, veikt gāzu emisijas pētījumus.

IEVADS

Bezapgūšanas augsnes apstrādes tehnoloģijas kļūst aizvien populārākas, jo tās ļauj taupīt resursus, un, tiek uzskatīts, novērst augsnes eroziju. Tajā pašā laikā augu atlieku uzkrāšanās augsnes virskārtā var veicināt kaitīgo organismu savairošanos, kā arī paaugstina sējumu nezālainību. Tirgus situācija veicina kviešu īpatsvara palielināšanos sējumu struktūrā, tādējādi bieži kvieši tiek audzēti bezmaiņas sējumos vai "ītajā rotācijā" – kvieši un rapsis.

Raža un tās kvalitāte ir galvenais rādītājs agrotehnisko pasākumu efektivitātes izvērtēšanā, taču, lai izprastu iegūtos rezultātus, ir nepieciešams izvērtēt augu fenoloģisko attīstību un ražas struktūrelementus. Katra augmaiņas varianta kopējās produktivitātes novērtēšanai artajā un neartajā variantā vairāku gadu garumā ir nepieciešams vienots rādītājs. Dažādu kultūraugu produktivitāti var savstarpēji salīdzināt, aprēķinot iegūtās ražas enerģētisko vērtību, to izsakot MJ ha⁻¹.

Augsnes agrofizikālās īpašības nosaka gaisa un ūdens attiecību, mitruma saglabāšanu. 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.

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

Atkarībā no augsnes apstrādes paņēmiena un augu maiņas mainās nezāļu spektrs, līdz ar to jānovērtē iespējamie riski ilgtermiņā.

Ir nepieciešamas agroekonomiski izvērtēt jauno tehnoloģiju priekšrocības un trūkumus, kā arī dot priekšlikumus par šādu tehnoloģiju izmantošanas iespējām integrētajā laukaugu audzēšanā. Šādi pētījumi ir jāturpina daudzus gadus, pat gadu desmiti, jo, kā parāda Eiropas prakse, audzēšanas tehnoloģiju ietekme ir novērtējama tikai ilgstošā laika periodā. Ilgtspējīgas augkopības pamatā ir racionāla augsnes izmantošana un pakāpeniska tās auglības uzlabošana, tādēļ ir nepieciešamas zināšanas par tehnoloģiju ietekmi uz augsnes auglības izmaiņām, mēslošanas un augu aizsardzības pasākumu nepieciešamību.

Pētījumu mērķis: ir skaidrot bezapgūšanas 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.

Pētījuma uzdevumi:

1. Noteikt kultūraugu ražību un ražas kvalitāti, kā arī kopējo produktivitāti atkarībā no augsnes apstrādes un augu maiņas varianta:
 - 1.1. Vērtēt augu fenoloģisko attīstību;
 - 1.2. Noteikt ražu, ražas kvalitāti un tās struktūrelementus;
 - 1.3. Vērtēt augmaiņas variantu kopējo produktivitāti (MJ ha⁻¹).
2. Noteikt augsnes agrofizikālos rādītājus un barības vielu izmantošanos atkarībā no augsnes apstrādes un augu maiņas varianta:
 - 2.1. Noteikti augsnes agrofizikālās īpašības (ūdens filtrācijas spēju, kapilāro porainību, augsnes drupatainību u.c.);
 - 2.2. Noteikt augu barības vielu izmantošanos;
 - 2.3. Noteikt oglekļa uzkrāšanos.

3. Noteikt sējumu nezāļainību un kviešu slimību attīstību atkarībā no augsnes apstrādes un augu maiņas:

3.1. Noteikt sējumu nezāļainību;

3.2. Noteikt kviešu lapu slimību attīstības pakāpi;

3.3. Noteikt stiebra pamatnes slimību izplatību un identificēt tās ierosinātājus, izmantojot ģenētiski molekulārās metodes.

4. Izvērtēt tehnoloģiju priekšrocības un trūkumus ilgstošā laika periodā, sniegt priekšlikumus par šo tehnoloģiju izmantošanas iespējām integrētajā laukaugu audzēšanā (novembris-marts).

1. METODIKA

1.1. Izmēģinājuma iekārtošana

Lai skaidrotu minimālās (reducētās) augsnes apstrādes bezmaiņas (minimālas augu rotācijas) sējumos ietekmi uz ražas lielumu un tās kvalitāti, augsnes fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva izmaiņām ilgtermiņā salīdzinājumā ar tradicionālo audzēšanas tehnoloģiju 2008. gada rudenī LLU mācību pētījumu saimniecībā „Pēterlauki” speciāli šim nolūkam tika veikti nepieciešamie pasākumi stacionāra iekārtošanai ar vienotu ziemas kviešu un ziemas rapša fonu variantos ar tradicionālo un minimālo augsnes apstrādi. 2009. un 2010. gadā tika pakāpeniski apgūta plānotā augu rotācija tradicionālās un minimālās augsnes apstrādes fonos. Kopumā izmēģinājumā iekļauti 6 graudaugu un rapšu rotācijas varianti divos blokos (1. tab.).

Izmēģinājuma varianti:

- 1) augsnes apstrāde (A1 – aršana 22 – 24 cm dziļumā; A2 – bez apvēršanas apstrāde līdz 10 cm dziļumā, turpmāk tekstā “arts” un “nearts”);
- 2) augu maiņa (B1 – kvieši bezmaiņas sējumā; B2 – kvieši un rapsis; B3 – augu maiņa, kur iekļauti arī mieži un lauka pupas, turpmāk tekstā K-K; R-K; AM).

Lauka izmēģinājums iekārtots divos atkārtojumos (pēc nepieciešamības tiek iekārtoti sub-atkārtojumi) viena lauka platība – ap 0.25 ha, lai varētu pielietot ražošanā izmantojamo tehniku un lauka izmēģinājums būtu maksimāli tuvināts ražošanas apstākļiem. Izmēģinājuma kopējā platība ir 6 ha.

Pētījums veikts putekļaina smilšmāla lesivētā brūnaugsnē ar vidēji labu dabisko drenētību, taču atsevišķos periodos, kad augsne ir piesātināta ar ūdeni un plaisas nobloķējuši uzbrīdušie māla minerāli, iespējama virsūdeņu uzkrāšanās augsnes virspusē. Augsne salīdzinoši labi iekopta, ar neitrālu reakciju, vidēji augstu P_2O_5 un augstu K_2O saturu.

Izmēģinājumu shēma 2012 - 2022. g. ražai*.

Gads	1. sleja	2. sleja	3. sleja	4. sleja
	Nearths	Arts	Arts	Nearths
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.

1.2. Agrotehniskie pasākumi 2018.–2019. gadā

Izmēģinājumā izmantota tradicionālā agrotehnika, kas raksturīga katram kultūraugam Zemgales reģionā. Visos variantos veikti vieni un tie paši sējumu kopšanas pasākumi neatkarīgi no priekšauga un augsnes apstrādes varianta.

Ziemas kvieši iesēti 6. septembrī, augsnes apstrāde un priekšaugi atbilstoši shēmai, izmantota šķirne 'Skagen', izsējas norma 450 dīgstošas sēklas m².

Sēkla kodināta, izmantojot kodni Kinto Plus, deva 1.5 L t⁻¹ (33 g L⁻¹ tritikonozols; 33 g L⁻¹ fluksapiroksāds; 33 g L⁻¹ fludioksinils).

Pamatmēslojumā iestrādāts kompleksais mēslojums reizē ar sēju 250 kg ha⁻¹ (NPK 10-26-26).

Papildmēslojumā iestrādāts amonija nitrāts (NH₄NO₃) 29.03 un 08.05, attiecīgi 250 un 200 kg ha⁻¹. Izmantots arī ārpussakņu mēslojums 30.04.19 un 22.05.19, katrā reizē lietojot 2 L ha⁻¹ (N – 3.9%; MgO – 15.2%; Cu – 3.0%; Mn – 9.1%, Zn – 4.9%).

Sējumā izmantoti sekojoši pesticīdi:

- ✓ Herbicīds ar virsmas aktīvo vielu 30.04.19 (piroksulams 50 g kg⁻¹; florasulams 50 g kg⁻¹; aminopiralīds 50 g kg⁻¹); 200 g ha⁻¹.
- ✓ Augšanas regulatori 30.04 (hlormkvāta hlorīds) 1 L ha⁻¹ un 22.05 (etil-trineksapaks 50 g kg⁻¹; kalcija proheksadions 50 g kg⁻¹) 0.5 kg ha⁻¹.
- ✓ Fugicīds (62.5 g L⁻¹ epoksikonazols; 85.0 g L⁻¹ piraklostrobīns) 12.06. 1 L ha⁻¹.

Ziemas rapsis iesēts 18. augustā, augsnes apstrāde un priekšaugi atbilstoši shēmai, izmantota šķirne 'Visby', izsējas norma 80 dīgstošas sēklas m².

Sēkla kodināta, izmantojot kodni Kinto Plus, deva 2.0 L t⁻¹ (33 g L⁻¹ tritikonozols; 33 g L⁻¹ fluksapiroksāds; 33 g L⁻¹ fludioksinils).

Pamatmēslojumā iestrādāts kompleksais mēslojums (NPK 10-26-26) reizē ar sēju 230 kg ha⁻¹. Papildmēslojumā iestrādāts amonija nitrāts (NH₄NO₃) 01.04. un 03.05, attiecīgi 250 un 200 kg ha⁻¹. Izmantots arī ārpussakņu mēslojums 08.10.2018 un 23.04.19, katrā reizē lietojot 2 L ha⁻¹ (N – 4.5%; MgO – 7.7%; CaO – 8.0%; Mn – 3.6%, B – 3.9%; Mo – 0.3%).

Sējumā izmantoti sekojoši pesticīdi:

- ✓ Herbicīds ar virsmas aktīvo vielu 18.08.2018 (dīmetēnamīds P 50 g 100 L⁻¹; metazahlori 300 g L⁻¹; kvinmeraks 100 g L⁻¹) 2 L ha⁻¹ un 23.04.2019 (etilkvizalofops 50 g L⁻¹) 1 L ha⁻¹.
- ✓ Augšanas regulatori 08.10.2018 (mepikvāta hlorīds 210 g L⁻¹; metkonazols 30 g L⁻¹) 0.7 L ha⁻¹.
- ✓ Insekticīds (lambda-cihalotrīns 50 g kg⁻¹) 23.04 0.15 kg ha⁻¹.

Vasaras mieži iesēti 17. aprīlī, augsnes apstrāde un priekšaugi atbilstoši shēmai, izmantota šķirne 'Tocada', izsējas norma 450 dīgstošas sēklas m².

Sēkla kodināta, izmantojot kodni Maxim Star 025FS, deva 1.5 L t⁻¹ (18.75 g L⁻¹ fludioksonils; 6.25 g L⁻¹ ciprokonazols).

Pamatmēslojumā iestrādāts kompleksais mēslojums reizē ar sēju 250 kg ha⁻¹ (NPK 15-15-15 + 10). Papildmēslojumā 15. 05. iestrādāts slāpekļa mēslojums ar sēru (N – 27.00%; Mg – 1.60%; SO₃ – 9.25%; CaO – 8.28%) 200 kg ha⁻¹. Izmantots arī ārpussakņu mēslojums 23.05. lietojot 2 L ha⁻¹ (N – 3.9%; MgO – 15.2%; Cu – 3.0%; Mn – 9.1%, Zn – 4.9%).

Sējumā izmantoti sekojoši pesticīdi:

- ✓ Herbicīds ar virsmas aktīvo vielu 18.08.2018 (tritosulfurons 714 g kg⁻¹; florasulams 54 g kg⁻¹).
- ✓ Fungicīds 13.06 (fenpropimorfs 250 g L⁻¹; epoksikonazols 84 g L⁻¹) 1 L ha⁻¹.
- ✓ Insekticīds (alfa-cipermetrīns 50 g L⁻¹) 23.05 0.25 L ha⁻¹.

Pupas iesētas 6. aprīlī, augsnes apstrāde un priekšaugi atbilstoši shēmai, izmantota šķirne 'Laura', izsējas norma 45 dīgstošas sēklas m².

Pamatmēslojumā iestrādāts kompleksais mēslojums reizē ar sēju 200 kg ha⁻¹ (NPK 15-15-15). Izmantots arī ārpussakņu mēslojums 07.06, lietojot 2 L ha⁻¹ (bors 150 g L⁻¹) un 2 L ha⁻¹ (N 4.5%; MgO – 7.7%; Mn – 4.6%, B – 3.9%; CaO – 8.0%).

Sējumā izmantoti sekojoši pesticīdi:

- ✓ Herbicīdi: 1) 26.04 (pendimetalīns 455 g L⁻¹) 2 L ha⁻¹; 2) 06.06. () 2 L ha⁻¹ ar virsmas aktīvo vielu; 3) 07.06 1 ha⁻¹ (bentazons 480 g L⁻¹).
- ✓ Insekticīds (tiaklororīds 100 g L⁻¹) 07.06 0.75 L ha⁻¹.

1.3. Izmēģinājumos veiktie novērojumi un analīzes

Iegūtā **laukaugu raža** aprēķināta pie standartmitruma un 100 % tīrības. Standartmitrums kviešu, miežu graudiem un pupu sēklām ir 14%, bet rapsim – 8%.

Lai salīdzinātu dažādu augu maiņas shēmu efektivitāti, var izmantot enerģētisko vērtību, jo nevar tieši salīdzināt dažādu laukaugu ražu. **Enerģijas ieguvums** no augu maiņas un augsnes apstrādes veida aprēķināts no divu sezonu datiem – 2016./2017. un 2017./2018. Enerģētiskā vērtība (MJ kg⁻¹) tika iegūta atilstoši standartam LVS EN ISO 18125:2017. Enerģētiskā vērtība tika izmantota lai aprēķinātu enerģijas ieguvumu jeb enerģētisko ražu no hektāra (GJ ha⁻¹).

Kviešu lapu slimību uzskaitē un datu analīze. Sākot no cerošanas beigām AE 32–36 (BBCH) līdz dzeltengatavībai (AE 80–83) reizi nedēļā veikta slimību uzskaitē visos ziemas kviešu laukos. Slimību izplatības un attīstības pakāpes noteikšanai, ejot pa diagonāli, randomizēti izvēlētas lapas (secīgi – 3. lapa, 2. lapa un karoglapa; sākot no piengatavības – 2. lapa un karoglapa).

Pēdējā uzskaitē tika noteikts arī **lapu zaļais laukums (LZA)**, kas norāda, cik procenti no lapas plātnes vēl ir zaļi. Šajā gadījumā atspoguļojās ne tikai slimību ietekme, bet arī vispārējais augu fizioloģiskais stāvoklis.

Slimību attīstības pakāpes uzskaites izmantotas, lai aprēķinātu **laukumu zem slimības attīstības līknes** jeb AUDPC (*area under diseases progress curves*), kas parāda slimības ietekmi visā veģetācijas periodā. AUDPC aprēķina pēc formulas:

$$AUDPC = \sum_{n-1} \left[\frac{x_1 + x_2}{2} * (t_1 - t_2) \right]$$

kur AUDPC – laukums zem slimības attīstības līknes;

n – uzskaites reizes;

x – slimības attīstības pakāpe uzskaites reizē;

t1 – t2 – laika periods starp uzskaites reizēm.

Pētāmo faktoru ietekmi uz slimību attīstību nosaka, veicot AUDPC vērtību statistisko apstrādi, izmantojot ANOVA dispersijas analīzi.

Kviešu stiebra pamatnes puves izplatības noteikšana un ierosinātāju identifikācija. Ziemas kviešu stiebra pamatnes un sakņu puves attīstība novērtēta īsi pirms

ražas vākšanas. Katrā kviešu laukā 40 vietās, kas izvēlētas randomizētā veidā, izrauti kvieši ar visām saknēm – kvieši ņemti pēc kārtas apmēram 5 cm garumā no divām blakus esošām rindiņām. Paraugi apvienoti četros nosacītos atkārtojumos no katra lauka. Stiebra pamatnes un sakņu puves izplatība (%) vērtēta vizuāli.

No kviešu stiebiem, kam konstatētas slimības pazīmes, randomizēti izvēlēti 100 stiebi un sagatavoti mikoloģiskajām analīzēm, t.i. nogriezti aptuveni 2 cm salmu un/vai sakņu kakla gabaliņi. Audu gabaliņi vienu minūti dezinficēti 1% nātrija hipohlorīta (NaOCl) šķīdumā un pēc tam trīs reizes skaloti destilētā ūdenī, ar steriliem instrumentiem izgriezti 3–4 mm gabaliņi un novietoti uz barotnes. Vienā petri platē novietoti pieci paraugi.

Izmantots kartupeļu dekstrozes agars (PDA), kam klāt ir pievienots streptomīcīna sulfāts (100 ppm L^{-1}) un penicilīns (100 ppm L^{-1}), lai nomāktu baktēriju attīstību.

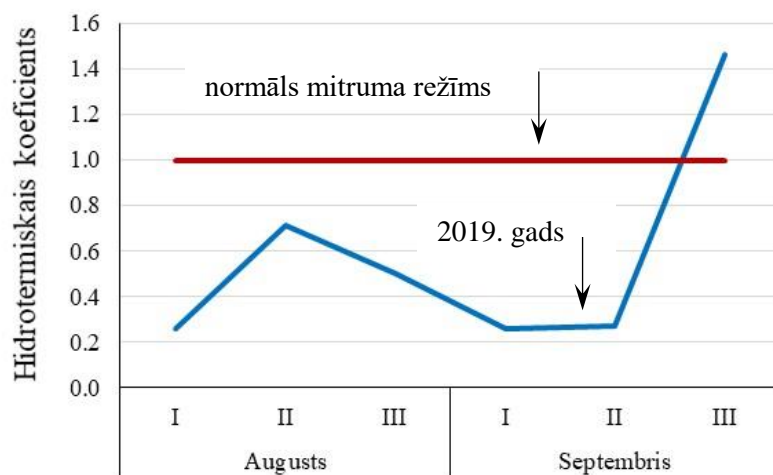
Paraugi ievietoti Memmert ICP 500 klimatiskajā kamerā $20 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrā ar 12/12 h dienas un nakts ciklu. Pēc septiņām dienām ap inficētajiem stiebiem petri platēs ir izveidojies micēlijs, kas tiek pārsēts uz tīrām barotnēm, tādējādi tiek iegūtas sēnes tīrkultūras – izolāti.

Pēc divām nedēļām iegūtie izolāti sašķiroti atkarībā no kultūru morfoloģiskajām pazīmēm (micēlija faktūra, micēlija krāsa, barotnes krāsošanās, kolonijas malas, sporu esamība un uzbūve (ja tādas ir) un koloniju augšanas ātrums. No katras grupas divi paraugi nosūtīti molekulāri-ģenētiskajām analīzēm Latvijas Biomedicīnas pētījumu un studiju centrā.

Patogēnu identifikācija, it īpaši tādēļ, ka tiek izmantotas gan mikoloģiskās, gan molekulāri-ģenētiskās analīzes, ir ilgstošs process, tāpēc 2019. gadā iegūto paraugu analīze turpinās.

1.4. Meteoroloģiskā situācija 2018. gada rudenī un 2019. gada veģetācijas periodā

2018. gada rudens bija ļoti sauss, par to liecina hidrotermiskais koeficients (HTK), kurš līdz pat septembra trešajai dekādei bija zemāks par normu (1. att.).

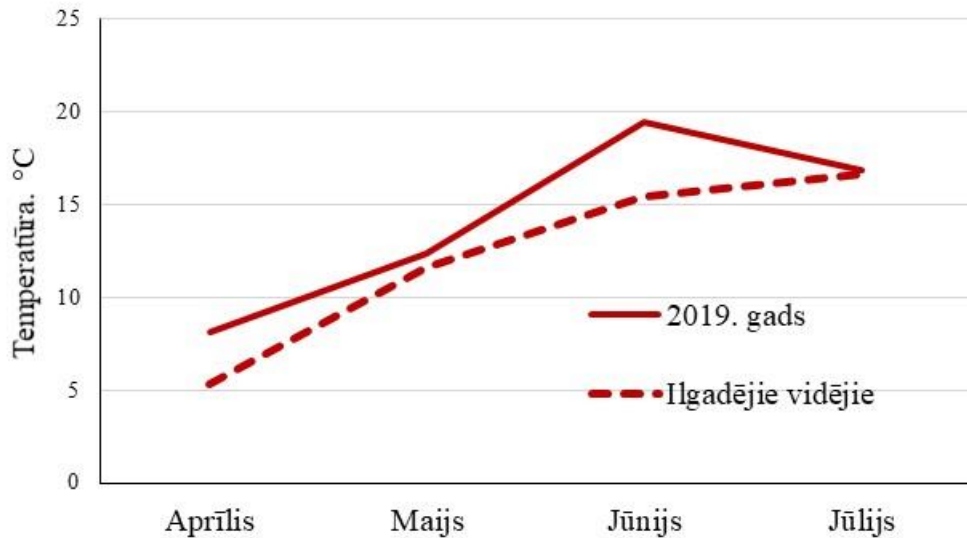


1. att. Hidrotermiskais koeficients 2018. gada rudenī.

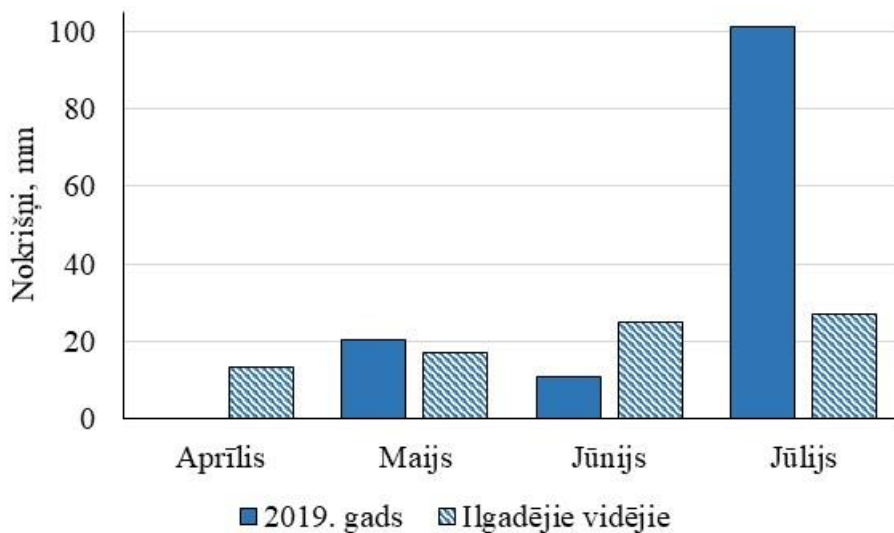
HTK parāda attiecību starp temperatūrām un nokrišņu daudzumu. Ja koeficients ir viens – tas nozīmē, ka temperatūras un nokrišņu attiecība ir optimāla, ja virs viena – ir pārmitrs, bet ja zem viena – pārāk sauss.

Ziemas rapsis bija iesēts 18. augustā, augsne bija pārāk sausa, rapsis sadīga vēlu, nevienmērīgi, līdz ar to nepārziemoja. Nākamajā gadā daži lauki tika pārsēti ar vasaras rapsi, lai saglabātu kopējo izmēģinājumu shēmu turpmākajiem gadiem, bet rezultātā attiecībā uz rapsi daudzi plānotie rezultāti netika iegūti.

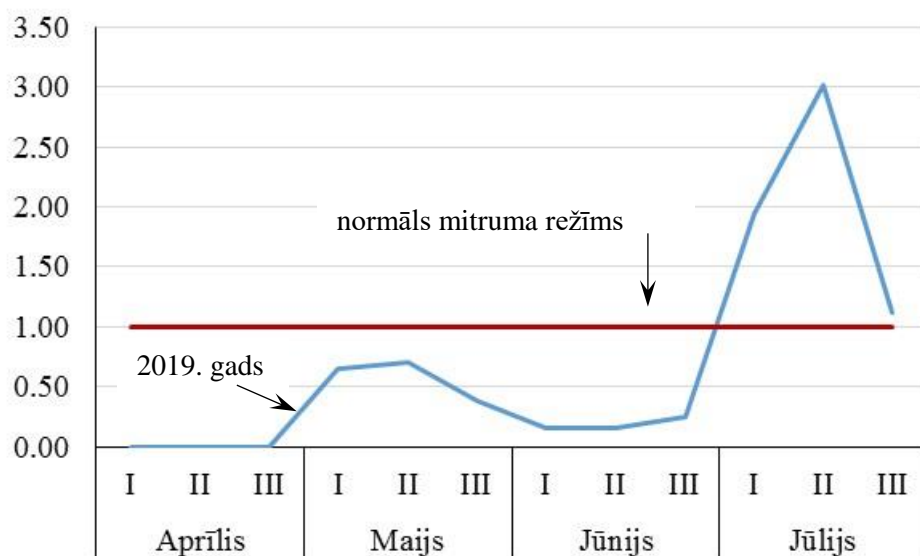
2019. gada vasara bija siltāka, nekā rāda ilgadējie vidējie dati (2. att.), nokrišņi bija ļoti nevienmērīgi – sausa vasaras pirmā puse, bet ļoti lietains jūlijs (3. att.).



2. att. Gaisa temperatūra MPS “Pēterlauki” 2019. gada veģetācijas sezonā, salīdzinot ar ilggadīgiem rādītājiem



3. att. Nokrišņu daudzums MPS “Pēterlauki” 2019. gada veģetācijas sezonā, salīdzinot ar ilggadīgiem rādītājiem



4. att. Hidrotermiskais koeficients 2019. gada vasarā.

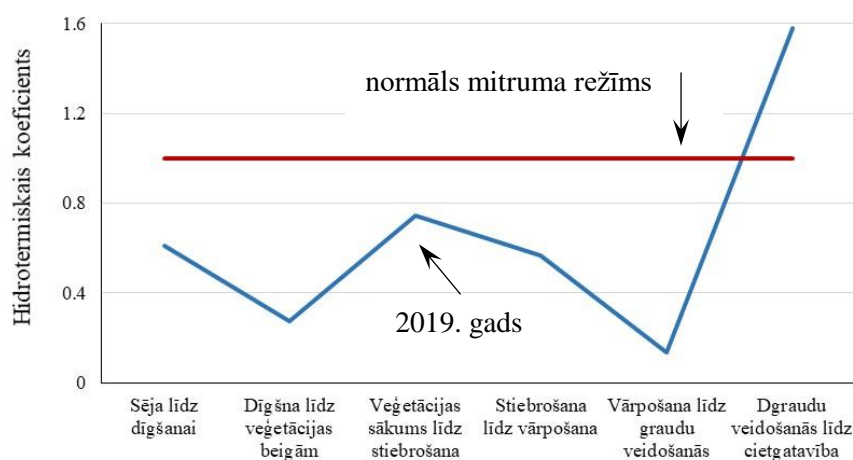
Kopējo meteoroloģisko situāciju 2019. gada vasarā parāda HTK, kas gandrīz visu sezonu bija mazākas par vienu, izņemot jūlija otro dekādi. Tādejādi vasara uzskatāma par ļoti sausu (4. att.).

2. REZULTĀTI

2.1. Kultūraugu ražība un ražas kvalitāte, kopējā produktivitāte atkarībā no augsnes apstrādes un augu maiņas varianta

2.1.1. Kultūraugu fenoloģiskā attīstība

Ziemas kvieši. Ziemas kviešu sēja 2018. gadā tika veikta optimālā termiņā – 6. septembrī. Pirmie dīgsti konstatēti 29.09.2018., bet turpmākā dīgšana un augu attīstība bija nevienmērīga un lēna. Kviešu augšana un attīstība rudenī tika traucēta zemā nokrišņu daudzuma un zemā mitruma līmeņa augsnē dēļ, jo laikā no sējas līdz sadīgšanai hidrotermiskais koeficients (HTK) bija 0.61, bet laikā no sējas līdz veģetācijas perioda beigām, tas vidēji bija vēl zemāks – 0.44 (5. att.).

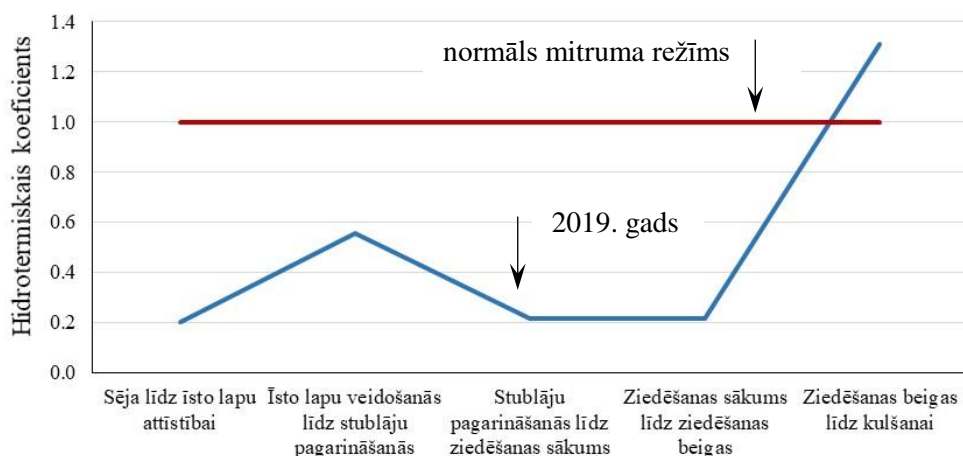


5. att. Temperatūras un mitruma attiecība ziemas kviešu attīstības fāzēs

Ziemas kviešiem dīgsti ātrāk tika novēroti, un dīgšana straujāk norisinājās minimālās augsnes apstrādes variantā (septembra beigās), bet artajā variantā attīstība noritēja aptuvenu nedēļu vēlāk. Sākoties nokrišņiem, rudenī uz augsnes izveidojās garoza, kas apgrūtināja dīgšanu, kā rezultātā ziemas kviešu laukdīdzība minimālās augsnes apstrādes variantā sasniedza trīs ceturtdaļas no vēlamā augu skaita, bet artajā variantā tikai pusi. Kviešu ražu ietekmēja gan zemā laukdīdzība, gan nepietiekamais mitruma nodrošinājums pavasara/vasaras periodā. HTK visos augšanas un attīstības periodos līdz graudu veidošanās sākumam bija zemāks par 1, kas liecina par nepietiekošu mitruma daudzumu normālai augšanai un attīstībai. Pavasarī no veģetācijas atjaunošanās līdz stiebrošanas sākumam, kad sāk formēties graudu aizmetņi, tas bija 0.74, kas liecina par mitruma deficītu. No stiebrošanas sākuma līdz vārpošanai, laikā, kad sāk formēties vārpaizmetņi HTK bija tikai 0.57, bet laikā no vārpošanas līdz graudu veidošanai – HTK bija tikai 0.14, kas varēja veicināt strauju un īsu ziedēšanu. Graudu veidošanās laikā līdz cietgatavības iestāšanās brīdim mitruma nodrošinājums bija pietiekams (HTK – 1.58), kas radīja barības vielu uzņemšanai optimālus apstākļus graudu veidošanās laikā un augstas kvalitātes graudu veidošanos.

Lauka pupas tika iesētas 2019. gada 6. aprīlī, bet to dīgšana, augšana un attīstība pavasara/vasaras periodā bija traucēta nepietiekoša mitruma nodrošinājuma dēļ (6. att.). Sadīgšana konstatēta mēnesi pēc sējas, un šajā periodā HTK bija 0.20. Laikā no stiebru

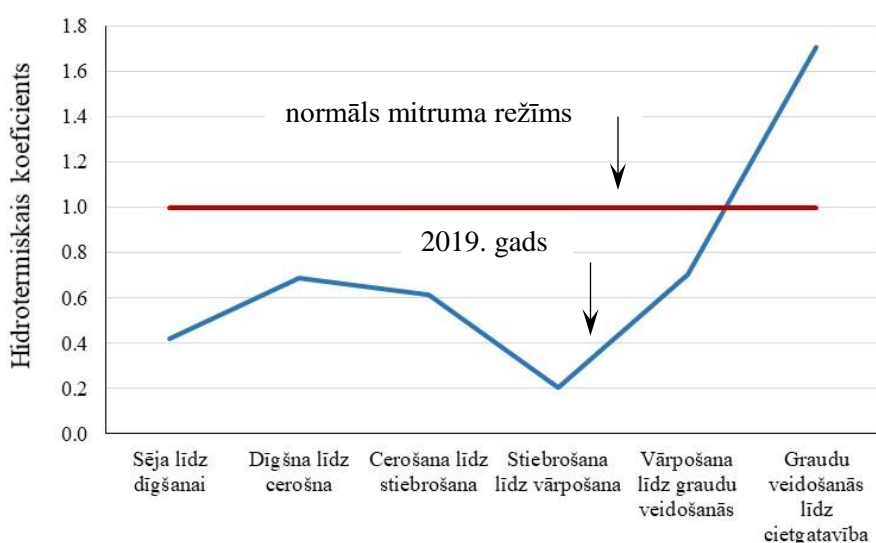
pagarināšanās līdz ziedēšanas sākumam, un no ziedēšanas sākuma līdz ziedēšanas beigām HTK bija 0.22, un tas veicināja ziedu nobiršanu un daļas apaugloto pākstu novīšanu un neattīstīšanos, kas būtiski ietekmēja ražu.



6. att. Temperatūras un mitruma attiecība lauka pupu attīstības fāzēs

No ziedēšanas beigām līdz pilngatavībai pagāja divi mēneši, un šajā laikā HTK bija 1.31 (6. att.), pupu nogatavošanās izveidojušajās pākstīs noritēja nesasteigti, jo mitruma un siltuma nodrošinājums bija pietiekošs.

Vasaras mieži iesēti 2019. gada 17. aprīlī. Visā veģetācijas periodā līdz graudu veidošanās sākumam bija nepietiekošs mitruma nodrošinājums, un aprēķinātais HTK svarīgos auga attīstības periodos bijis zems. Līdz sadīgšanai mitruma nodrošinājums nebija pietiekošs (HTK 0.42), kas veicināja nevienmērīgu sadīgšanu. Laikā no sadīgšanas līdz stiebrošanai HTK bija ap 0.65, bet no stiebrošanas līdz vārpošanai – tikai 0.20, kas varēja ietekmēt vārvas produktivitāti (7. att).



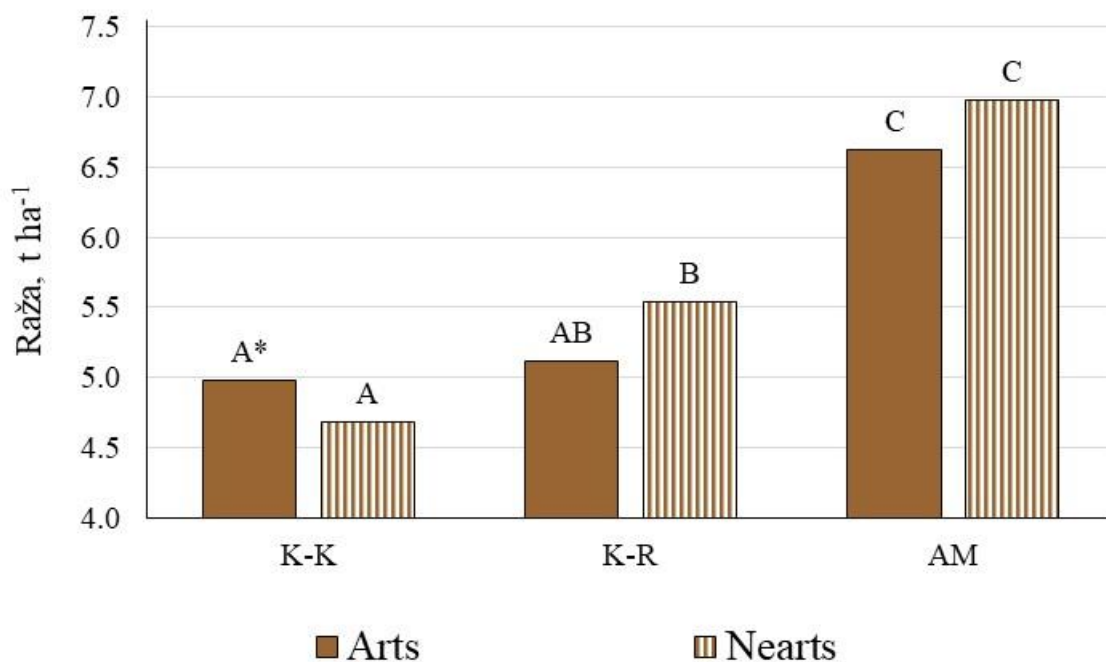
7. att. Temperatūras un mitruma attiecība vasaras miežu attīstības fāzēs

Graudu nogavatošanās laikā siltuma un mitruma nodrošinājums bija apmierinošs, HTK sasniedza 1.71.

Ziemas rapsis – ziemas rapsis tika iesēts 2018. gada 18. augustā. Rapša dīgšanas sākums konstatēts 28.08., bet kopumā dīgšana un augu attīstība bija aizkavēta zemā nokrišņu daudzuma dēļ, un dīgšana bija nevienmērīga. Vienmērīgāk augi sadīga minimālās augsnes apstrādes variantā, bet artajā variantā augi līdz veģetācijas perioda beigām nerasniedza optimālus fitometriskos rādītājus ziemošanai. Augsnes apstrādes variantā ar aršanu rapsis bija rets un atradās 12.–16. AE, bet minimālās apstrādes laukā 16.–18. AE. Artajā variantā rapsis turpināja dīgšanu arī oktobra beigās, kad bija nodrošināts optimāls mitruma daudzums, bet normālai attīstībai vēlā rudenī vairs nepietika siltuma. Pavasarī veģetācijas atjaunošanās minimālajā augsnes apstrādes variantā konstatēta marta vidū, bet artajā variantā ziemas rapsis nebija pārziemojis, tādēļ rapsis tika pārsēts, lai saglabātu principālo izmēģinājumu shēmu.

2.1.2. Raža, ražas kvalitāte un struktūrelementi

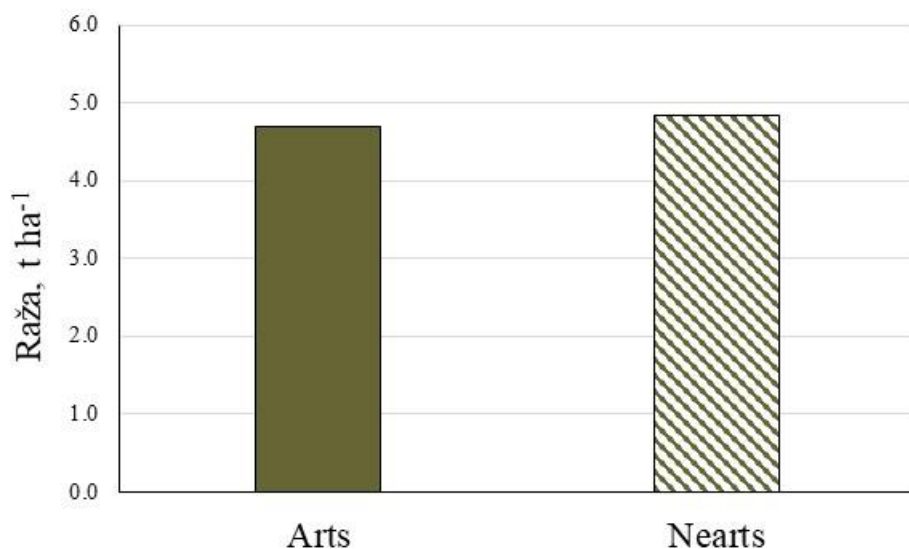
2019. gadā vidējā kviešu raža bija 5.68 t ha^{-1} . Augsnes apstrādes paņēmieni kviešu ražu neietekmēja ($p > 0.05$), attiecīgi artajā variantā raža bija 5.70 t ha^{-1} , bet neartajā – 5.66 t ha^{-1} . Turpretim augu maiņas ievērošana būtiski paaugstināja kviešu ražu ($p < 0.001$) – 8. att.



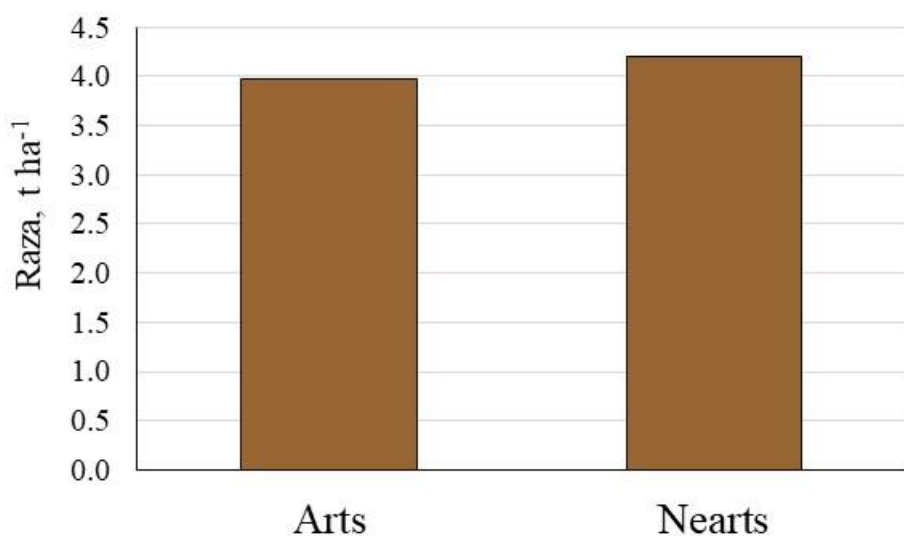
8. att. Kviešu raža atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas varianta: K-K – atkārtots kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži; *atšķirīgi burti nozīmē statistiski būtiskas atšķirības.

Variantā, kur rotācijā iekļauts rapsis, augstāka raža, salīdzinot ar kviešu bezmaiņas sējumiem, bija tikai neartajos laukos, artajā variantā tā būtiski neatšķīrās no ražas bezmaiņas sējumos. 2018. gadā bija iegūti atšķirīgi rezultāti, jo visaugstākā raža iegūta variantā, kur kvieši audzēti augu maiņā, taču lauki nebija arti.

Augsnes apstrādes sistēma neietekmēja ne miežu ražu (9. att.), ne arī pupu ražu (10. att.).



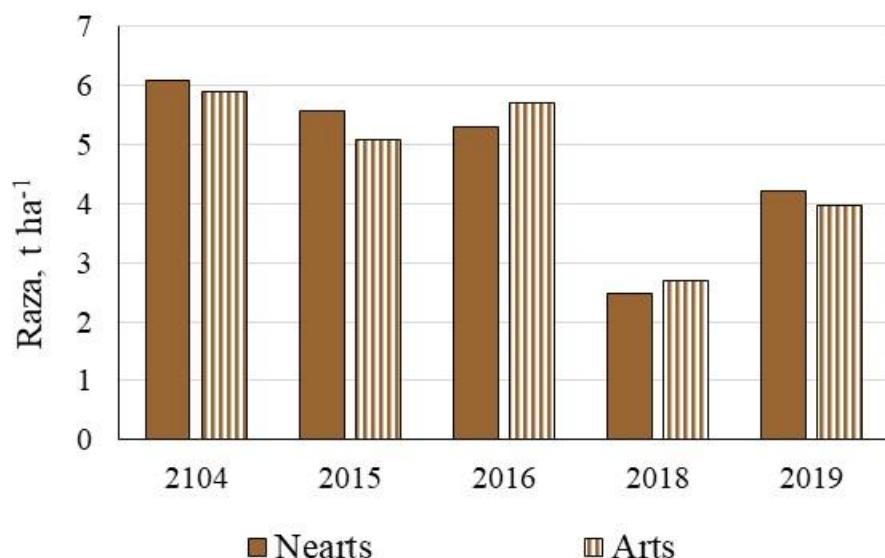
9. att. Miežu raža atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas.



10. att. Pupu raža atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas.

Lauka pupu raža, saskaņā ar izmēģinājumu shēmu, ir iegūta piecas reizes, tas nozīmē, ka ir uzkrājušies pirmie dati, lai varētu izdarīt secinājumus. Raža ir bijusi atkarīga no gada agrometeoroloģiskajiem apstākļiem ($p < 0.001$), lielākā raža – 7.06 t ha⁻¹ iegūta 2014. gadā, bet zemākā (2.38 ha⁻¹) bijusi 2018. gadā, vidējā raža – 4.76 ha⁻¹.

Šajā periodā augsnes apstrādes sistēma nav ietekmējusi pupu ražu, artajā variantā vidēji tā bija 4.68 t ha⁻¹, bet neartajā – 4.73 t ha⁻¹ (11. att.).



11. att. Lauka pupu vidējā sēklu raža atkarībā no gada un augsnes apstrādes sistēmas

Ražas kvalitāti atkarībā no izmēģinājuma varianta var vērtēt tikai attiecībā uz kviešiem (2. tab.), jo miežu un pupu raža, tāpat kā kvalitāte nebija atkarīga no augsnes apstrādes sistēmas.

2. tabula

Kviešu ražas kvalitāte atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas un augu maiņas varianta

Kvalitātes rādītāji	Arts			Nearts		
	K-K*	K-R	AM	K-K	K-R	AM
Proteīns	13.6 a**	13.9 ab	13.7 ab	13.8 ab	14.3 b	13.6 a
Lipeklis	29.33 ab	30.01 ab	29.23 a	29.73 ab	30.78 b	29.24 a
Tūkstošgraudu masa	45.2 a	47.9 b	45.0 a	43.4 a	43.9 a	45.9 a
Tilpummasa	76.2 a	77.9 b	76.7 a	76.5 a	76.6 a	78.0 a
Krišanas skaitlis	316 a	317 a	324 a	327 a	325 a	336 a

* K-K-K – atkārtots kviešu sējums; K-K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; K-P-M – augmaiņā iekļautas pupas un mieži

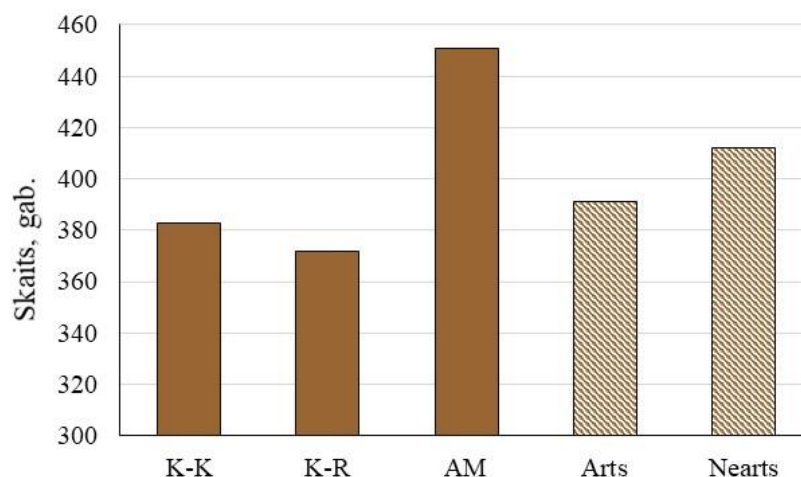
**atšķirīgi burti nozīmē statistiski atšķirīgas vērtības

2019. gadā iegūtā kviešu ražas kvalitāte ir augsta attiecībā uz visiem rādītājiem. Proteīna daudzums un lipekļa saturs visos variantos bija augsts un atbilda pārtikas graudu prasībām. Tas skaidrojams silto un sauso laiku graudu veidošanās fāzē, kas nodrošināja labus apstākļus proteīna sintēzei. Lai gan visos variantos šie rādītāji bija labi, tomēr proteīna daudzums un lipekļa saturs būtiski augstāks bija neartajā variantā, kur augmaiņā iekļauti kvieši un rapsis. Variantos, kur kvieši bija pēc kviešiem, nebija pietiekami barības vielu ne ražas, ne kvalitātes veidošanai, un otrādi – variantos, kur iegūta visaugstākā raža, pietrūka resursu proteīna sintēzei. Tomēr, no ekonomiskā viedokļa, arī 13.6% proteīns un 29.24% lipekļis ir pietiekami, lai saņemtu augstāko cenu.

Arī augstākā tilpummasa un tūkstošgraudu masa iegūta variantā, kur bija vidējā raža.

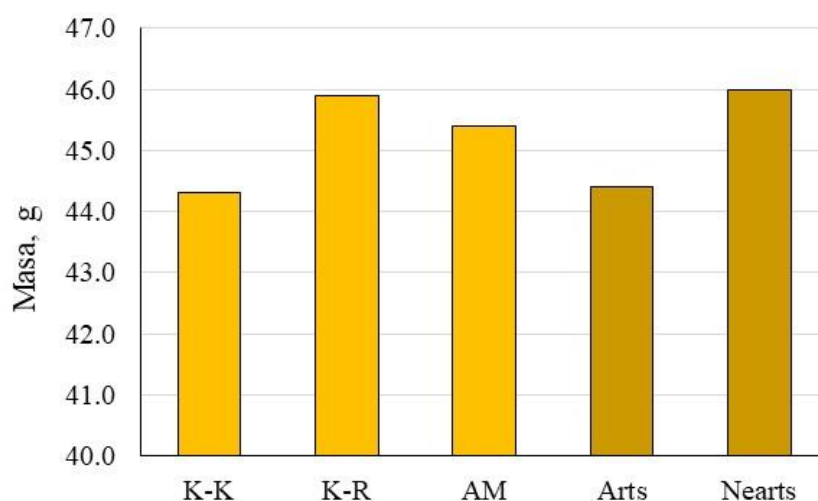
Krišanas skaitli agrotehniskie paņēmieni neietekmēja, to noteica labvēlīgie meteoroloģiskie apstākļi, tāpēc visos variantos tas bija augsts un atbilstošs prasībām.

Ražas struktūrelementi. Augu maiņas variants un augsnes apstrādes sistēma būtiski ietekmēja kviešu ražu veidojošos struktūrelementus. Neartajā variantā bija būtiski lielāks produktīvo stiebru skaits, sausajā gadā neartajos laukos bija labāks mitruma režīms, kas nodrošināja labāku cerošanos un produktīvo stiebru veidošanos. Būtiska nozīme bija arī augu maiņai – kviešu bezmaiņas sējumā stiebru skaits mazāks (12. att.).



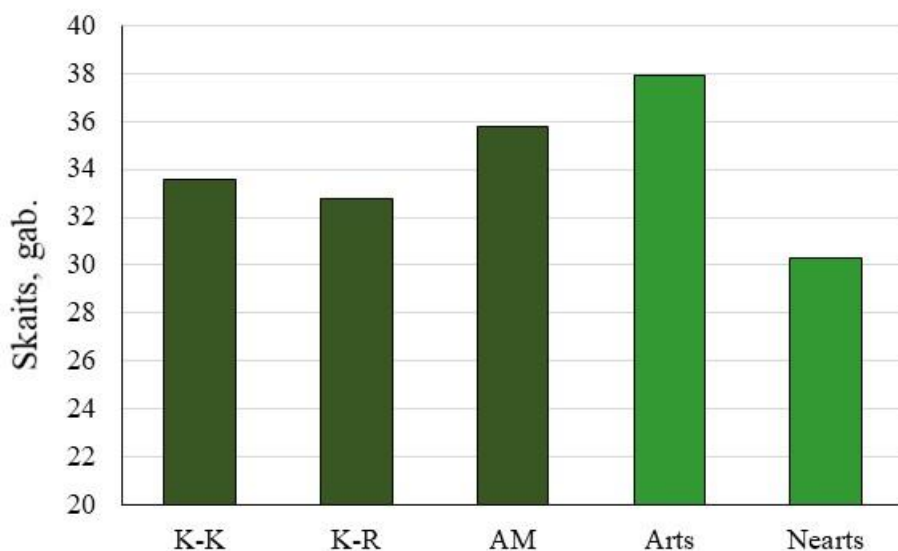
12. att. Produktīvo stiebru skaits atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas un augu maiņas varianta: K-K – atkārtots kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

Augstāka tūkstošgraudu masa bija neartajā variantā, arī augu maiņa ietekmēja šo rādītāju – zemākā tūkstošgraudu masa bija bezmaiņas kviešu sējumā (13. att.).



13. att. Tūkstošgraudu masa atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas un augu maiņas varianta: K-K – atkārtots kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

Visi ražas struktūrelementi ir savstarpēji saistīti, iespējams, tāpēc graudu skaits vārpā bija mazāks neartajā variantā, jo šajā variantā bija vairāk produktīvo stiebru. Augu maiņas variants maz ietekmēja graudu skaitu, visos variantos tas bija līdzīgs (14. att.).



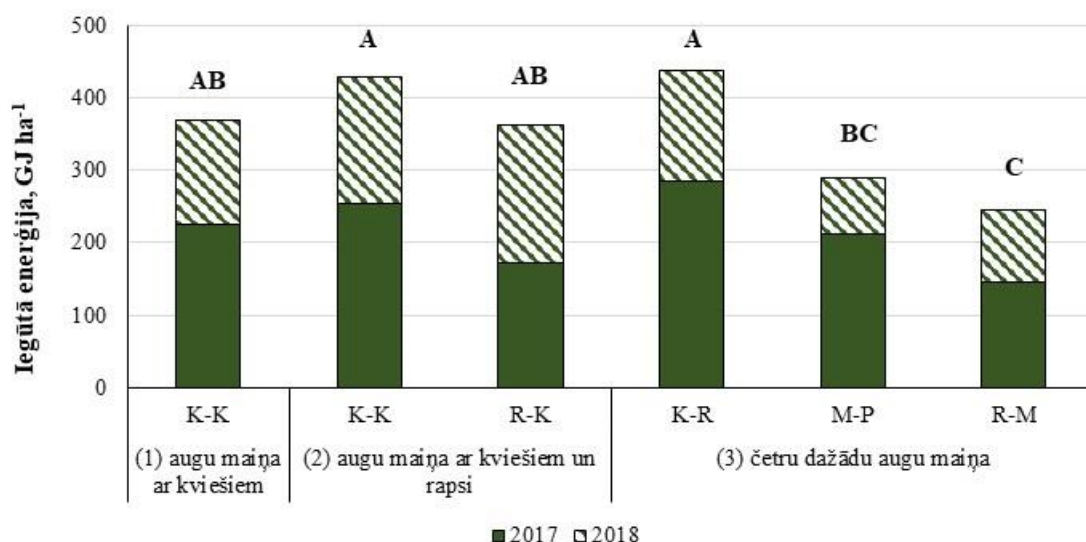
14. att. Graudu skaits vārpā atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas un augu maiņas varianta: K-K – atkārtots kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

Augsnes apstrādes sistēma un augu maiņas varianti būtiski neietekmēja vasaras miežu un lauka pupu ražas struktūrelementus.

2.1.3. Augmaiņas variantu kopējā produktivitāte (MJ ha^{-1})

Dažādus laukaugus, kas iekļauti augu maiņā, var salīdzināt ar enerģijas ieguvumu no novāktās ražas no hektāra, ko var noteikt, izmantojot katra kultūrauga enerģētisko vērtību (MJ kg^{-1}) un virszemes biomasas (graudu/sēklu un salmu) ražu (t ha^{-1}).

Enerģijas raža (GJ ha^{-1}), kas aprēķināta no enerģētiskajām vērtībām un kultūraugu virszemes biomasas ražas, bija tieši saistīta ar graudu vai sēklu un salmu ražu (t ha^{-1}). Kopējo enerģijas ražu divu gadu periodā ietekmēja augsekas shēma ($p < 0.001$), un gads ($p < 0.001$), bet augsnes apstrādes metodes ietekme ($p = 0.068$) netika novērota. Salīdzinot kopējo enerģijas ražu (no graudiem un salmiem) no katra augu maiņas divu gadu (2017. un 2018.) perioda, tad visaugstākos rezultātus ieguva no varianta, kur ievērota (3) četru kultūraugu rotācija (437.6 GJ ha^{-1}), un varianta (2), kur kvieši audzēti augmaiņā ar rapsi (15. att.).



15. att. Kopējā iegūtā enerģija, atkarībā no augu maiņas varianta 2017. un 2018.

gadā: K – ziemas kvieši, R – ziemas rapsis; M – vasaras mieži, P – lauka pupas; Pirmai burts zem stabīņiem nozīmē augu audzētu 2017. gadā, bet otrais burts - 2018. A, B, C – dažādi burti norāda starpību būtiskumu starp variantiem.

Enerģijas ieguvums pētītajām no augu maiņām galvenokārt bija atkarīgs no kultūraugu biomasas (salmu un graudu/sēklu) ražas un to enerģētiskās vērtības.

Augstākas enerģijas ražas tika iegūtas 2017. gadā, jo kviešu ražas (3) un (2) augu maiņas variantā palielināja priekšauga ietekme: (3) augu maiņā pēc lauka pupām un (2) augu maiņā pēc rapša.

Rapša pozitīvā ietekme uz ziemas kviešu ražu tika konstatēta (2) augu maiņā arī otrajā ražas gadā, kad kvieši tika sēti pēc kviešiem, kuru priekšaugi bija rapsis, salīdzinot ar kviešu bezmaiņas sējumiem (1). Minētajos gadījumos enerģijas raža pieauga augu maiņā iekļautu kultūraugu dažādošanas dēļ, jo kviešu ražas augu maiņās (2) un (3) bija lielākas par kviešu ražu vairākkārtējās kviešu sētās (rotācija (1)). Zemākas enerģijas ražas tika aprēķinātas 2018. gadā četru dažādu kultūraugu maiņas varianta periodā –M–P–, kur tika sēti vasarāji (mieži un lauka pupas), kuru augšana un attīstība bija traucēta dēļ nepietiekoša mitruma nodrošinājuma gan 2017., gan 2018. gada būtiskos augšanas un attīstības periodos.

Kopējā augmaiņas varianta novērtēšanai ir nepieciešami visi četri gadi (pilna rotācija), tāpēc divi gadi ir tikai sākotnējie rezultāti par atsevišķu priekšaugu ietekmi.

KOPSAVILKUMS. 2018. gada rudens un 2019. gada veģetācijas sezona bija nelabvēlīga augstu ražu ieguvei ziemāju sējumos. Sausā rudens dēļ rapsis sadīga nevienmērīgi un nepārziemoja. Kvieši cieta no mitruma trūkuma visu veģetācijas periodu, līdz pat ražas veidošanās beigām. Miežiem nepietika mitruma līdz pat gatavošanās fāzei. Labāka situācija bija attiecībā uz pupām, jo sēklu veidošanās laikā sākās nokrišņi.

2019. gadā augu maiņas ievērošana būtiski palielina kviešu ražu, taču augsnes apstrādes ietekme ir atkarīga no katra gada agrometeoroloģiskajiem apstākļiem, un nav iespējams pateikt, ka viens apstrādes veids ir labāks nekā otrs, ja vērtē tikai ražas lielumu. 2019. gadā augsnes apstrādes sistēma neietekmēja miežu un pupu ražu. Piecu gadu periodā vidējā pupu sēklu raža nav bijusi atkarīga no augsnes apstrādes sistēmas, tikai no gada agrometeoroloģiskajiem apstākļiem.

2019. gadā visos variantos iegūtās kviešu ražas kvalitāte bija augsta, tā atbilda pārtikas graudu prasībām, tomēr visaugstākie rādītāji iegūti variantos, kur raža bija vidējā, t.i. variantos, kur augmaiņā bija kvieši un rapsis. Augsnes apstrādes sistēma neietekmēja ražas kvalitāti.

Kviešu sējumā neartajā variantā bija būtiski lielāks produktīvo stiebru skaits, jo sausajā rudenī neartajos laukos bija labāks mitruma režīms, kas nodrošināja labāku cerošanos un produktīvo stiebru veidošanos. Bezmaiņas kviešu sējumā bija mazāks produktīvo stiebru skaits un tūkstošgraudu masa.

Visos gadījumos, kultūraugu dažādošana augu maiņā ar kviešu priekšaugiem, kas nav labības (rapsis vai lauka pupas), palielināja ražu un augmaiņas kopējo produktivitāti, ja salīdzina ar kviešu bezmaiņas variantu. Augsnes apstrādes sistēma neietekmēja iegūtās enerģijas daudzumu.

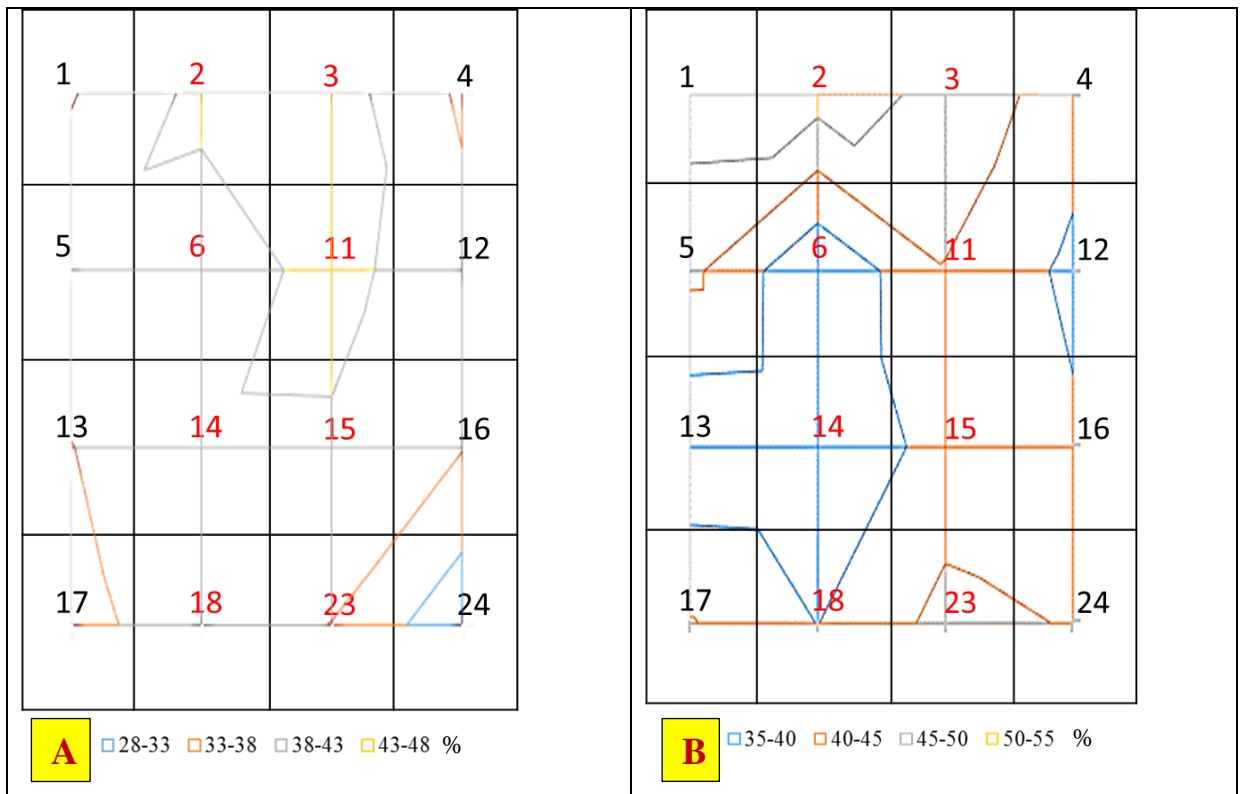
2.2. Augsnes agrofizikālie rādītāji un barības vielu izmantošanās atkarībā no augsnes apstrādes un augu maiņas varianta

2.2.1. Augsnes agrofizikālās īpašības (ūdens filtrācijas spēja, kapilārā porainība, augsnes drupatinība)

Augsnes granulometriskais sastāvs. Mālu saturs augsnes paraugs noteikts izmantojot lāzersedigrāfu (SedigraphII).

Augsnes granulometriskais sastāvs analizēts jau 2017. gadā, mēģinot rast saistību starp mālu frakciju daudzuma ietekmi uz augsnes agrofizikālajām īpašībām. Iegūtos rezultātus un mālu frakciju neviendabīgo izplatību galvenokārt saistot ar augsnes apstrādes sistēmu. Tomēr, veicot lauka izmēģinājumus, novērota granulometriskā sastāva neviendabība visā pētījuma teritorijā gan plānā, gan griezumā, tādēļ tika pieņemts lēmums atkārtoti veikt granulometriskā sastāva izpēti, vērtējot mālu frakcijas neviendabīgumu. Rezultātā iegūtie dati tika analizēti saistībā gan ar mālu daudzuma izplatību, sastādot kartes (16. att.), gan mālu minerālā sastāva un plasticitātes izmaiņām, gan organiskā oglekļa (C_{org}) uzkrāšanos un izplatību.

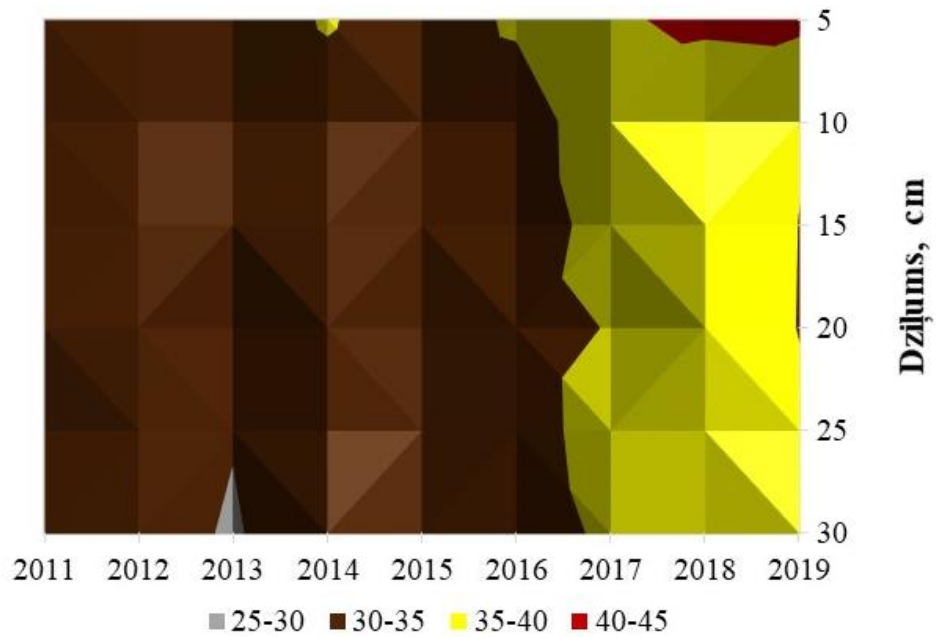
Iegūtie rezultāti neizslēdz iepriekš 2017. gadā izvirzīto hipotēzi, granulometriskā sastāva neviendabīgumu saistot ar augsnes apstrādes veidu, tomēr šī gada rezultāti norāda uz mālu daudzuma neproporcionālo sadalījumu, kur mālu īpatsvars variē 20% robežās gan augsnes aramkārtā, gan 20–40 cm dziļumā, neuzrādot tiešu saistību ar augsnes apstrādes sistēmu. Līdz ar to iegūtie rezultāti ir būtiski un ir jāņem vērā, analizējot augšņu agrofizikālās īpašības, t.sk. C_{org} uzkrāšanos. Iegūtie rezultāti norāda uz to, ka augsnes apstrāde un augsnē notiekošie procesi var ietekmēt augsnes granulometriskā sastāva izmaiņas.



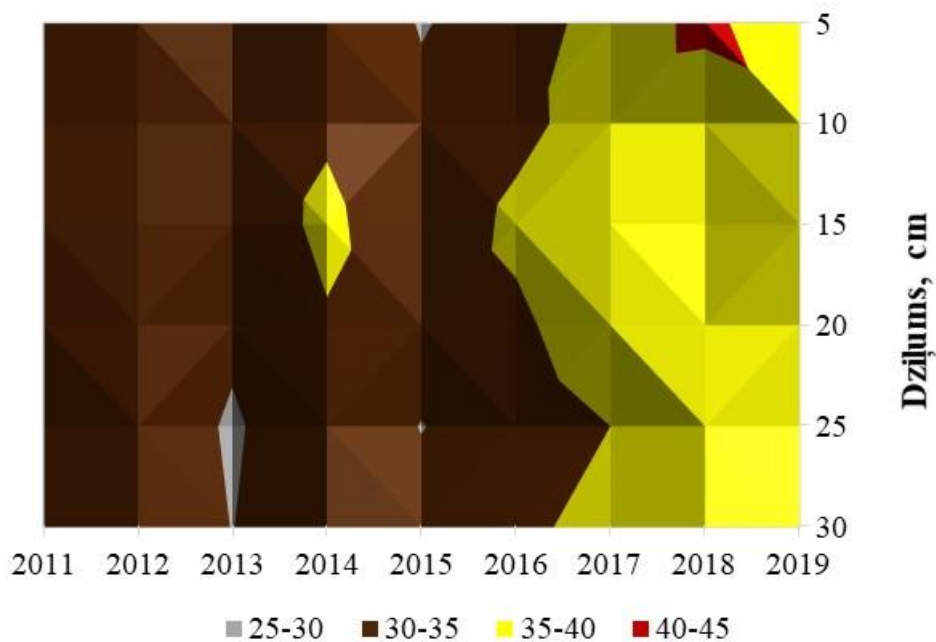
16. att. Mālu daudzuma nevienbīgums augsnes (A) aramkārtā (0–20 cm) un (B) 21–40 cm dziļumā: lauku numerācija melnā krāsā atbilst diskotajiem laukiem, sarkanā – artajiem.

Lai noskaidrotu augsnes dziļuma ietekmi uz mālu un aleirītu daudzumu pie dažādām augsnes apstrādes sistēmām, veikta datu matemātiskā apstrāde. Pēc Fišera kritērija pie būtiskuma līmeņa $\alpha = 0.05$ mālu un aleirītu kvantitatīvais daudzums nav atkarīgs no augsnes dziļuma, jo $F_{\text{fakt}} < F_{\text{krit}}$ (māliem $F_{\text{fakt}}=1.31$; $F_{\text{krit}}=2.82$), aleirītiem $F_{\text{fakt}}=1.3$; $F_{\text{krit}}=2.82$), kas pamatojams ar augsnes ģenētiskajiem procesiem un cilmieža sastāvu.

Augsnes kapilārā porainība. Kapilārā porainība līdzīgi kā pēdējos trijos gados ir izlīdzinājusies visā augsnes profilā visos izmēģinājuma laukos, kas var veicināt augsnes ūdens nodrošinājumu augiem arī no augsnes zemākajiem slāņiem. Salīdzinājumā ar mērījumu sākuma posmu, kapilārā porainība vidēji ir pieaugusi par 10% (17. un 18. att.).



17. att. Augsnes kapilārās porainības (%) izmaiņas neartajos laukos.

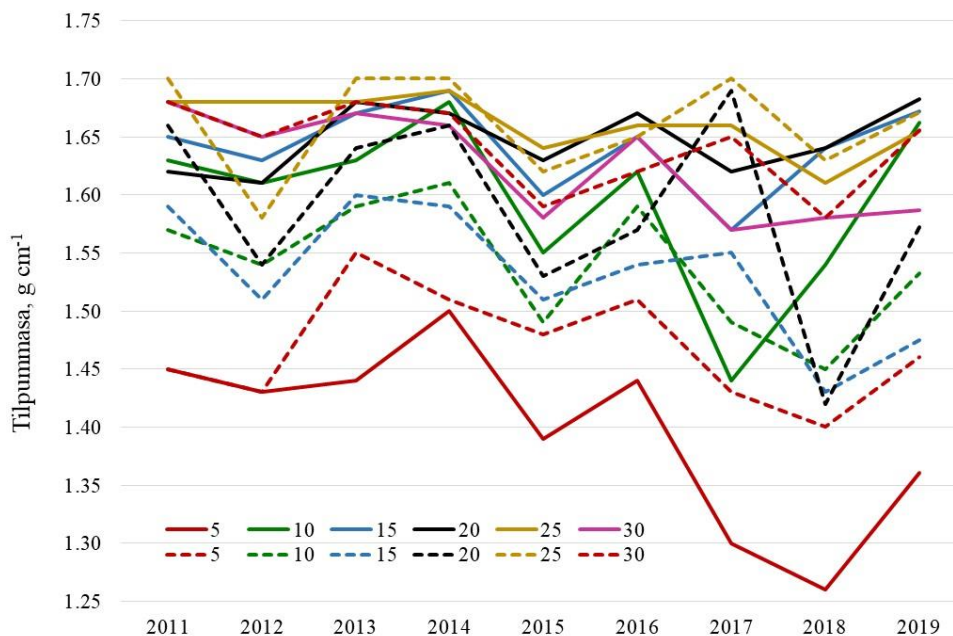


18. att. Augsnes kapilārās porainības (%) izmaiņas artajos laukos.

Pagājušajā gadā augsnes virskārtā augsta kapilārā porainība (40–45%) bija gan artajos, gan neartajos laukos, turpretim 2019. gadā tas attiecināms tikai uz neartajiem laukiem.

Augsnes tilpummasa. 2019. gadā visos laukos ir pieaugusi augsnes tilpummasa, kas saistāms ar sauso vasaru un augsnes žūšanas procesiem. Tomēr kopējā tendence – tilpummasas samazināšanās ilgtermiņā ir saglabājusies. Tilpummasa samazinās, pieaugot augsnes dziļumam. Turpretim augsnes apstrādes ietekme labāk vērojama augsnes virsējā

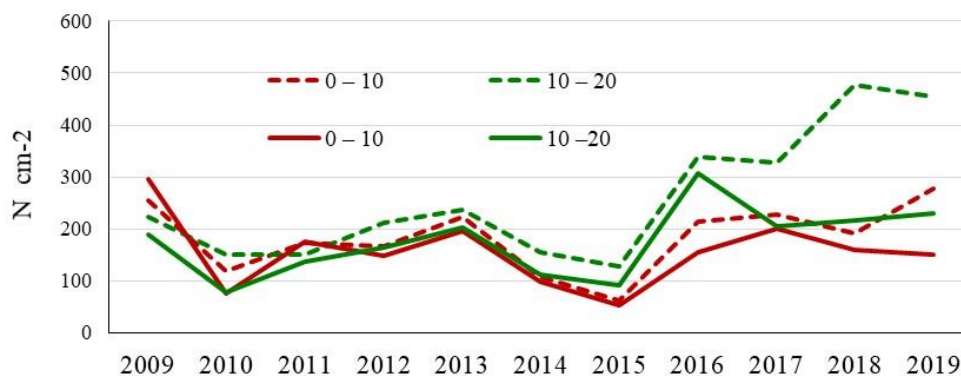
slānī (0–5 cm), kur atšķirība ir vislielākā (19. att.). Mazāk blīva tā ir laukos, kur augsne nav arta, pēdējos trīs gados saglabājoties zem 1.4 g cm^3 . Augsnes sastāvā esošie mālu minerāli mainoties augsnes sausuma un mitruma apstākļiem ietekmē arī augsnes tilpummasas izmaiņas. Kopumā augsne visos laukos ir blīva un ļoti blīva, gan augsnes virsējos, gan dziļākajos slāņos, izņemot augsnes virskārtu minimālās apstrādes laukos.



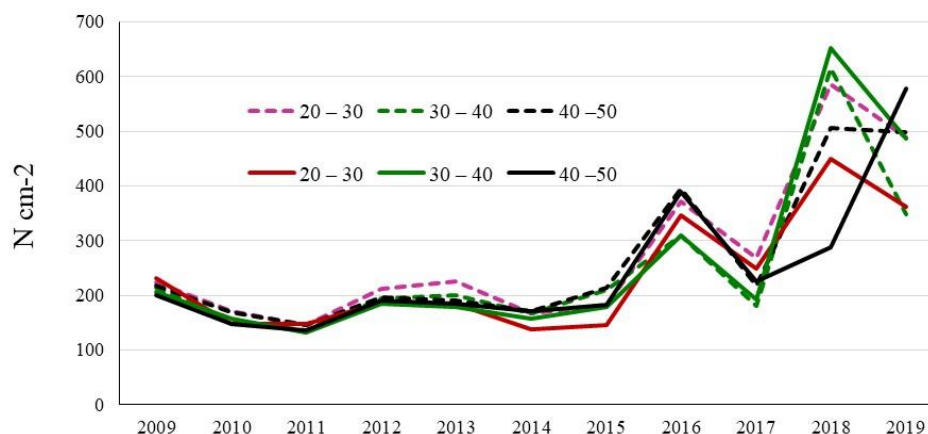
19. att. Augsnes tilpummasas izmaiņas atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas: ar pārtrauktām līnijām apzīmēti artie lauki, ar nepārtrauktām – neartie.

Augsnes sakārtas blīvumam pēdējos gados ir tendence samazināties netakarīgi no augu maiņas. Ja lauki tiek artīti, sakārtas blīvums samazinās visā aršanas dziļumā, bet neartajos laukos izmaiņas notikušas galvenokārt sakārtas augšējā daļā līdz 10 cm.

Augsnes penetrometriskā pretestība. Kopumā ir vērojams, ka artajos laukos augsne ir sablīvēta virsējos slāņos, bet neartajos – augsnes dziļākajos slāņos. Novērotā tendence ir attīstījusies pēdējos 5 gados, kas norāda uz augsnes agrofizikālo īpašību izmaiņām – to daļēji apstiprina arī iepriekš aprakstītie rezultāti. No monitoringa datu uzkrāšanas sākuma augsnes pretestība laukos, kuri nav artīti, augsnes virsējos slāņos 0–10 cm saglabājas $200\text{--}300 \text{ N cm}^{-2}$ robežās, kas ir līdzīgi sākotnējiem rādītājiem, savukārt 10–30 cm dziļumā augsne ir sablīvējusies līdz pat $450\text{--}550 \text{ N cm}^{-2}$ (pēdējo divu gadu rādītāji) (20. att un 21. att.).



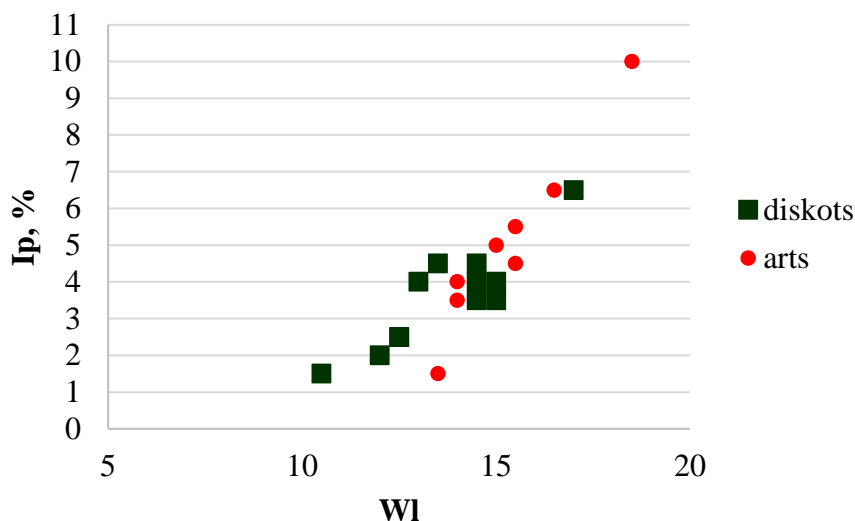
20. att. Augsnes penetrometriskās pretestības izmaiņas atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas aramkārtas dziļumā: ar pārtrauktām līnijām apzīmēti artie lauki, ar nepārtrauktām – neartie.



21. att. Augsnes penetrometriskās pretestības izmaiņas atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas augsnes dziļākajos slāņos: ar pārtrauktām līnijām apzīmēti artie lauki, ar nepārtrauktām – neartie.

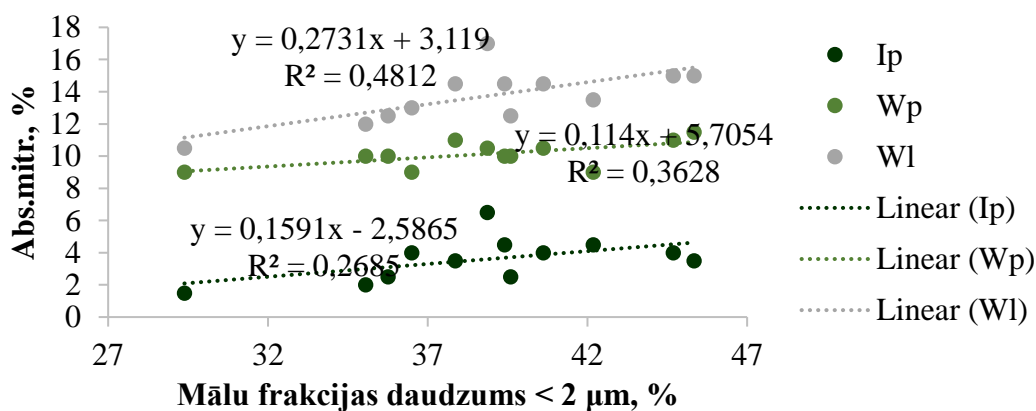
Smilšmāla plasticitāte. Mālainās augsnēs augšņu fizikālmehāniskās īpašības lielā mērā nosaka mālu minerālais sastāvs un mālu minerālu īpašības – ūdens, organisko molekulu, katjonu adsorbēšana un absorbcija, uzbriešana, plasticitāte. Mālainu augšņu plasticitātes izmaiņas var tikt saistītas gan ar augšņu sablīvēšanos ārējo spēku iedarbības rezultātā, gan ar mālu minerālā sastāva izmaiņām. Kopumā plasticitāte atbild par augsnes spēju no cieta stāvokļa pāriet plastiskā stāvoklī un pretēji, kas ir būtiska fizikālmehāniskā īpašība mālainu augšņu apstrādē un ir saistīta gan ar mālu daudzumu, gan augsnes mālu minerālo sastāvu. Ņemot vērā iepriekšējos gados novēroto fizikālmehānisko īpašību izmaiņas, tika izdarīts pieņēmums, ka, mainoties minētajām augsnes īpašībām, var mainīties arī augsnes mālu minerālais sastāvs, kā rezultātā arī augsnes plasticitāte. 2019. gadā paplašināts novērtēto augsnes fizikālmehānisko īpašību spektrs un papildus noteikta arī augsnes plasticitāte un neviendabīgums atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas. Augsnes plasticitāte noteikta izmantojot krītoša konusa metodi un, nosakot augsnes absolūto mitrumu, analizētajiem paraugiem aprēķināts plasticitātes indekss (I_p) un plūstamības robeža (WI).

Artajiem laukiem I_p , jeb plastiskuma indekss variē no 1.5% līdz 10.0%, turpretim neartajos tas ir zemāks – 1.5 – 6.5% (22. att.). Plūstamības robežas artajos laukos ir 13.5 – 16.5%, bet neartajos amplitūda ir plašāka – 10.5 – 17.0% (20. att.).

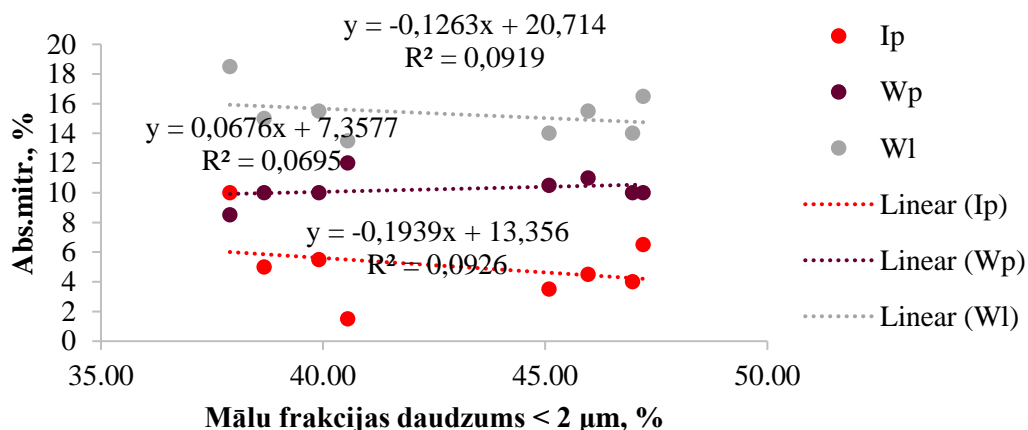


22. att. Augsnes plasticitātes indekss un plūstamības robeža artajos un neartajos laukos.

Ir zināms, ka mālu procentuālais daudzums veido sakarību starp mālu minerālu procentuālo daudzumu un plasticitāti, tādēļ iegūtajiem datiem veikta korelācijas analīze starp mālu frakcijas daudzumu (%) un augsnes plasticitātes vērtībām. Abās augsnes apstrādes sistēmās (arts, nearts) sakarība starp minētajiem parametriem netika novērota, to, iespējams, ietekmē arī tādi faktori, kā organiskās vielas daudzums augsnē un mālu minerālais sastāvs. Bet ir arī jāņem vērā, ka plasticitātes mērījumi ir uzsākti tikai šogad un iegūtais faktiskais materiāls ir salīdzinoši neliels (22., 23. att.). Artajos laukos novērojamā datu izkliede, iespējams, ir saistīta ar mālu frakcijas daudzuma izmaiņām griezumā, ko daļēji apstiprina faktoranalīze, kas norāda uz mālu frakciju daudzuma lielāku saistību ar augsnes dziļumu nekā augsnes apstrādes sistēmu, tomēr nelielā datu kopa neļauj izdarīt tālākus secinājumus.



21. att. Plasticitātes vērtību korelācija, ja augsne netika arta.



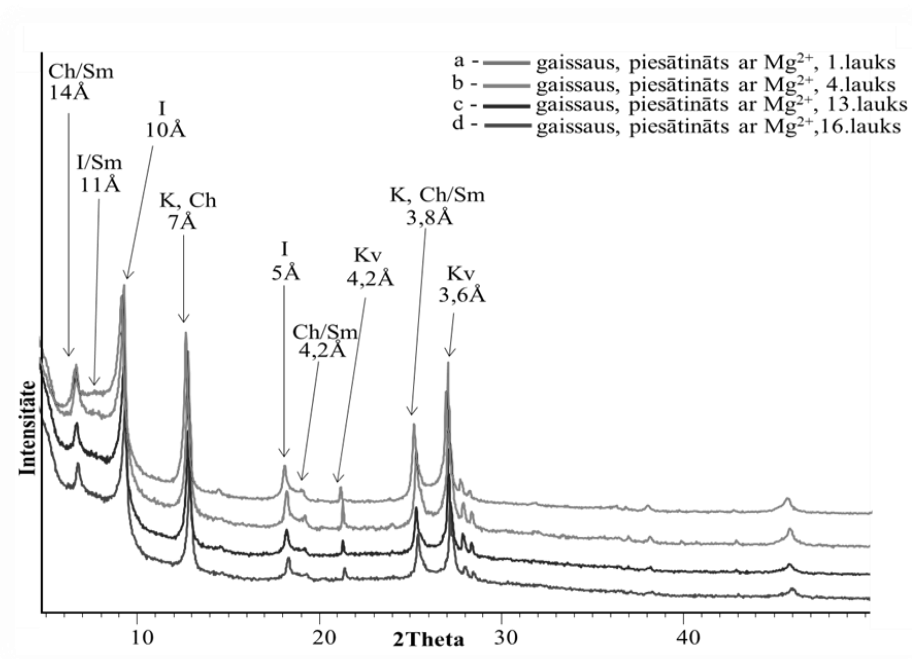
22. att. Plasticitātes vērtību korelācija, ja augsnes arta.

Iegūtie plasticitātes indeksa (Ip) aprēķini aramkārtā norāda uz augstākām vērtībām *vid.*Ip=5.75 artajos laukos, bet zemākām diskotajos *vid.*Ip=3.75 neartajos. Augstāki plasticitātes rādītāji veicina barības vielu, skābekļa un ūdens apriti augsnē.

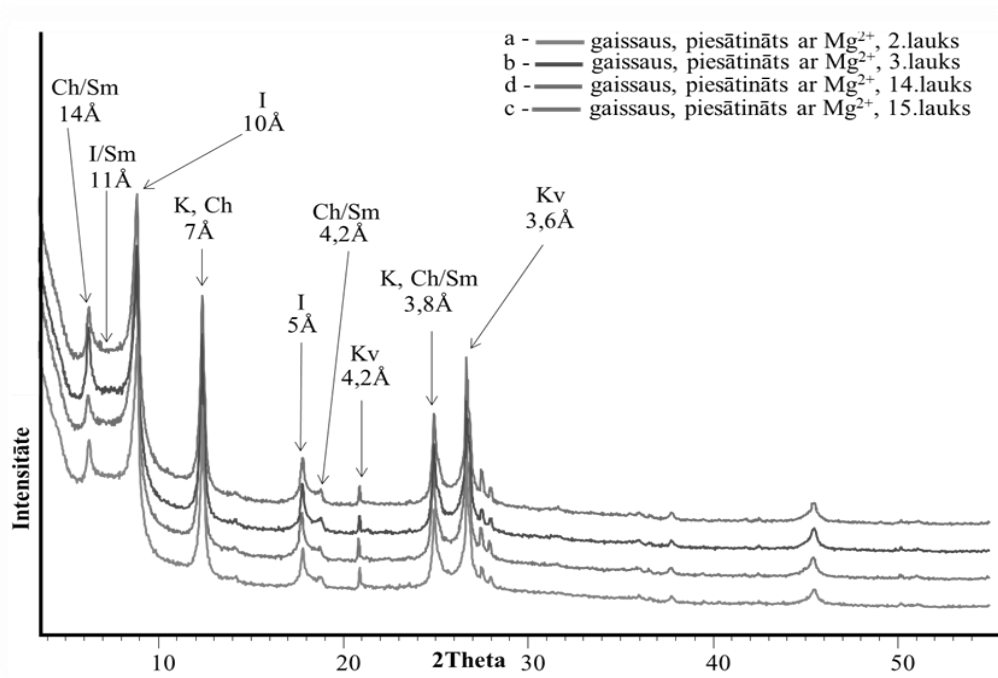
Mālu minerālais sastāvs. Augsnes fizikālmehāniskās īpašības un minerālais sastāvs ir būtiski augsnes auglību ietekmējoši faktori. Mālu minerāliem ir būtiska loma augsnes auglības veidošanā, tādēļ pat nelielas mālu minerālā sastāva izmaiņas augsnē var būtiskus ietekmēt tādus faktoros kā augu barības elementu apriti, augsnes agregātu stabilitāti, augsnes porainību, kā arī ūdens infitrācijas spēju augsnē. Tomēr nav daudz pētījumu par augsnes minerālā sastāva izmaiņām ilgstošas un vienvēidīgas augsnes apstrādes ietekmē, savukārt augsnes fizikālmehāniskās īpašības ir pētītas (Bērziņš u.c., 2013, 2014). Tika izvirzīts mērķis – noskaidrot, vai mainoties augsnes fizikālmehāniskajām īpašībām, notiek izmaiņas augsnes mālu minerālos, kas ir saistīta ar augsnes sablīvēšanos, t.sk. mālaino augšņu plasticitāti, jo minētās īpašības ir tieši saistītas ar augsnes granulometrisku sastāvu un mālu minerālo sastāvu. Ir noskaidrots, ka augšņu fizikālmehāniskās īpašības ir cieši saistītas un atkarīgas no augšņu granulometriskā sastāvā, mālu minerālu daudzuma un veida, kā arī augsnes organiskā oglekļa īpašībām (Page, 1952). Augsnes paraugi analizēti aramkārtā (0–20 cm) un dziļākos augsnes slāņos 20–40 un 40–60 cm. Mālu minerālais sastāvs noteikts <math>< 2\ \mu m</math> frakcijai izmantojot rentgenstaru pulverdifrakcijas metodi.

Pētāmajos mālsmilts augsnes paraugos identificētas līdzīgas mālu minerālu asociācijas kā Latvijas kvartārajos mālos, kur illīts ir dominējošais mālu minerāls un sastāda 70–80% no visas mālu frakcijas, savukārt kaolinīts, hlorīts un jauktslāņu mālu minerāli variē dažādās proporcijās (Stinkule, 2014). Savukārt pētītajās augsnēs jauktslāņu mālu minerālu daudzums ir variabls. Dziļākajos augsnes slāņos 40–60 cm gan pie tradicionālās, gan minimālās augsnes apstrādes mālu minerālu kompozīcija ir samērā vienvēidīga, tai skaitā arī jauktslāņu mālu minerāli – hlorīts-smektīts, illīts-smektīts (23., 27. att.). Minētais mālu minerālu sastāvs saistāms ar cilmieža mālu minerālo sastāvu. Tomēr seklākajos augsnes paraugos 20–40 cm un aramkārtā (0–20 cm) šāda sakarība vairs nav novērojama – samazinās jauktslāņu minerālu daudzums kopumā, jo īpaši hlorīta-smektīta daudzums (24., 25., 26., 27. att.). Novērotās izmaiņas būtu saistāmas ar augsnē notiekošajiem procesiem, kā arī ar vienvēidīgu augsnes apstrādi un ievēroto augu maiņu (kvieši-kvieši, kvieši-rapsis, augu maiņa, iekļaujot lauku pupas, kviešus, miežus un rapsi),

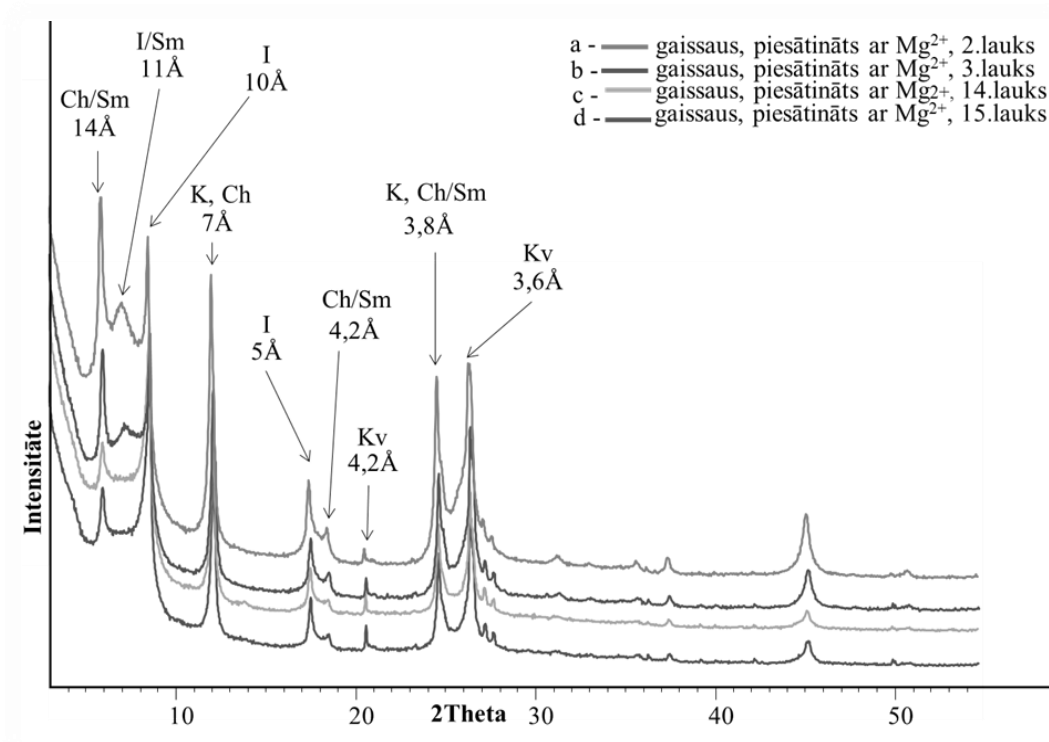
jo artajos laukos ir novērojama pakāpeniska hlorīta-smektīta daudzuma samazināšanās. Taču, ja lauki netiek arti, ir novērojams lielāks jauktslāņu minerālu neviendabīgums un ievērojama hlorīta-smektīta daudzuma samazināšanās.



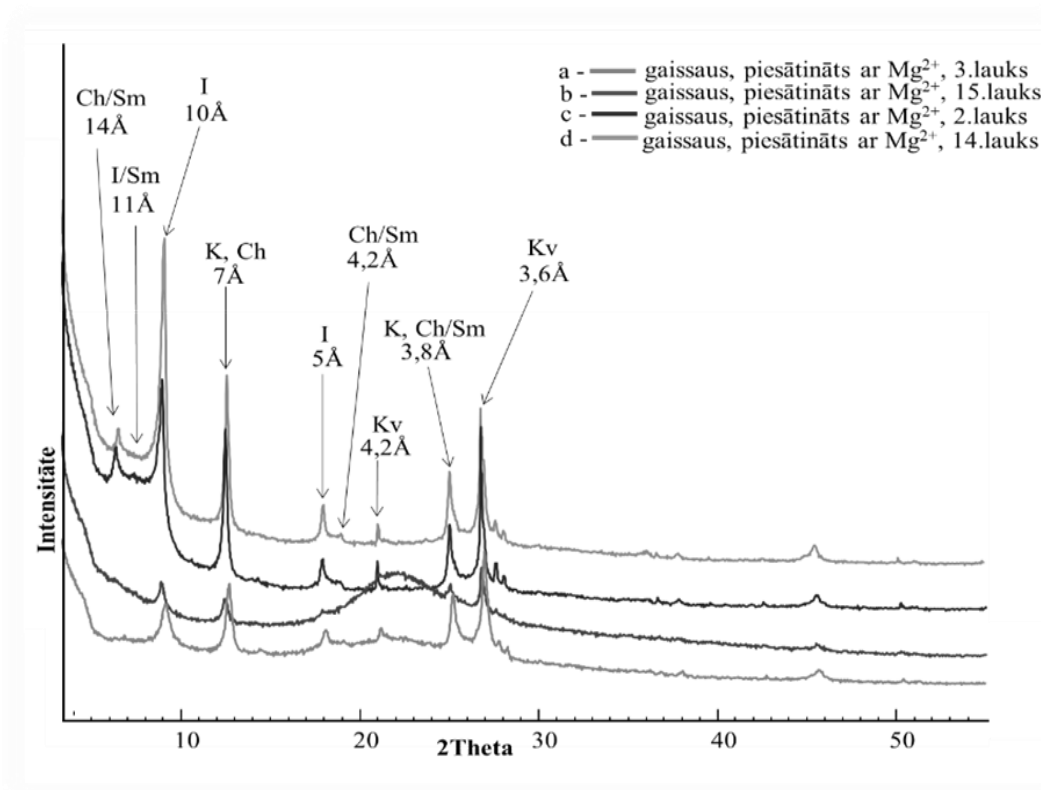
23. att. Tradicionāla augsnes apstrāde, augsnes mālu minerālais sastāvs (0–20 cm).



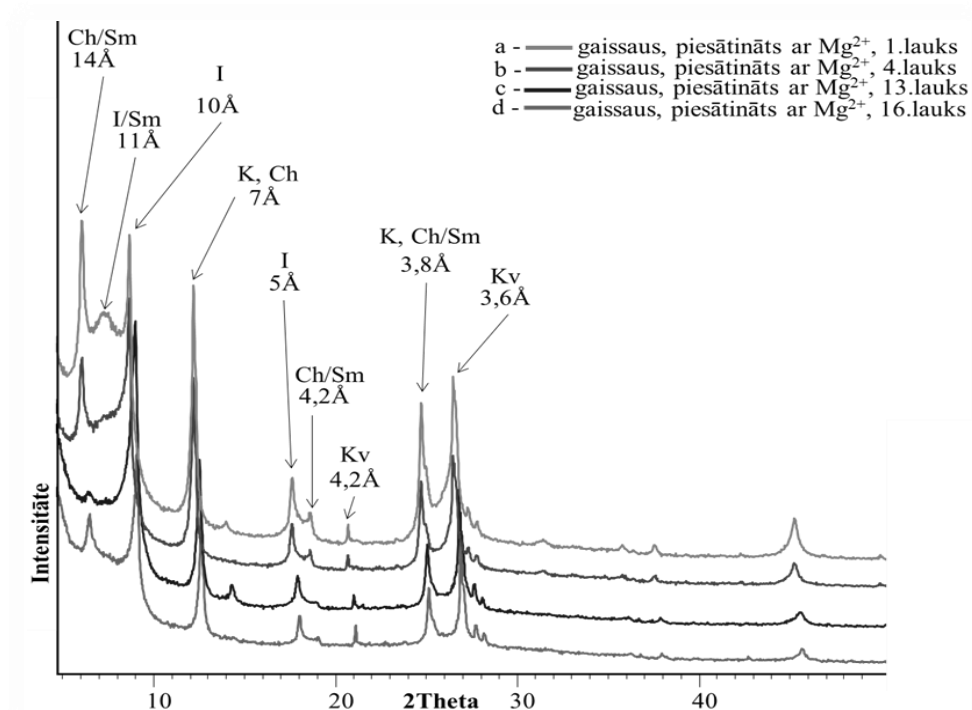
24. att. Tradicionāla augsnes apstrāde, augsnes mālu minerālais sastāvs (20–40 cm)'



25. att. Tradicionāla augsnes apstrāde, augsnes mālu minerālais sastāvs (40–60 cm)



26. att. Minimālā augsnes apstrāde, augsnes mālu minerālais sastāvs (0–20 cm)



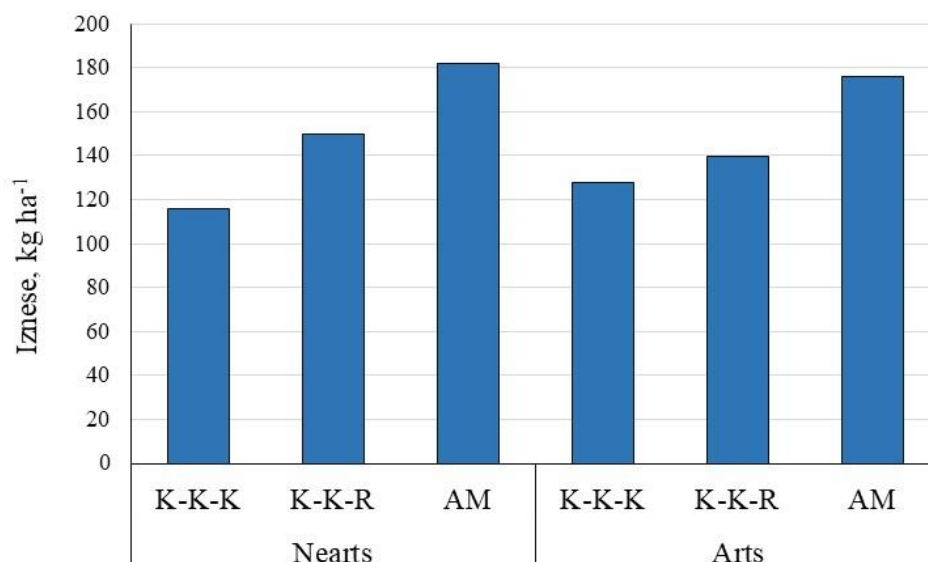
27. att. Minimālā augsnes apstrāde, augsnes mālu minerālais sastāvs (20–40 cm)

Iegūtie rezultāti vēl nav galīgi, tomēr jāvērs uzmanība uz to, ka ilgstoša un vienvēdīga augsnes apstrāde, izmantojot diskošanu, var izsaukt izmaiņas mālu minerālajā sastāvā, kas saistāma ar mālu plasticitāti, ūdens un gaisa apriti, barības un organisko vielu uzkrāšanos, tai skaitā augsnes pH izmaiņām. Minētie rādītāji turpmāk būtu apskatāmi kompleksi.

2.2.2. Augu barības vielu izmantošanās

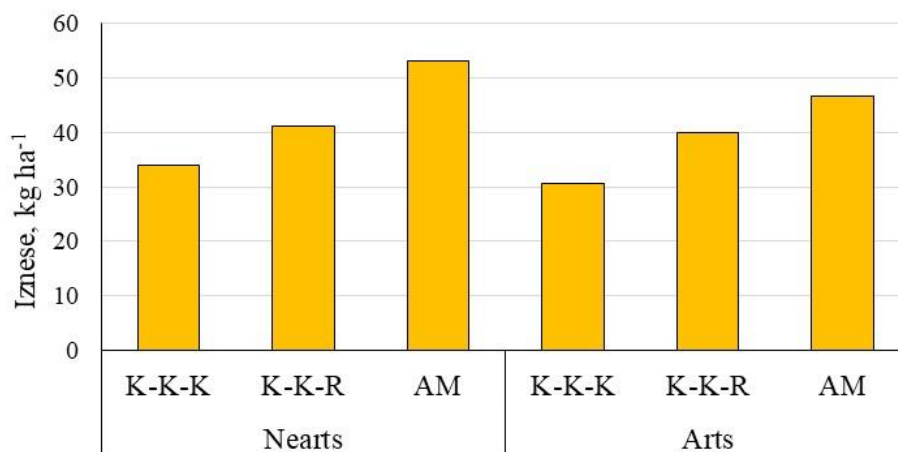
Bioloģiskā barības elementu iznese (kultūraugu raža, blakusprodukcija un augu saknes) parāda kopējo barības elementu uzņemto daudzumu no augsnes un iestrādātajiem mēslošanas līdzekļiem. Ņemot vērā, ka tika lietots vienāds mēslošanas līdzekļu daudzums un identiski audzēšanas apstākļi, tad barības elementu iznese rāda priekšaugu un augsnes apstrādes veida ietekmi.

Ziemas kvieši. 2019. gadā viszemākā slāpekļa (N) iznese bija bezmaiņas ziemas kviešu sējumos (K-K) neatkarīgi no augsnes apstrādes veida, savukārt augstākā, audzējot ziemas kviešus augu maiņā (AM) (28 .att.). Salīdzinot šī gada slāpekļa iznesi ar 2018. gadā iegūtajiem rezultātiem, arī 2018. gadā tika novērots, ka slāpekļa iznesi būtiski ietekmēja augu maiņas veids, kas norāda uz augu maiņas nozīmi barības elementu izmantošanā no augsnes un mēslošanas līdzekļiem.



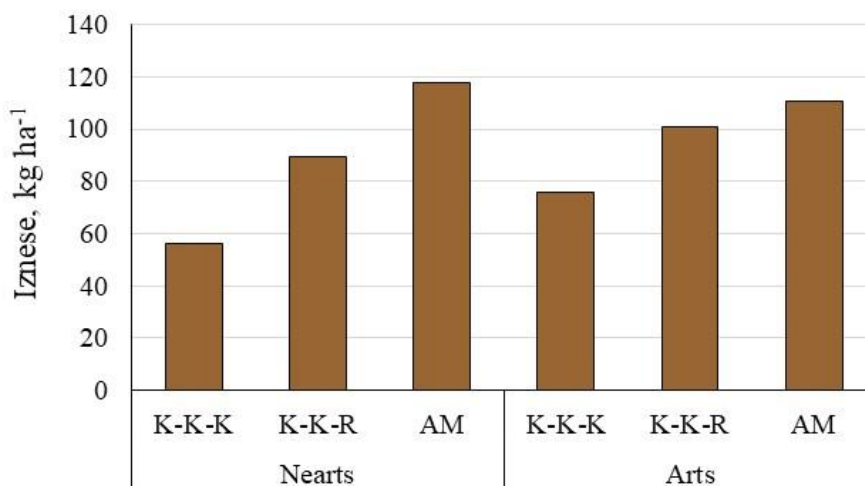
28. att. Slāpekļa (N) iznese ar kviešiem atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas 2019. gadā: K-K-K – atkārtots kviešu sējums; K-K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; K-P-M – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

Arī fosfora (P_2O_5) iznese palielinās, iekļaujot augu maiņa vairāk kultūraugu, un saglabājot tendenci, ka vismazākā iznese sējumā, kur tiek audzēti tikai kvieši (29. att.). Fosfora iznese palielinās augu maiņā, iekļaujot ziemas rapsi, bet augstākā tā ir, audzējot ziemas kviešus, četru kultūraugu augu maiņā. Šī likumsakarība ir novērojama gan artā, gan neartā variantā.



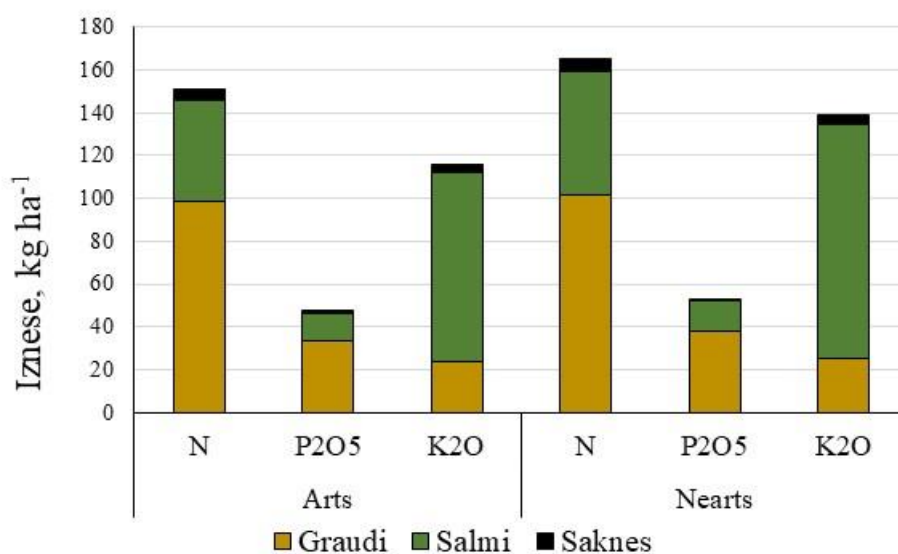
29. att. Fosfora (P_2O_5) iznese ar kviešiem atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas 2019. gadā: K-K-K – atkārtots kviešu sējums; K-K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; K-P-M – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

Vislielākā kālija (K_2O) iznese novērota variantā, kur lauks bija nearts un kvieši audzēti augmaiņā, bet būtiski zemāka – ja kvieši audzēti pēc kviešiem (30. att.).



30. att. Kālija (K₂O) iznese ar kviešiem atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas 2019. gadā: K-K-K – atkārtots kviešu sējums; K-K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; K-P-M – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

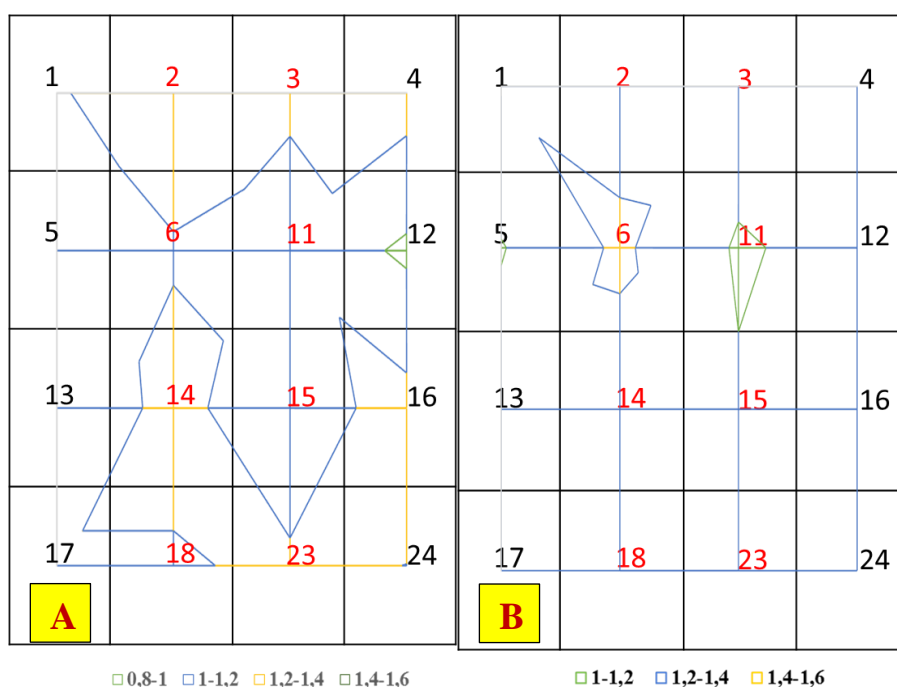
Vasaras mieži. Vasaras miežu visu trīs barības elementu (slāpekļa, fosfora un kālija) lielāka iznese novērota neartajā augsnes apstrādē (31. att.). Visvairāk slāpekļa un fosfora augi iznes ar graudiem, attiecīgi 62—65% N un 71-71% P₂O₅ no kopējās katra barības elementa izneses, bet vismazākais iznestais 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 %).



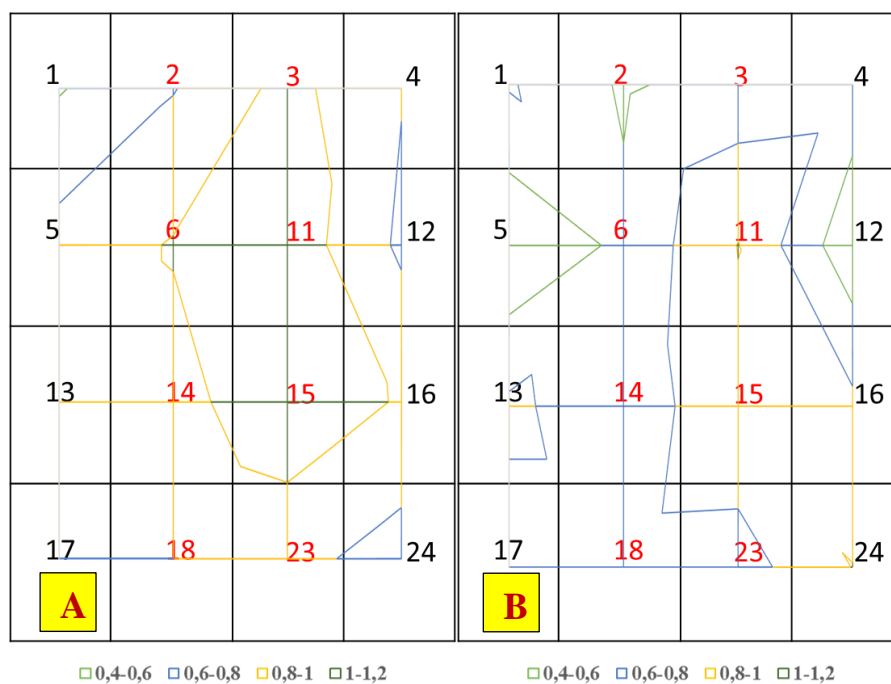
31. att. Slāpekļa (N), fosfora (P₂O₅) un kālija (K₂O) iznese ar vasaras miežiem atkarībā no augsnes apstrādes veida.

3.2.3. Oglekļa uzkrāšanās

Augsnes organiskais ogleklis un tā krājumi. Organiskais ogleklis noteikts augsnes paraugos, izmantojot Walkley un Black (ISO 14235) metodi.



32. att. C_{org} (%) izplatība 0-20 cm dziļumā (A) 2018. gadā un (B) 2019. gadā atkarībā no augsnes apstrādes veida: lauku numerācija melnā krāsā atbilst diskotajiem laukiem, sarkanā – artajiem.

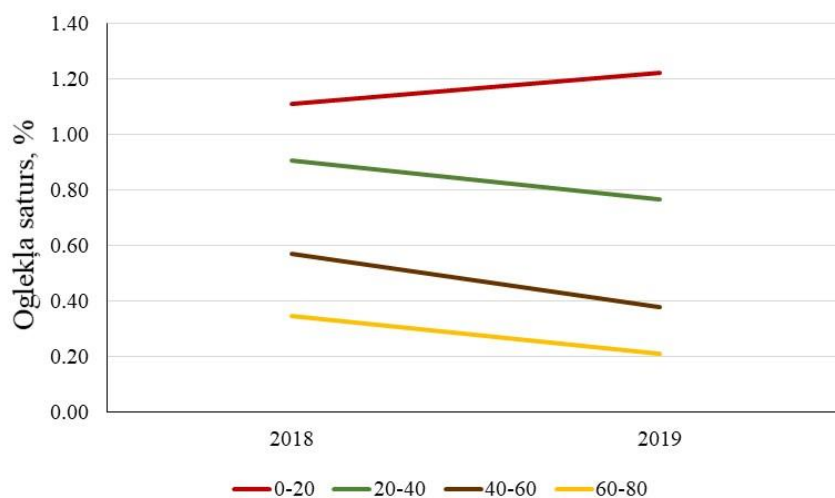


33. att. C_{org} (%) izplatība 21-40 cm dziļumā (A) 2018. gadā un (B) 2019. gadā atkarībā no augsnes apstrādes veida: lauku numerācija melnā krāsā atbilst diskotajiem laukiem, sarkanā – artajiem.

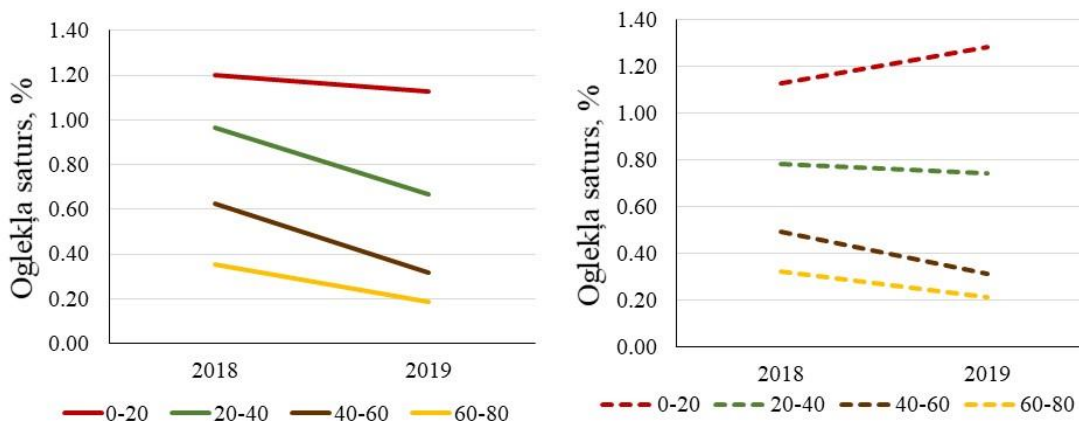
C_{org} daudzums 0–20 cm dziļumā (32. att.) un 20-40 cm dziļumā (33. att.) 2018. un 2019. gadā nav bijis atkarīgs no augsnes apstrādes veida. Tomēr, viena gada griezumā C_{org} daudzums izmainās augsnes dziļākajos slāņos, turklāt augstāks saturs ir artajos laukos. Ir novērojama sakarība starp C_{org} daudzumu un mālu saturu. Tomēr tie ir tikai sākotnējie

novērojumi un, lai izprastu mālu un C_{org} uzkrāšanās likumsakarību uzsāktie pētījumi ir turpināmi. Zinātniskajā literatūrā ir plaši aprakstīta organisko savienojumu adsorbēšana uz mālu minerālu virsmām, t.sk. mehāniska C_{org} izskalošanās, samazinoties mālu daudzumam augsnē, tomēr pašreizējie rezultāti nav pietiekami, lai to pierādītu.

Salīdzinot C_{org} vērtību maiņu laikā no 2018. gada uz 2019. gadu, ir novērojams neliels organiskās vielas pieaugums augsnes aramkārtā, bet samazinājums augsnes dziļākajos slāņos (20–80 cm). Tomēr šīs izmaiņas nav uzskatāmas par būtiskām, jo saglabājas 0.1% robežās, kas ir metodes kļūdas robeža (34. att.). Kopumā C_{org} daudzums saglabājas virs 1% (Organiskā viela (OV) >2%), kas ir pietiekami, lai augsne saglabātu struktūragregātu stabilitāti, tādējādi ietekmējot arī augsnes auglību.



34. att. Organiskā oglekļa izmaiņas no 2018. līdz 2019. gadam (vidēji).



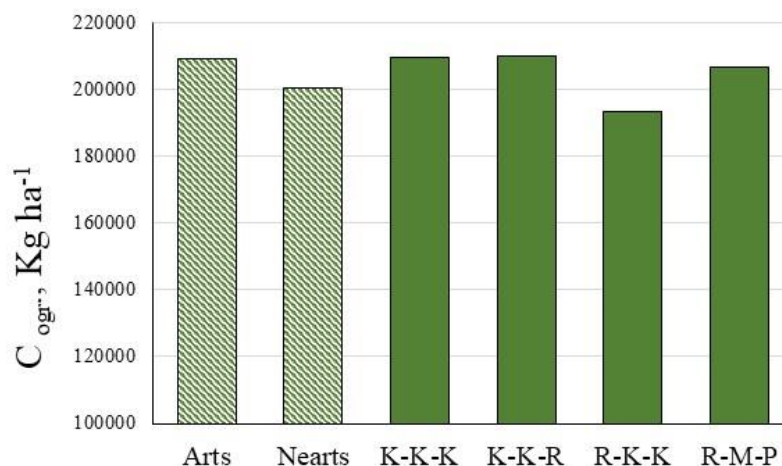
35. att. Organiskā oglekļa izmaiņas no 2018. līdz 2019. gadam atkarībā no augsnes apstrādes sistēmas: ar pārtrauktām līnijām apzīmēti artie lauki, ar nepārtrauktām – neartie.

2019. gadā novērojams organiskās vielas krājumu samazinājums (0–80 cm) gandrīz visos laukos bez aršanas vidēji par 32605 kg ha⁻¹, bet artajos laukos vidēji par 39816 kg

ha⁻¹. Iespējams, iegūtie dati nav statistiski nozīmīgi, bet to ir iespējams izvērtēt tikai ilgākā laika periodā.

Kopējais organiskās vielas uzkrājums 2018. gadā bija novērojams artajos laukos (*vid.* 235501 kg ha⁻¹), turpretim neartajos – organiskās vielas krājumu samazinājums (*vid.* 204713 kg ha⁻¹). Savukārt šī gada rezultāti liecina par organiskās vielas krājumu izlīdzināšanos visos laukos (*vid.* 191206 – 195685 kg ha⁻¹), kas norāda uz dabā noritošu procesu dinamiskumu, gan arī to, ka viena gada rezultāti nav izmantojami augsnē noritošu pārvērtību raksturošanā.

Organiskā oglekļa uzkrāšanos triju gadu periodā būtiski neietekmēja ne augsnes apstrādes veids, ne augmaiņas variants (36. att.).



36. att. organiskā oglekļa uzkrāšanās atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas varianta: K-K-K (tikai kvieši); K-K-R (kvieši, kvieši, rapsis); R-K-K (rapsis, kvieši, kvieši); R-M-P (rapsis, mieži, pupas).

KOPSAVILKUMS. Augšņu fizikāli mehāniskās īpašības mainās lēni, likumsakarību izprašanai ir nepieciešams ilgāks laika periods. Tomēr desmit gadu laikā uzkrātie rezultāti norāda uz pakāpeniskām augsnes fizikālmehānisko īpašību izmaiņām augsnes apstrādē ilgstoši izmantojot vienveidīgu agrotehniku. Ir zināms, ka augsnei sablīvējoties, samazinās skābekļa un ūdens aprīte augsnē, mainās augsnes mikroklimats. Šī brīža izmaiņas vēl neietekmē augu augšanas procesus un kopējo augsnes ražību, tomēr, turpinot izmantot vienveidīgu agrotehniku, ir paredzamas tālākas augsnes fizikālmehānisko īpašību izmaiņas. Tāpēc labākai augsnē noritošo procesu izprašanai ir uzsākti jauni mērījumi – tiek analizēta mālu nozīme gan augsnes agrofizikālo īpašību, gan C_{org} uzkrāšanās kontekstā, nosakot mālu granulometrisko, minerālo sastāvu un aušņu plasticitāti, kas ir savstarpēji saistīti lielumi.

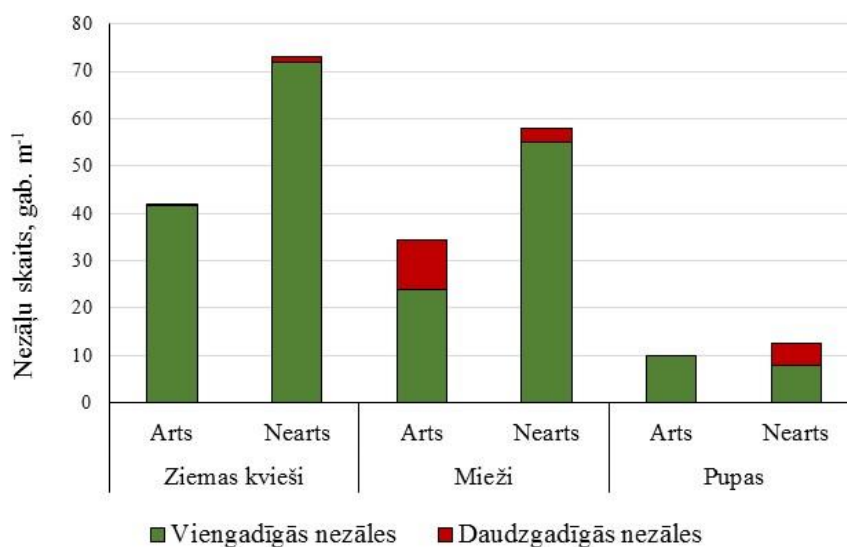
Augu maiņas ievērošana uzlabo visu barības elementu izmantošanos no augsnes, bet augsnes apstrādes sistēmai nav būtiskas nozīmes uz C_{org} uzkrāšanos. Organiskā oglekļa uzkrāšanos ietekmē dažādi faktori, tajā skaitā augsnes granulometriskais sastāvs, taču skaidras likumsakarības triju gadu laikā nav nosakāmas, jo augsnē noritošie procesi ir dinamiski.

2.3. Sējumu nezāļainība un kviešu slimību attīstība atkarībā no augsnes apstrādes un augu maiņas

2.3.1. Sējumu nezāļainība

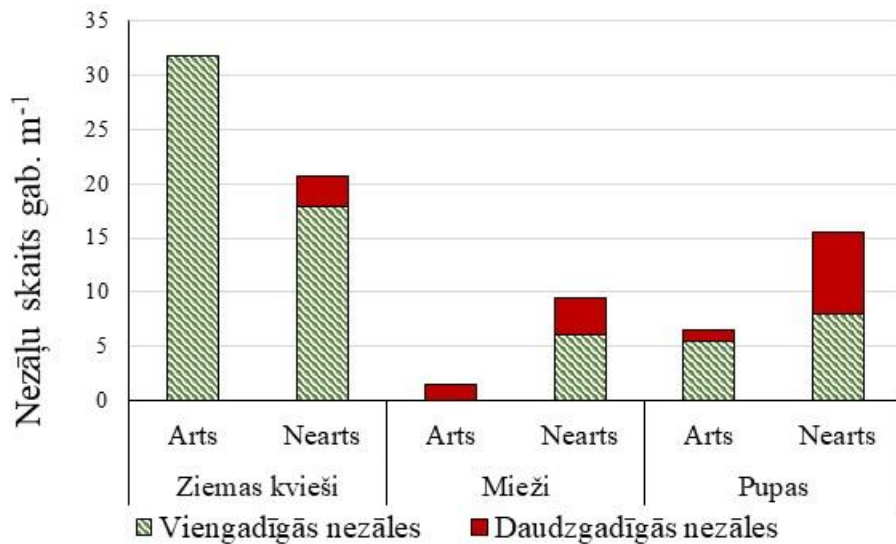
Sējumu nezāļainība noteikta pirms herbicīdu lietošanas, noteiktas nezāļu sugas un saskaitīts nezāļu un sārņaugu (kvieši un rapsis) daudzums uz viena m². Ziemas kviešu sējumos kopumā atrastas 15 sugu nezāles. Variantā, kur veikta aršana, dominēja maura sūrene (*Polygonum aviculare*), bet neartajā – ķeraiņu madara (*Galium aparine*). Miežu sējumā neartajā variantā tāpat dominēja ķeraiņu madara, bet artajā – ārstniecības matuzāle (*Fumaria officinalis*).

Neatkarīgi no augu maiņas varianta, neartajos laukos nezāļu bija vairāk (37. att.).



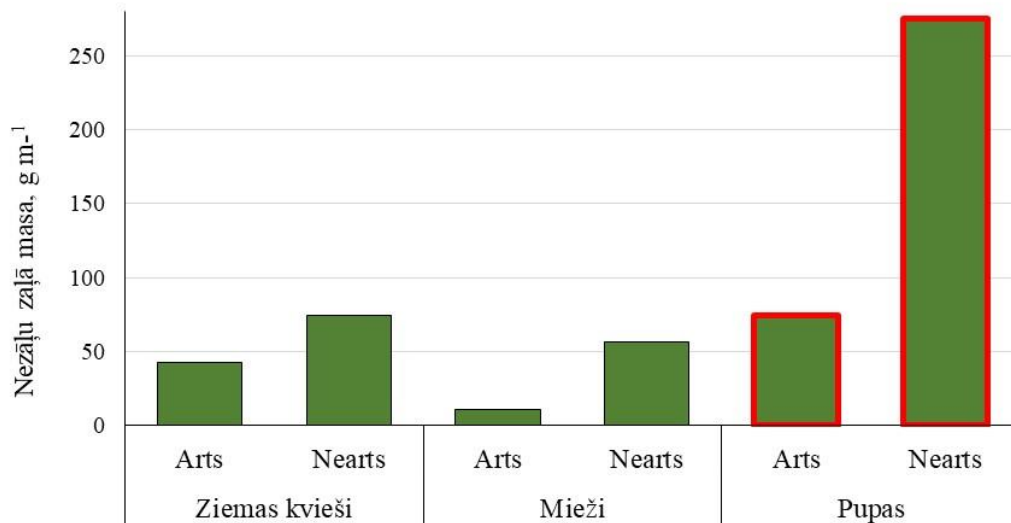
37. att. Nezāļu skaits atkarībā no kultūrauga un augsnes apstrādes pirmajā uzskaites reizē.

Otrā nezāļu uzskaitē, kad veikta arī to zaļās masas svēršana, veikta īsi pirms ražas vākšanas. Herbicīdu lietošana efektīvi ierobežoja nezāles, un ražas vākšanas laikā nezāļu skaits bija līdzīgs gan artajos, gan neartajos laukos (38. att.). Tomēr novērojams, ka neartajos laukos bija vairāk daudzgadīgo nezāļu – kviešu laukos novērota ložņu vārpata (*Elytrigia repens*), bet miežu un pupu sējumos – tīruma tītenis (*Convolvulus arvensis*).



38. att. Nezāļu skaits atkarībā no kultūrauga un augsnes apstrādes otrajā uzskaites reizē.

Tomēr, nezāļu skaits nenosaka to postīgumu, būtiska nozīme ir nezāļu zaļajai masai. Lai gan statistiski būtiski ($p=0.022$) lielāka zaļā masa bija tikai pupu sējumos, tomēr visos gadījumos neartajos laukos nezāļu zaļā masa bija lielāka (39. att.).



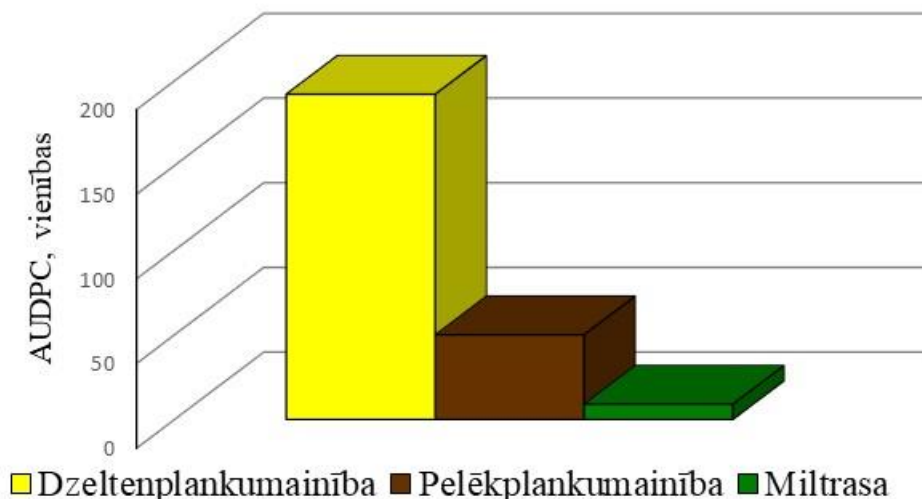
39. att. Nezāļu zaļā masa atkarībā no augu maiņas varianta un augsnes apstrādes sistēmas.

Ziemas kviešu sējumos novērota liela izkliede starp variantiem, tāpēc starpība nav būtiska, bet neartajos laukos vidējā nezāļu masa bija lielāka par 74%, salīdzinot ar artajiem variantiem. Līdzīgi vasaras miežu laukos, lai gan statistiski nebija nozīmīgi, tomēr vidējā nezāļu masa neartajā laukā bija 5.3 reizes lielāka nekā artajā, bet pupu sējumos attiecīgi 3.7 reizes.

2.3.2. Kviešu lapu slimību attīstības pakāpe

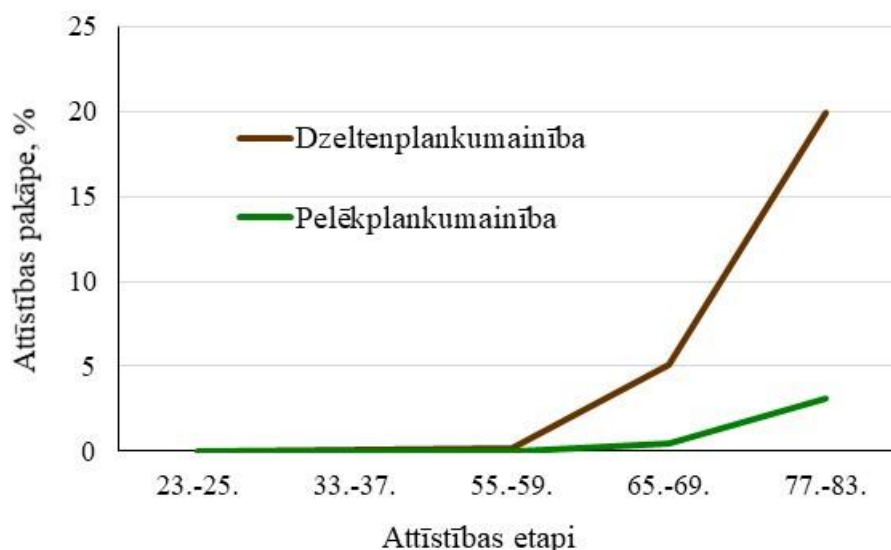
2019. gadā ziemas kviešu sējumos dominēja kviešu lapu dzeltenplankumainība (ier. *Pyrenophora tritici-repentis*), kuras attīstības pakāpe gatavošanās fāzē atkarībā no augsnes apstrādes veida un priekšauga sasniedza 13 līdz 30%. Bija sastopama arī pelēkplankumainība (*Zymoseptoria tritici*), taču tās attīstības pakāpe bija zemāka – 2 līdz 7%. Miltrasa (ier. *Blumeria graminis*) bija sastopama reti (attīstības pakāpe tikai 0.0 līdz 0.4%). Brūnā rūsa (ier. *Puccinia tritici*) bija pamanīta tikai uz atsevišķām lapām.

Slimību attīstību visā veģetācijas periodā raksturo AUDPC (*area under diseases progress curve*) – 40. attēls.



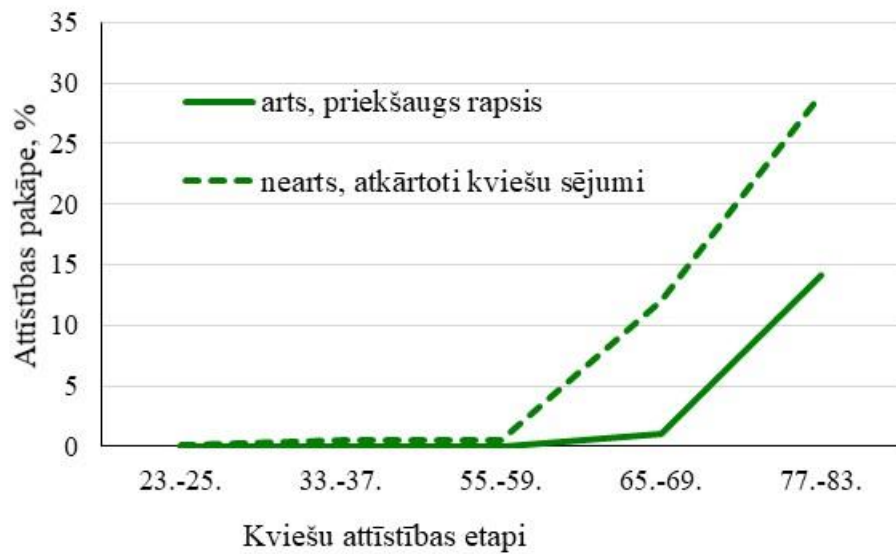
40. att. Kviešu lapu slimību attīstība 2019. gada veģetācijas sezonā

Dzeltenplankumainības attīstība sākās pēc ziedēšanas, bet pelēkplankumainības – tikai gatavošanās laikā (41. att.).



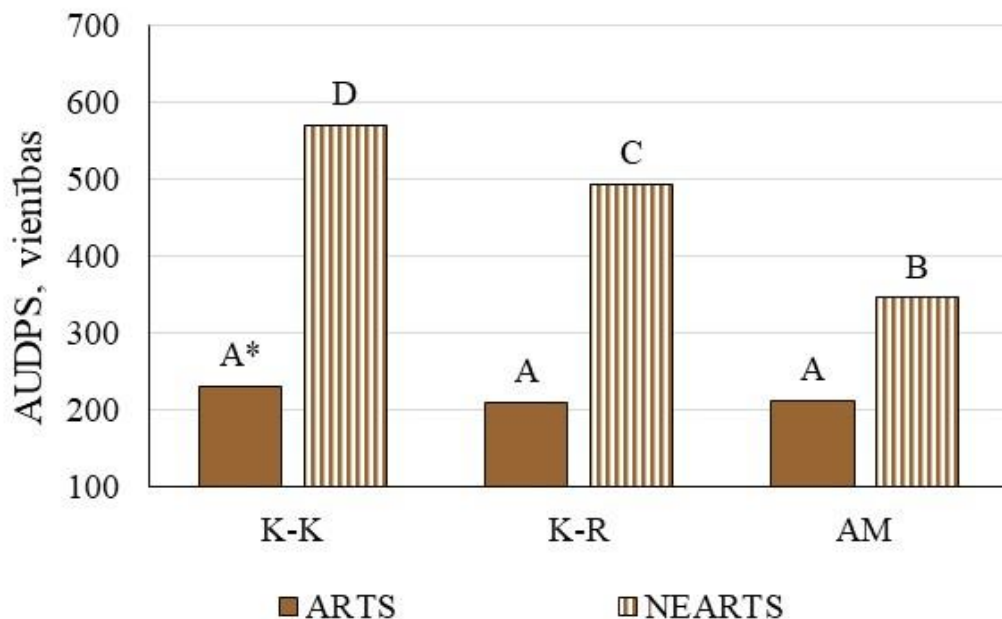
41. att. Kviešu lapu plankumainību attīstības dinamika 2019. gada veģetācijas sezonā

Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamiku ietekmē gan augsnes apstrādes veids, gan priekšaugi (42. att.).



42. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamika atkarībā no augsnes apstrādes veida un priekšauga.

Vērtējot dzeltenplankumainības attīstību visā veģetācijas periodā, statistiski nozīmīga bija gan augsnes apstrādes ($p < 0.001$), gan priekšauga ($p = 0.02$) ietekme. 2019. gada dati nedaudz atšķiras no secinājumiem, kas izdarīti agrākajos pētījumos. Iepriekšējo gadu dati liecināja, ka dzeltenplankumainības attīstību galvenokārt ietekmēja priekšaugš, taču šajā gadā izšķirošā nozīme bija augsnes apstrādei (43. att.).

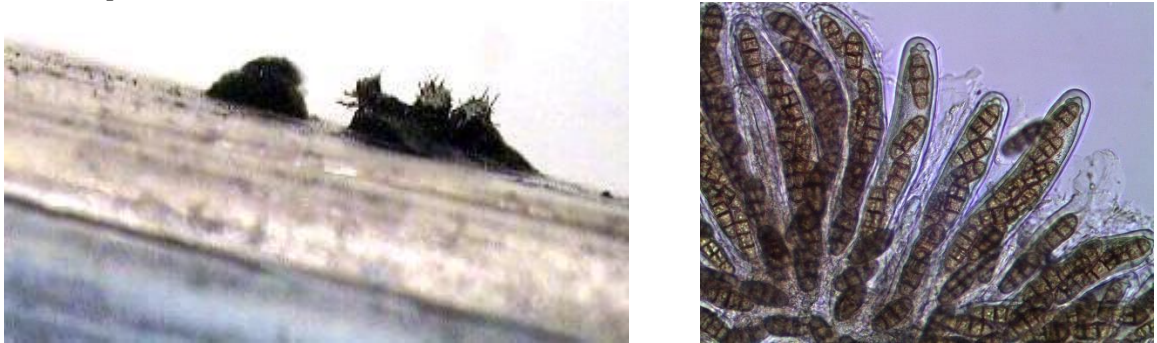


43. att. Dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas varianta: K-K – bezmaiņas kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži; *atšķirīgi burti nozīmē statistiski būtiskas atšķirības.

Visos variantos, kur augsne bija arta, dzeltenplankumainības līmenis bija ievērojami augstāks nekā tajos, kur augsne nebija apvērsta. Pat salīdzinot variantu, kur kvieši tiek audzēti jau kopš 2009. gada, bet augsne arta, slimības līmenis statistiski zemāks,

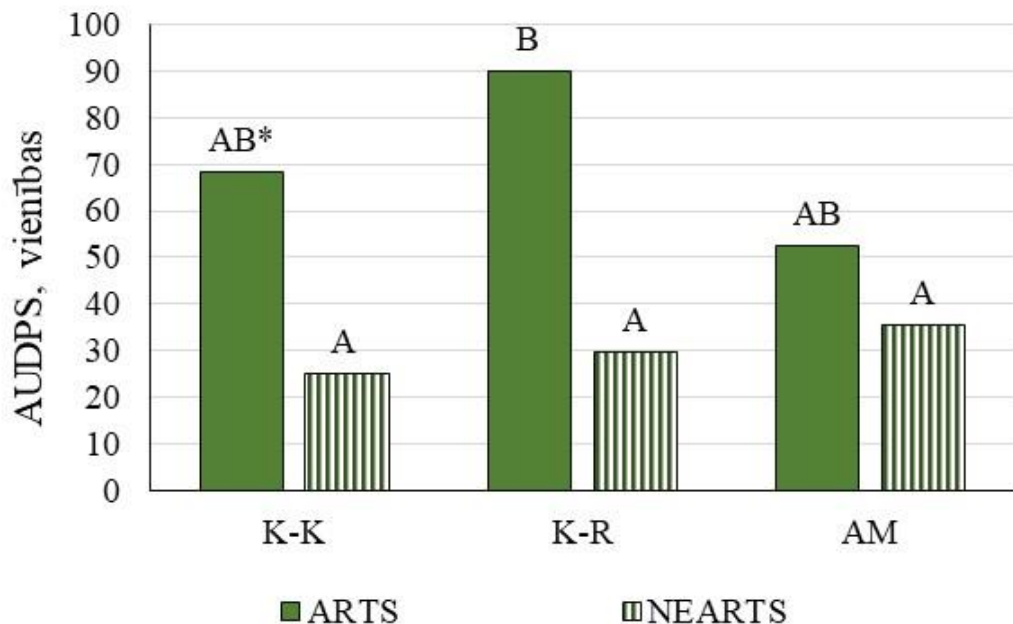
nekā neartajā variantā, kur kvieši audzēti tikai pirms trijiem gadiem (priekšaugi pupas, mieži un rapsis). Neartajā variantā būtiska nozīme priekšaugam, kā jau tas bija sagaidāms, visaugstākais dzeltenplankumainības līmenis variantā, kur kvieši audzēti bezmaiņas sējumā.

Tāpat augu atliekas, ja tās netiek iestrādātas augsnē, saglabājas būtiski ilgāk, tas nozīmē, ir iespējams saglabāties arī dzeltenplankumainības ierosinātājam – *Pyrenophora tritici-repentis* (44. att.).



44. att. *Pyrenophora tritici-repentis* pseudotēciji salmos un aski ar asku sporām, kas attīstās pseudotēcijos.

Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību būtiski ietekmēja augsnes apstrādes veids ($p=0.001$), bet mazāk – augu maiņas variants ($p=0.49$). Artajā variantā slimības līmenis bija augstāks, nekā neartajos laukos (45. att.).

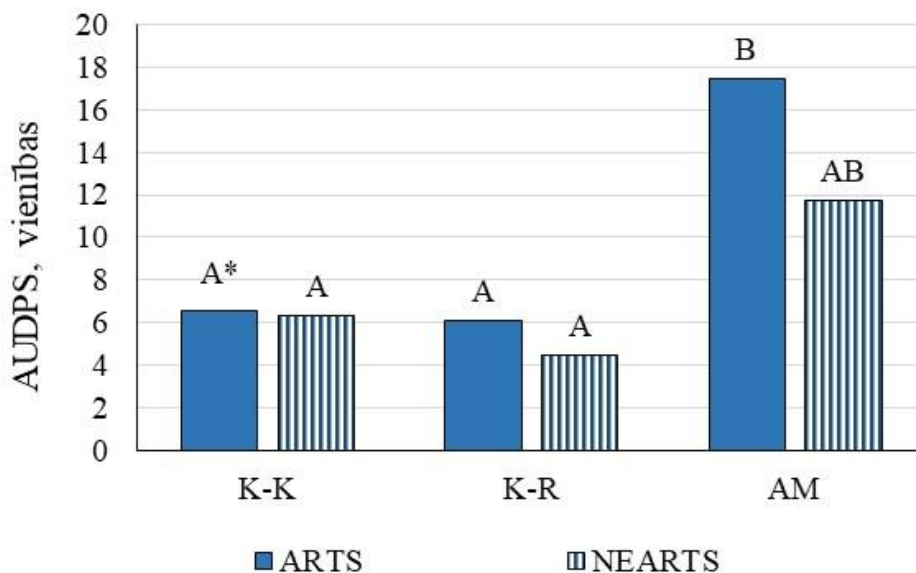


45. att. Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas varianta: K-K – bezmaiņas kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži; *atšķirīgi burti nozīmē statistiski būtiskas atšķirības.

Lielākā daļa variantu savstarpēji būtiski neatšķiras, tauc artajā variantā, kur augu mainā iekļauts rapsis un kvieši, bija visaugstākais attīstības līmenis un būtiski augstāks

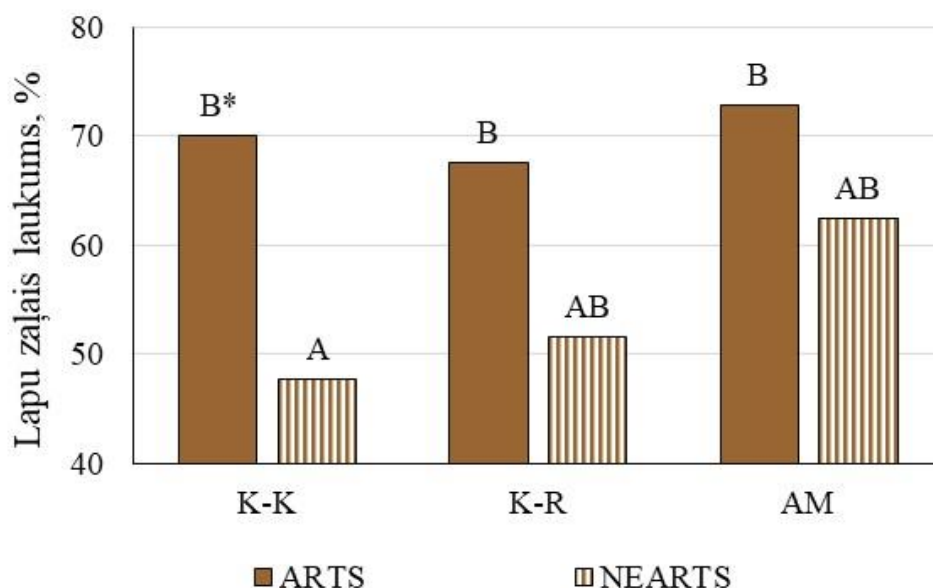
nekā visos variantos, kur augsne netika arta. Iespējams, rezultātus var skaidrot ar patogēnu savstarpējo konkurenci.

Miltrasas attīstību ietekmēja tikai priekšaugš, augsnes apstrādes veidam nozīmes nebija (46. att.). Lai gan miltrasas attīstība ļoti zema, tomēr rezultāti sakrīt ar iepriekš jau iegūtajiem datiem – miltrasas līmenis ir augstāks variantos, kur augi labāk attīstījušies.



46. att. Miltrasas attīstība atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas varianta: K-K – bezmaiņas kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži; *atšķirīgi burti nozīmē statistiski būtiskas atšķirības.

Lapu zaļais laukums parāda augu vispārējo fizioloģisko stāvokli un attiecīgi arī fotosintezējošo laukumu.



47. att. Kviešu lapu zaļais laukums atkarībā no augsnes apstrādes veida un augu maiņas varianta: K-K – bezmaiņas kviešu sējums; K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; AM – augmaiņā iekļautas pupas un mieži; *atšķirīgi burti nozīmē statistiski būtiskas atšķirības.

Lapu zaļo laukumu rādītāju būtiski ietekmēja tikai augsnes apstrādes veids – aršana veicināja lapu zaļā laukuma saglabāšanos (47. att.). Protams, tas ir saistīts būtiski straujāku dzeltenplankumainības attīstību neartajos laukos.

2.3.3. Kviešu stiebra pamatnes slimību izplatība un to ierosinātāji

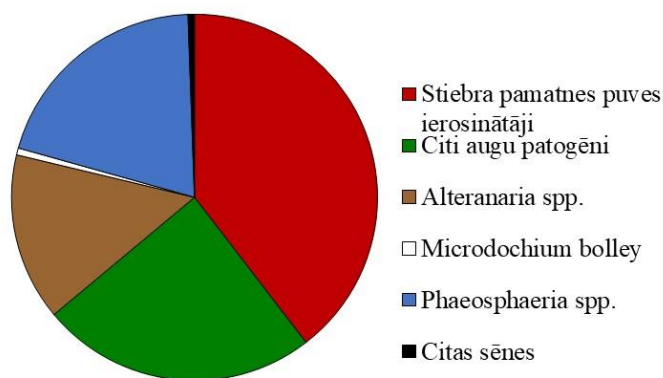
Kviešu stiebra pamatnes slimības ir izplatītas, atsevišķos gadījumos arī postīgas. To ierobežošana ir īpaši sarežģīta, jo šo slimību var izraisīt dažādi mikroorganismi, galvenokārt sēnes. Šiem patogēniem ir atšķirīgas prasības pret vidi, jutība pret fungicīdiem un dažādiem agrotehniskajiem paņēmieniem.

Lai gan grāmatās un citos informācijas avotos parasti apraksta katru slimību un tās ierosinātāju atsevišķi, piemēram, baltvārpainība (ier. *Gaeumannomyces graminis*), stiebru lūstamība (ier. *Oculimacula* spp.) utt., realitātē lauka apstākļos tās atšķirt parasti nevar, ir pierādīts, ka atšķirīgi slimību ierosinātāji var būt sastopami pat uz viena auga.

Līdz ar to, stiebra pamatnes puves ierosinātāju identifikācija ir būtiska gan no praktiskā viedokļa, lai precīzāk veiktu ierobežošanu, gan arī tai ir fundamentāla nozīme, jo padziļina zināšanas par patogēnu izplatību dažādos reģionos un to bioloģiskajām īpatnībām. Īpaši svarīgi tas ir tādēļ, ka šādi pētījumi ļauj spriest par mikroorganismu bioloģisko daudzveidību augsnē, kā arī par agrotehnisko pasākumu nozīmi bioloģiskās daudzveidības veicināšanā.

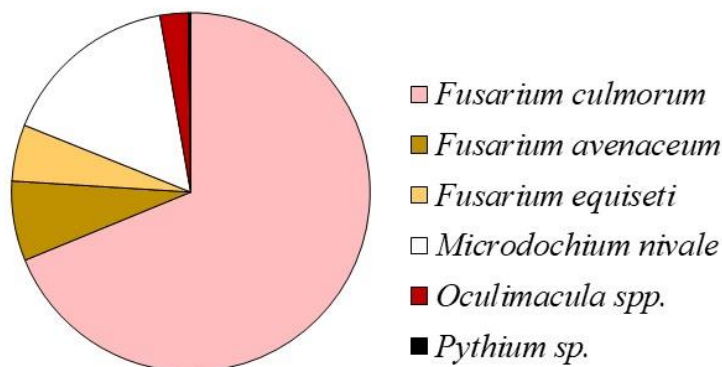
Kviešu stiebra pamatnes puves slimības 2018. gadā bija izplatītas, visos variantos izplatība sasniedza gandrīz 100%, tomēr ne visos gadījumos vizuālā novērtēšana dod priekšstatu par slimības postīgumu. Ir iespējams, ka plankumus uz stiebriem izraisa sēnes, kuras attīstās galvenokārt stiebru virsējā slānī un neietekmē graudu veidošanos. 2018. gada rudenī no simptomātiskiem kviešu stiebriem iegūti 2285 izolāti. Lielākā daļa no tiem bija stiebra pamatnes slimību ierosinātāji, taču bija sastopamas arī sēnes, kas ieņem citas ekoloģiskās nišas (48. att.).

Stiebra pamatnes puves ierosinātāji bija gandrīz 40%, bet 24% bija citi augu patogēni – galvenokārt kviešu lapu dzeltenplankumainības ierosinātājs *Pyrenophora tritici-repentis*, bet bija sastopama arī *Parastagonospora nodorum*, kas ierosina kviešu plēkšņu plankumainību. Bieži sastopama bija arī *Alternaria* spp. (sugas netika noteiktas), kas var būt gan patogēns, gan attīstīties saprotrofiski uz kviešu salmiem. Interesanta sēne ir *Microdochium bolley*, kas pēdējos gados mūsu izmēģinājumos ir bieži sastopama. Šī sēne ir reti aprakstīta pasaules literatūrā un nav īsti zināma tās ekoloģiskā loma – pētnieki to uzskata gan par vāju kviešu patogēnu, gan, tieši otrādi, antagonistu stiebra pamatnes puves ierosinātājiem. Bieži sastopama *Pheosphaeria* sp., vistīcamāk *P. pontiformis*, tomēr nav skaidrs, kāda ir šo sēņu un kviešu mijiedarbība.



48. att. Sēņu spektrs, kas izolēts no kviešu salmiem ar stiebra pamatnes puves pazīmēm, %.

2018. gada veģetācijas periodā starp kviešu stiebra pamatnes ierosinātājiem dominēja *Fusarium* ģints sēnes, pārējās bija tikai nepilni 20% (49. att.).

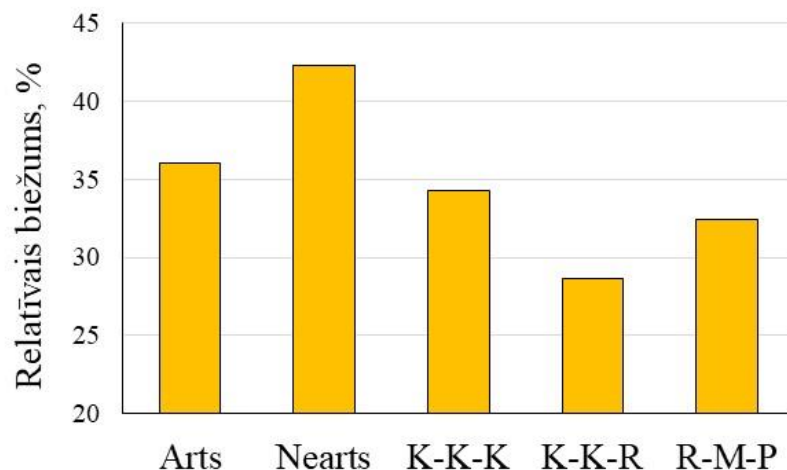


49. att. Stiebra pamatnes puves ierosinātāju spektrs, %.

2018. gadā visbiežāk sastopamais stiebra pamatnes ierosinātājs bija *F. culmorum*, kas ir viena no nozīmīgākajām mikotoksīnus producējošām *Fusarium* sugām. Salīdzinoši maz bija sastopama *F. avenaceum*, kas parasti bija dominējošā suga. *Microdochium nivale* sastopamība gadu no gada pieaug, ja agrāk to uzskatīja tikai par sārta sniega pelējuma ierosinātāju, tad tagad tas ir atrasts gan graudos, gan kviešu lapās. *Oculimacula* spp. ir viens no vispostīgākajiem patogēniem, bet 2018. gadā tā sastopamība bija zema, jo šī patogēna attīstībai ir nepieciešami nokrišņi un mērenas gaisa temperatūras.

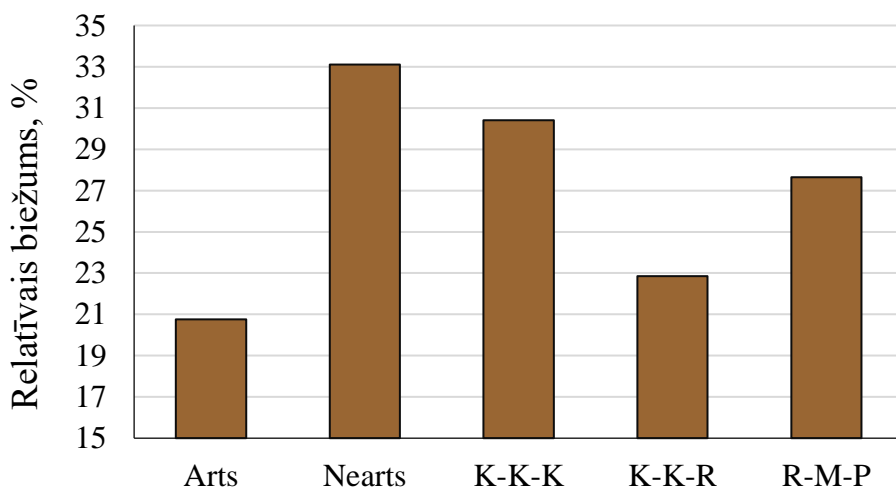
Lai varētu reāli izvērtēt mikroorganismu, tajā skaitā sēņu bioloģisko daudzveidību augsnēs, ir nepieciešami detalizēti pētījumi. Arī pasaulē šāda veida pētījumi ir tikko sākušies, daudzos gadījumos tiek identificēti mikroorganismi, bet ir nepieciešams saprast to savstarpējās attiecības.

Agrotehniskie pasākumi daļēji ietekmē patogēnu spektru kviešu sējumos. Neartajos laukos patogēnu īpatsvars bija ievērojami lielāks nekā tajos, kur augsne apvērsta. Augu maiņa sēņu spektru ietekmēja mazāk (50. att.).



50. att. Patogēnu sastopamība simptomātiskos kviešu stiebrs atkarībā no agrotehniskā paņēmiena: K-K-K – atkārtots kviešu sējums; K-K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; K-P-M – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

Agrotehniskie paņēmieni ietekmē atsevišķu patogēnu savairošanos. *F. culmorum* (2018. gadā tā bija dominējošā suga) ir biežāk sastopams atkārtotos kviešu sējumos, augsnes aršana samazina šī patogēna saglabāšanās iespējas (51. att.).



51 att. *Fusarium culmorum* sastopamība atkarībā no agrotehniskajiem paņēmieniem: K-K-K – atkārtots kviešu sējums; K-K-R – augmaiņā rapsis un kvieši; K-P-M – augmaiņā iekļautas pupas un mieži.

KOPSAVILKUMS. Augsnes aršana samazina sējumu nezālainību, it īpaši attiecībā uz nezāļu zaļo masu. Būtiski arī tas, ka neartajos laukos pieaug daudzgadīgo nezāļu skaits.

Dzeltenplankumainība ir dominējošā ziemas kviešu slimība Latvijā, tādēļ agrotehnisko pasākumu ietekmes noskaidrošana ir būtiska optimālai slimību irobežošanas

sistēmai. Aršana būtiski samazināja dzeltenplankumainības attīstības līmeni, augu maiņai bija saīdzinoši zemāka ietekme.

Slimību galvenokārt ierosināja *Fusarium culmorum*, kas ir netipisks rezultāts. Sastopamo sēņu spektrā ir ģintis/sugas, kuru ekoloģiskā nozīme nav zināma. *F. culmorum* sastopamība ir atkarīga no agrotehnikajiem paņēmieniem – augsnes nearšana un atkārtota kviešu sēja veicina *F. culmorum* izplatību.

2.4. Izmantoto tehnoloģiju priekšrocības un trūkumi ilgstošā laika periodā

Augsnes apstrādes sistēmas ietekmē gan augsnes īpašības, gan bioloģisko daudzveidību, tomēr ietekme ir novērtējama tikai ilgstošā laika periodā.

Nav iespējams viennozīmīgi pateikt, kura augsnes apstrādes sistēma ir labāka, jo to ietekmē gada meteoroloģiskā situācija.

Abām sistēmām – aršanai un aršanas aizstāšanai ar citiem augsnes apstrādes veidiem ir gan trūkumi, gan plusi.

2018. gada rudens un 2019. gada veģetācijas sezona bija netipiski sausa, šajos apstākļos labākas augsnes fizikāli mehāniskās īpašības nodrošināja augsnes nearšana. Artajos laukos bija sliktāka laukdīdzība, lēnāka augu attīstība, kas ietekmēja ziemāju izdzīvošanu, un, protams, arī ražu. Tomēr, vērtējot ražas izmaiņas ilgtermiņā, augsnes apstrādes sistēma kultūraugu ražas lielumu neietekmē.

Izmēģinājumu periodā, sākot no 2009. gada, augšņu fizikāli mehāniskās īpašības mainās, lai gan izmaiņas ir ļoti lēnas. Kopumā – ja augsne netiek arta, kapilārā porainība, tilpummasa utt. augsnes virsējā kārtā (0 – 5 cm) uzlabojas ātrāk, taču artajā – vienmērīgāk visā aramkārtā. Taču, no otras puses, ir iespējama “arkla zoles” veidošanās. Lai izprastu procesus, kas notiek augsnē, ir nepieciešami detalizēti pētījumi, tādēļ ir uzsākta jaunu metožu izmantošana, piemēram, tiek pētīta mālu sastāva nozīme. Attiecībā uz organiskā oglekļa uzkrāšanos, triju gadu periods nav bijis pietiekams, lai novērtētu augsnes apstrādes sistēmu ietekmi uz šiem procesiem.

Aršana kopumā samazina visu kaitīgo organismu savairošanos. Artajos laukos bija mazāka nezāļu kopējā biomasa un, kas ir ļoti svarīgi, mazāk daudzgadīgo nezāļu. Kviešu nozīmīgākās slimības – dzeltenplankumainības attīstību aršana būtiski samazināja. Neartajos laukos lielāks risks savairoties *Fusarium* ģints sēnēm, kas ierosina labību stiebru slimības un vārpu fuzariozi. Tas nozīmē, ka neartajos laukos ir lielāks risks, ka graudi būs piesārņoti ar mikotoksīniem – *Fusarium* ģints sēņu vielmaiņas produktiem.

Augu maiņas ievērošana būtiski palielināja ražu un samazināja dzeltenplankumainības attīstību, attiecībā uz citām slimībām šī ietekme nav nozīmīga.

Iespējams, ka, izvēloties bezaršanas tehnoloģijas, ir lielāka uzmanība jāpiešķir augu maiņas ievērošanai. Augu maiņa, kur iekļautas pupas, mieži, rapsis un kvieši ir tikai katrā ceturtajā gadā, samazina nearšanas nelabvēlīgo ietekmi. Tomēr 2019. gadā pat tajos laukos, kur kvieši nebija sēti trīs gadus, neartajos laukos dzeltenplankumainības attīstība bija ievērojami augstāka nekā tur, kur lauki bija arti, pat neatkarīgi no augu maiņas varianta. Tas nozīmē, ka dzeltenplankumainības attīstība ir viens no būtiskākajiem riska faktoriem, ja tiek izvēlēta bezaršanas tehnoloģija.