

**Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte
Augu aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”**



**Latvijas
Biozinātņu un tehnoloģiju
universitāte**

Projekta atskaite

**Zirņu audzēšanas platību palielināšanās Latvijā potenciālā
ietekme uz kaitēkļu un citu kaitīgo organismu izplatību, kā
arī uz potenciālo ražas ieguvī citās kultūraugu grupās
(Projekta Nr. 10.9.1-11/25/1529-e)**

Projekta vadītājs: Jānis Gailis

Institūta direktore: Viktorija Zagorska

Jelgava, 2025

ANOTĀCIJA

Projekta ietvaros veikti pētījumi atbilstoši četriem uzdevumiem: zirņu kaitēkļu pētījums zirņu sējplatībās (1); zirņu sējplatībās sastopamo zirņu slimību un to ierosinātāju pētījums (2); starpkultūras ietekme pētījums uz zirņiem postīgo organismu izplatību (3); zirņu pēcietekmes uz nākamo kultūraugu ražas rādītājiem un uz augsnes kvalitātes rādītājiem pētījums (4).

Zirņu sējplatībās konstatētas trīs *Sitona* smecernieku sugas, zirņu tumšais tinējs *Cydia nigricana* un kartupeļu laputs *Macrosiphum euphorbiae*. Netika novēroti zirņiem postīgi tripši Thysanoptera. Pēc pirmās pētījuma sezonas vēl nav iespējams objektīvi spriest, cik būtisku postījumu šīs kaitēkļu sugas varētu zirņiem radīt.

Pētījumā par zirņu slimībām sējplatībās secināts, ka zirņu sēklas ir nozīmīgs inficēšanās avots. Tajās saglabājas gan zirņu slimību ierosinātāji, gan citas sēnes, piemēram, *Alternaria* spp. un Didymellaceae dzimtas sēnes. Dīgstu izkrišanu un augu vīšanu pirmajās attīstības fāzēs ierosināja galvenokārt *Fusarium* spp. Pākšu veidošanās laikā zirņus bojāja iedegas, ko ierosina *Didymellaceae* dzimtas sēnes. 2025. gadā izplatīta bija neīstā miltrasa (ier. *Peronospora viciae* f. s. *pisi*). Svarīgi atzīmēt, ka attīstījās arī dzimumsporas, kas veidojas zirņu pākstīs. Turpretim miltrasa (ier. *Erysiphe pisi*) novērojama tikai dažās saimniecībās. Veģetācijas perioda beigās attīstījās puves – baltā puve (ier. *Sclerotinia sclerotiorum*), pelēkā puve (ier. *Botrytis* spp.) un fuzariālā puve (ier. *Fusarium* spp.). Baltā puves attīstība rada risku ne tikai zirņu, bet sekojošos rapša, pupu un citu kultūraugu sējumos.

Starpkultūru mistrā esošie zirņi potenciāli var būt mājvieta vairākām zirņu kaitēkļu sugām, piemēram, *Sitona* ģints smecerniekiem un zirņiem postīgām laputīm (šajā gadā tika konstatēta kartupeļu laputs). Turklāt starpkultūru platībās uz zirņiem tika novērotas laputu kolonijas, kas nozīmē, ka tās joprojām aktīvi vairojās. Secināts arī, ka, vācot ražu, izbirušie zirņi, kā arī starpkultūrā iesētie, var būt nozīmīgs infekcijas avots, it īpaši attiecībā uz iedegām. Nepieciešami turpmāki pētījumi, lai noteiktu, cik būtisku zirņu kaitēkļu un patogēnu savairošanās risku rada starpkultūru mistrā esošie zirņi.

Iegūtie pirmā izmēģinājuma gada dati parādīja, ka zirņu audzēšana augu maiņā ar ziemas kviešiem būtiski uzlabo augsnes auglību un nākamā kultūrauga ražas potenciālu. Samazinātā jeb reducētā augsnes apstrāde nodrošina labākus agroķīmiskos un bioloģiskos rādītājus salīdzinājumā ar tradicionālo augsnes apstrādi. Šajos laukos augsnē konstatēts augstāks augu barības elementu, īpaši augiem uzņemamā kālija un fosfora, saturs, kā arī lielāks organiskās vielas daudzums. Reducētā augsnes apstrāde veicina gan slāpekļa, gan oglekļa saglabāšanos un uzkrāšanos augsnē. Zirņu laukos novērotas zemākas $\delta^{15}\text{N}$ vērtības, kas apstiprina to spēju izmantot atmosfēras slāpekli, savukārt kviešu laukos šīs vērtības bija augstākas, liecinot par intensīvāku minerālā slāpekļa izmantošanu. Visaugstākā minerālā slāpekļa uzkrāšanās augsnē bija vērojama zirņu laukos ar reducēto augsnes apstrādi, kur N_{min} pieaugums tika konstatēts gan virsējā (0–30 cm), gan dziļākajos augsnes slāņos (30–60 cm). Tas norāda uz efektīvu slāpekļa uzkrāšanos un mazākiem zudumiem. Savukārt tradicionālās augsnes apstrādes laukos novērota pretēja tendence – slāpekļa samazinājums dziļākos augsnes horizontos. Augstākais oglekļa saturs starp kultūraugiem un augsnē tika konstatēts reducētās augsnes apstrādes laukos. Zirņu saknēs konstatēts ievērojami lielāks oglekļa daudzums nekā kviešos, kas saistīts ar pākšaugu sakņu sistēmu un simbiotisko baktēriju darbību.

Projekta izpildītāji:

Ina Alsiņa	Mārtiņš Romanovskis	Gunita Bimšteine
Baiba Buša	Ilze Vircava	Marta Mazpreciniece
Adrija Dorbe	Madara Engelsonē	Jānis Kaņeps
Laila Dubova	Ieva Engelsonē	Sabīne Močāne
Kristiāna Skutele	Tetiana Harbovska	Sanniņa Rodiņa
Lauris Guntis Mungaудis	Jānis Gailis	Alise Klūga
Arnis Sproģis	Līga Zemeca	Agnese Kolodnicka
Arnis Sproģis	Agrita Švarta	
Laura Mungaude	Biruta Bankina	

SATURS

Ievads	4
1. Zirņiem būtiskāko kaitēkļu bioloģijas izpēte.....	6
1.1. Pētījuma apstākļi un metodes	6
1.2. Rezultāti	13
1.3. Secinājumi.....	15
2. Zirņu patogēnu pētījums zirņu sējplatībās.....	17
2.1. Metodes.....	17
2.1.1. Sēņu tīrkultūru iegūšana un identifikācija.....	17
2.1.2. Novērojumi saimniecību laukos	18
2.2. Rezultāti	19
2.2.1. Zirņu slimību attīstības dinamika un to attīstības īpatnības dažādos agroekoloģiskajos apstākļos.....	19
2.2.2. Zirņu slimību ierosinātāju patogenitātes pētījumi attiecībā uz citiem tauriņziežiem, lai noskaidrotu slimību izplatības potenciālu	28
2.2.3. Noslēgums.....	28
3. Starkultūras ietekme uz zirņiem kaitīgu organismu izplatību	29
3.1. Metodes.....	29
3.2. Rezultāti	29
3.3. Secinājumi.....	30
4. Zirņu ietekme uz nākamo kultūraugu ražas rādītājiem un uz augsnes kvalitāti dažādos augsnes apstrādes veidos.....	31
4.1. Metodes.....	31
4.1.1. Lauka izmēģinājuma ierīkošana un pētījuma struktūra	31
4.1.2. Mēslošanas plāns un augsnes apstrāde 2024./2025. gada sezonā.....	33
4.1.3. Augsnes paraugu analīze pirms un pēc kultūraugu sējas un slāpekļa ¹⁵ N izotopu noteikšana augsnē un kultūraugos.....	35
4.1.4. Augu augšanas apstākļu un simbiotiskās slāpekļa saistīšanas novērtējums Poķu stacionārā	36
4.2. Rezultāti	38
4.2.1. Augsnes paraugu analīze pirms un pēc kultūraugu sējas un slāpekļa ¹⁵ N izotopu noteikšana augsnē un kultūraugos.....	38
4.2.2. Augu augšanas apstākļu un simbiotiskās slāpekļa saistīšanas novērtējums Poķu stacionārā	49
4.2.3. Augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes novērtējums.....	52
4.2.4. Secinājumi par zirņu fizioloģiju un augsnes mikrobioloģisko aktivitāti atšķirīgas augsnes apstrādes apstākļos	54
4.2.5. Ražas kvalitātes un apjoma izvērtējums visos izmēģinājuma laukos.....	55
4.2.6. Kopsavilkums	57
Izmantotā literatūra	59

IEVADS

Projektā bija uzstādīti četri pētnieciskie uzdevumi:

- 1) pētīt zirņu būtiskāko kaitēkļu bioloģiju;
- 2) pētīt zirņu slimības un to ierosinātājus;
- 3) pētīt starpkultūras ietekmi uz zirņu kaitēkļu un patogēnu izplatību;
- 4) pētīt zirņu pēcietekmi un nākamo kultūraugu ražas rādītājiem un uz augsnes kvalitātes rādītājiem;

Projekta pirmā uzdevuma ietvaros pētīta zirņu tumšā tinēja (*Cydia nigricana*) bioloģija, kā arī zirņu sējumos sastopamo *Sitona* ģints smecernieku, laputu (Aphididae) un tripšu (Thysanoptera) fauna, bioloģija un potenciālais postīgums. Zirņu tumšais tinējs ir salīdzinoši sen zināma būtiska kaitēkļu suga, taču nav pieejami dati par tās fenoloģiju un potenciālo postīgumu mūsdienu agroekoloģiskajos apstākļos. No pārējām kukaiņu grupām Latvijā pieejamos informācijas avotos tiek minēta pa vienai zirņiem potenciāli postīgai sugai: zirņu svītrainais smecernieks (*Sitona lineatus*), zirņu laputs (*Acyrtosiphon pisum*) un zirņu tripsis (*Kakothrips pisivorus*). Taču Eiropā veiktu pētījumu studijas liecina, ka zirņus potenciāli var invadēt arī citi *Sitona* ģints smecernieki (Latvijā ir sastopamas vismaz 16 sugas), vairākas uz tauriņziežiem specializētas un polifāgas laputu sugas, piemēram, kartupeļu laputs *Macrosiphum euphorbiae*, *Megoura viciae* u.c., kā arī vairākas polifāgas tripšu sugas, piemēram, tabakas tripsis *Thrips tabaci*, *Frankliniella intonsa* u.c. Līdz ar to projekta pirmā uzdevuma ietvaros primārais uzsvars tika likts uz zirņu kaitēkļu faunas apzināšanu un tās fenoloģijas pētīšanu gan konvencionāli, gan bioloģiski apsaimniekotās zirņu sējplatībās.

Projekta otrā uzdevuma ietvaros uzsākti zirņu slimību un to ierosinātāju pētījumi. Latvijā tādi līdz šim sistemātiski nav veikti. Tāpat šāds zināšanu trūkums ir arī citās Eiropas valstīs. Pēdējo 20 gadu laikā Latvijā būtiski ir pieaugušas zirņu audzēšanas platības, tāpēc pastāv salīdzinoši liela varbūtība kādas vai kādu zirņu slimību epidēmijas/u attīstībai. Šī pētījuma mērķis 2025. gadā bija noskaidrot zirņu slimību sastopamību, identificēt ierosinātājus un pētīt slimību attīstības īpatnības. Lai mērķi sasniegtu tika veikti divi uzdevumi. Pirmkārt, analizēta zirņu slimību attīstības dinamika un to attīstības īpatnības dažādos agroekoloģiskajos apstākļos. Šī uzdevuma īstenošanai veikta vairākas aktivitātes:

1. Sēņu identifikācija zirņu sēklās (zirņu sēklu paraugi paņemti saimniecībās, kur tika veikti turpmākie novērojumi): iegūtas sēņu tīrkultūras, attīrītas, un veikta sākotnējā identifikācija.
2. Patogēnu identifikācija līdz ģints līmenim, izmantojot molekulāri-ģenētiskās metodes, t.i. sekvencējot atlasīto paraugu ITS reģionus.
3. Literatūras studijas un eksperimenti, lai aprobētu ģenētiski-molekulārās metodes sugu noteikšanai.
4. Slimību uzskaitē un paraugu vākšana saimniecību laukos. Sēklu analīze – oktobris līdz novembris.

Otrkārt, veikti zirņu slimību ierosinātāju patogenitātes pētījumi attiecībā uz citiem tauriņziežiem, lai noskaidrotu slimību izplatības potenciālu. Šī uzdevuma ietvaros citi tauriņzieži tika inficēti laboratorijas apstākļos ar identificētajiem patogēniem, lai noteiktu iespējamās saimniekaugus, tādējādi skaidrotu zirņu slimību saglabāšanās iespējas.

Trešā uzdevuma ietvaros pētīta zirņu kaitēkļu un patogēnu sastopamība starpkultūras platībās. Starpkultūras (uztvērējaugu un sedzējaugu) audzēšana kļūst aizvien populārāka. Dažādi tauriņzieži, tajā skaitā zirņi, regulāri tiek izmantoti šādu augu mistros, lai piesaistītu augsnei atmosfēras slāpekli. Taču pastāv bažas, ka šie augi var kalpot par barības bāzi zirņu kaitēkļiem un/vai tie var būt saimnieki patogēniem, jo nevēlamos organismus parasti šādās vietās nemonitorē un neierobežo. Potenciāli šādās platībās patvērumu un barības resursus varētu rast zirņiem postīgie *Sitona* ģints smecernieki, laputis un tripši. Tāpat iespējama ir

zirņiem postīgu patogēnu attīstība uz starpkultūras mistrā esošajiem zirņiem vai citiem tauriņziežiem. Šajā gadā šī pētnieciskā uzdevuma īstenošanas mērķis bija zirņu kaitēkļu un patogēnu klātbūtnes konstatēšana starpkultūras platībās. Iegūtās zināšanas sniegs atbildi uz jautājumu, kādus padziļinātākus kaitēkļu un patogēnu pētījumus starpkultūras platībās nepieciešams veikt turpmākajos gados.

Projekta ceturrtā uzdevum mērķis bija izvērtēt zirņu ietekmi uz nākamā kultūrauga – ziemas kviešu – ražas rādītājiem un augsnes kvalitāti dažādos augsnes apstrādes veidos, izmantojot ^{15}N izotopu analīzi un citus agroķīmiskos un mikrobioloģiskos rādītājus. Zirņu audzēšana ir nozīmīga ilgtspējīgas lauksaimniecības sastāvdaļa, jo šie pākšaugu spēj nodrošināt būtisku slāpekļa (N_2) piesaisti no atmosfēras, samazinot nepieciešamību pēc minerālmēslojuma un uzlabojot augsnes auglību (Faligowska u. c., 2022; Corre-Hellou & Crozat, 2005). Pākšaugu simbiotiskā slāpekļa fiksācija ar gumiņbaktēriju palīdzību pozitīvi ietekmē gan paša kultūrauga ražību, gan nākamā kultūrauga augšanas apstākļus un ražas kvalitāti. Meta-analīzes un lauka pētījumi rāda, ka pākšaugu iekļaušana augu maiņā ar graudaugiem palielina nākamā kultūrauga slāpekļa pieejamību un var uzlabot ražu (Knight u. c., 2012, Zao u.c., 2022). Piemēram, zirņi var fiksēt līdz 34–112 kg/ha N atkarībā no kultūrauga (pākšaugu) tipa un audzēšanas apstākļiem, kas nozīmīgi ietekmē nākamā kultūrauga slāpekļa bilanci (Kelstrup, 1996). Audzējot pākšaugus augu maiņā, tiek uzlabota augsnes organiskās vielas bilance un vispārējā augsnes auglība, jo pākšaugi, izmantojot simbiotisko slāpekļa fiksāciju, nodrošina slāpekļa uzkrāšanos nākamajiem kultūraugiem un pozitīvi ietekmē augsnes mikrobioloģisko aktivitāti (Céspedes u. c., 2022). Pētījumi Latvijas apstākļos rāda, ka zirņi organiskajā lauksaimniecībā ir piemērots kultūraugs, nodrošinot stabilu ražu un kvalitatīvu olbaltumvielu saturu (Agafonova u. c., 2011). Savukārt augsnes apstrādes intensitātei ir būtiska nozīme gumiņu veidošanās procesā, kur samazināta augsnes apstrāde un tiešā sēja zirņiem veicina labākus apstākļus gumiņu baktēriju veidošanā, savukārt tradicionālā aršana var ierobežot gumiņu attīstību un samazināt bioloģiskās slāpekļa fiksācijas efektivitāti (Faligowska u. c., 2022). Slāpekļa (^{15}N) izotopu analīze ļauj precīzi izsekot slāpekļa apriti starp zirņiem, augsni un nākamajiem kultūraugiem, identificējot gan dabisko (atmosfēras), gan mēslojuma izcelsmes slāpekli. Šī metode ir īpaši noderīga, lai izvērtētu slāpekļa izmantošanās efektivitāti un noteiktu zirņu pēcietekmi dažādos augsnes apstrādes veidos (Faligowska u. c., 2022; Kelstrup, 1996). Pēcietekme nākamajiem kultūraugiem, piemēram, ziemas kviešiem, ir atkarīga no fiksētā slāpekļa apjoma, augu atlieku iestrādes augsnē un to varētu ietekmēt arī klimatiskie apstākļi (Kelstrup, 1996; Knight u. c., 2012). Ilgtspējīgas lauksaimniecības kontekstā zirņu iekļaušana augu maiņā atbilst Eiropas Savienības Zaļā kursa mērķiem, jo tā palīdz samazināt lauksaimniecības radīto slāpekļa piesārņojumu un siltumnīcefekta gāzu emisijas, vienlaikus veicinot ilgtspējīgu ražošanu un augsnes veselības saglabāšanu (Céspedes u. c., 2022; Hupe u. c., 2024). Pētījuma ietvaros tika veikti šādi uzdevumi:

1. Ierīkos lauka izmēģinājumu Poļu stacionārā ar augu maiņu zirņi–ziemas kvieši un kontroles variantu bez augu maiņas (ziemas kvieši–ziemas kvieši) gan tradicionālajā aršanā, gan minimālajā augsnes apstrādē.
2. Ievākti augsnes paraugi pavasarī un pēc kultūraugu ražas novākšanas rudenī, analizējot pH, organisko oglekli, barības elementu rezervi un slāpekļa bilanci, izmantojot ^{15}N izotopa metodi.
3. Novērtēta simbiotiskās slāpekļa saistīšanās efektivitāte zirņos, veicot hlorofila satura mērījumus lapās un analizējot kopējo slāpekļa saturu augu masā.
4. Izvērtēta augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte pirms un pēc zirņu audzēšanas, salīdzinot dažādus apstrādes veidus.
5. Veikta pēcauga (ziemas kviešu) ražas uzskaitē un analizēts ražas apjoms un kvalitāte, lai noteiktu zirņu pēcietekmi.

1. ZIRŅIEM BŪTISKĀKO KAITĒKĻU BIOLOĢIJAS IZPĒTE

1.1. Pētījuma apstākļi un metodes

Pētījuma vietu raksturojums.

Projekta ietvaros 2025. gada zirņu sējumu ražojošajā sezonā ierīkoti četri integrētās audzēšanas sistēmas lauki Zemgalē:

- 1) Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (LBTU) Mācību pētījumu saimniecībā (MPS) “Pēterlauki” (56.510606, 23.685620),
- 2) Lauksaimniecības kooperatīvā sabiedrībā (LKS) “Dāmnieki” (56.430413, 23.284418),
- 3) Zemnieku saimniecībā (ZS) “Lazdiņi” (56.552280, 23.382260),
- 4) ZS “Dālderī” (56.621848, 24.205476).

Paralēli ierīkoti četri bioloģiskās audzēšanas sistēmas izmēģinājuma lauki Vidzemē:

- 1) ZS “Atvases” (56.797713, 24.417131),
- 2) ZS “Kalna Smīdes 1” trīs lauki (“Kalnu rāceņi” un “Pie Agras” divi lauki – 57.248799, 25.190557, 57.285650, 25.274102, 57.285826, 25.275023).

Bioloģiskās audzēšanas sistēmas laukos galvenais augsnes apstrādes veids bija minimālā augsnes apstrāde, kas ietver augsnes virskārtas diskveida lobīšanu un kultivēšanu. Sējas laiks ZS “Kalna Smīdes 1” bija 22. un 27. aprīlis, savukārt ZS “Atvases” – 28. aprīlis. Izmantota vidēji agra, augstražīga, baltziedu zirņu šķirne ‘Ingrid’, ar izsējas normu 150 dīgstošas sēklas m^{-2} (ZS “Kalna Smīdes 1”), savukārt ZS “Atvases” nav ievērots izsēto sēklu daudzums, ZS “Atvases” daļā lauka iesēta arī vidēji vēlīna zirņu šķirne ‘Bruno’ (1.1. tab.).

1.1. tabula

Bioloģiski audzēto zirņu sējplatību agrotehnika 2025. gadā

Agrotehnika Saimniecība	Priekšaug	Sējas laiks	Šķirne	Izsējas norma, (dīgsp. s. m^{-2})	Augsnes apstrāde
ZS “Atvases”	Griķi	28. aprīlis	‘Bruno’ (parauglaukums 1-1 līdz 2-4), ‘Ingrid’ (parauglaukums 3-1 līdz 4-4),	Nav ievērota izsējas norma	Minimālā augsnes apstrāde
“Kalnu rāceņi”		22. aprīlis	‘Ingrid’	150	Minimālā augsnes apstrāde
“Pie Agras” (2 lauki)		27. aprīlis	‘Ingrid’	150	Minimālā augsnes apstrāde

Zemgales laukos izvēlētās šķirnes bija ‘Ingrid’, ‘Manager’ (baltziedu dzeltenie zirņi) un ‘Ostinato’, kas ir vidēji vēla, augstražīga šķirne. Izvēlētā izsējas norma saimniecībās bija 120 dīgspējīgas sēklas m^{-2} , bet ZS “Dālderī” – 110 dīgspējīgas sēklas m^{-2} (1.2. tab.).

Atšķirībā no bioloģiskās audzēšanas sistēmas Vidzemes reģionā, dažās integrētās audzēšanas sistēmas zirņu sējplatībās Zemgales reģionā tika izmantoti augu aizsardzības līdzekļi kaitīgo organismu ierobežošanā. Pieskares iedarbības insekticīdi bija paredzēti laputu, zirņu tumšā tinēja (*Cydia nigricana*) un zirņu svītrainā smecernieka (*Sitona lineatus*) ierobežošanai. MPS “Pēterlauki” un ZS “Dālderī” netika izmantoti insekticīdi un fungicīdi, jo novēroto kaitīgo organismu izplatība nebija liela. Savukārt ZS “Lazdiņi” izmantots pieskares iedarbības insekticīds ar darbīgo vielu – cipermetīns 500 g L^{-1} , bet LKS “Dāmnieki” pieskares iedarbības insekticīds, kura darbīgā viela ir gamma-cihalotrīns 60 g L^{-1} . Visās saimniecībās tika izmantots herbicīds, lai ierobežotu zirņu sējplatības esošās nezāles.

Kā priekšaugi visās saimniecībās bija ziemas kvieši, izņemot MPS “Pēterlauki”, kur iepriekšējā sezonā lauks tika atstāts papuvē.

1.2. tabula

Integrētās audzēšanas sistēmas zirņu sējplatību agrotehnika 2025. gadā

Agrotehnika Saimniecība	Priekšaugi	Sējas laiks (izsējas norma; dīgtsp. s. m ⁻²)	Šķirne	Augu aizsardzības līdzekļi (AAL)			Augsnes apstrāde
				Insekticīds	Herbicīds	Fungicīds	
ZS “Dālderis”	Ziemas kvieši	31. marts (110)	‘Ingrid’	×	Stomp CS (pendimetalīns - 330 g L ⁻¹), Corum (imazamoks 22.4 g L ⁻¹ bentazons 480 g L ⁻¹) + Dash	×	Augsnes virskārtas diskveida lobīšana
LKS “Dāmnieki”	Ziemas kvieši	25. marts (120)	‘Manager’	Nexide CS (gamma-cihalotrīns 60 g/l (5.9%))	Stomp CS (pendimetalīns - 330 g L ⁻¹), Corum (imazamoks 22.4 g L ⁻¹ bentazons 480 g L ⁻¹) + Dash	×	Arts, kultivēšana
ZS “Lazdiņi”	Ziemas kvieši	1. aprīlis (120)	‘Ostinato’	Ciperkils 500 e.c. (cipermetrīns 500 g L ⁻¹)	Stomp CS (pendimetalīns - 330 g L ⁻¹), Corum (imazamoks 22.4 g L ⁻¹ bentazons 480 g L ⁻¹) + Dash	Mirador 250 SC (azoksistrobīns - 250 g L ⁻¹)	Arts, kultivēšan, šļūķšana
MPS “Pēterlauki”	Papuve	14. aprīlis (120)	‘Ostinato’	×	Basagran 480 (bentazons - 480 g L ⁻¹) imazamoks 22.4 g L ⁻¹ bentazons 480 g L ⁻¹) + Dash	×	Arts, pirmssējas augsnes apstrāde ar kompaktoru

Visās saimniecībās augsnes apstrādes veids bija aršana, izņemot ZS “Dālderis”, kur tika veikta augsnes virskārtas diskveida lobīšana. Sējas laiks katrā saimniecībā ir bijis atšķirīgs – ZS “Dālderis” 31. marts, LKS “Dāmnieki” – 25. marts, ZS “Lazdiņi” – 1. aprīlis un MPS “Pēterlauki” – 14. aprīlis.

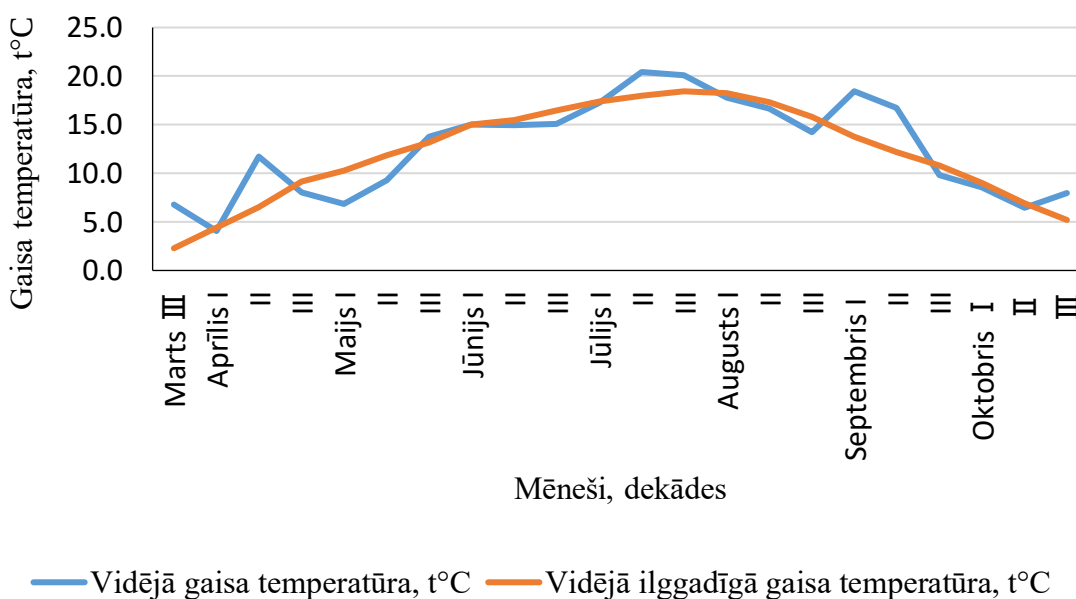
Meteoroloģiskās situācijas raksturojums.

Pavasaris (marts–maijs) visā Latvijā šogad ir bijis ar vidējo gaisa temperatūru +6.9°C, kas, pēc Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra datiem, ir par 1.0°C virs gadalaika normas. Nokrišņu daudzums marta mēnesī bija 24.0 mm, šis mēnesis bija vienīgais pavasara mēnesis, kas ir sausāks par normu. Arī aprīļa mēnesī tika novēroti dažādi diennakts, dekādes vai mēneša siltuma rekordi, kopumā, vidējā gaisa temperatūra aprīlī sasniedza +7.4°C, ar nokrišņu daudzumu – 39.2 mm. Savukārt maija pirmajā pusē vidējā gaisa temperatūra bija zemāka nekā siltuma periodos martā un aprīlī. Vidējā gaisa temperatūra šajā mēnesī sasniedza +9.4°C, kas ir 2.0°C zem mēneša normas. Kopumā, šī gada maijs ar zemajām temperatūrām ir

kļuvis par vēsāko pavasara mēnesi šajā gadsimtā. Arī nokrišņu ziņā maijs ir bijis mitrākais pavasara mēnesis, kur kopējais nokrišņu daudzums sasniedza 84.7 mm.

Vasaras mēneši šogad bija vēsāki, salīdzinot ar vairākiem iepriekšējiem gadiem. No jūnija līdz augustam vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +16.4°C, kas nozīmē, ka šī vasara ir bijusi vēsākā kopš 2017. gada. Vienīgais mēnesis, kurā tika novēroti dažādi siltuma rekordi ir bijis jūlijs, kad mēneša sākumā tika sasniegti +30°C. Jūnija kopējais nokrišņu daudzums Latvijā sasniedza 91.1 mm, kas ir par 30% virs normas, bet jūlijā – 107.0 mm, kas sasniedza 41% virs normas. Augusta vidējā gaisa temperatūra bija +15.9°C, arī šis mēnesis ir bijis vēsākais šajā gadsimtā. Nokrišņu daudzums augustā bija 73.9 mm¹. Kopumā, šī gada pavasara un vasaras meteoroloģiskie apstākļi ietekmēja zirņu augšanu un attīstību, kā arī izmainīja dažādu kaitīgo organismu izplatību un attīstību.

Integrētās saimniekošanas sistēmas laukos Zemgalē, sējas sākumā vidējā gaisa temperatūra bija +6.8°C, kas, salīdzinājumā ar vidējiem ilggadīgajiem datiem ir par 4.5°C siltāks (1.1. att.). Arī aprīļa sākumā vidējā gaisa temperatūra ir bijusi augstāka par vidējiem ilggadīgajiem datiem, tomēr, sākot ar aprīļa trešās dekādes beigās, temperatūra pazeminājās, maija pirmajā dekādē sasniedzot +6.9°C, kas ietekmē zirņu augšanu un attīstību. Jūnija mēnesī vidējā gaisa temperatūra arī bija par 0.6 līdz 1.4°C zemāka nekā vidējā ilggadīgā gaisa temperatūra. Zirņu ziedēšanas un pākstu veidošanās laikā temperatūra bija nevienmērīga, tikai jūlija otrajā un trešajā dekādē sasniedzot +20°C.

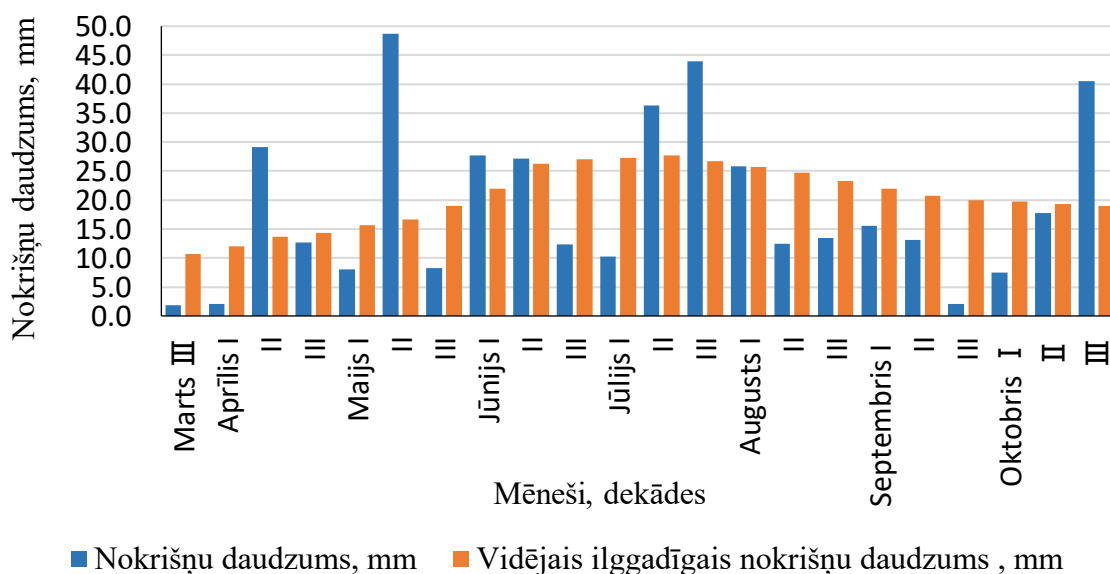


1.1. attēls. Vidējā gaisa temperatūra Zemgalē 2025. gadā, salīdzinot ar vidējiem ilggadīgajiem novērojumiem.

Marta trešā dekāde un aprīļa pirmā dekāde Zemgalē bija ar zemiem nokrišņu rādījumiem, sasniedzot 1.9 līdz 2.1 mm (1.2. att.). Aprīļa otrajā dekādē Zemgalē bija novērojami pārmitri apstākļi, kad nokrišņu daudzums bija 29.1 mm, kas ir par 15.4 mm vairāk salīdzinājumā ar vidējiem ilggadīgajiem nokrišņiem. Aprīļa trešā un maija pirmā dekāde bija salīdzinoši sausa, nolīstot par 1.6 līdz 7.7 mm mazāk nekā vidēji ilggadīgajos datos. Maija otrajā dekādē sekoja liels nokrišņu daudzums, kad vidēji nolija 48.7 mm, kas, salīdzinot ir ilggadīgiem

¹ Vasara, 2025. **No:** Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs. [Tiešsaiste] [skatīts 2025. g. 9. nov.]. Pieejams: https://klimats.meteo.lv/operativais_klimats/laikapstaklu_apskati/2025/vasara/.

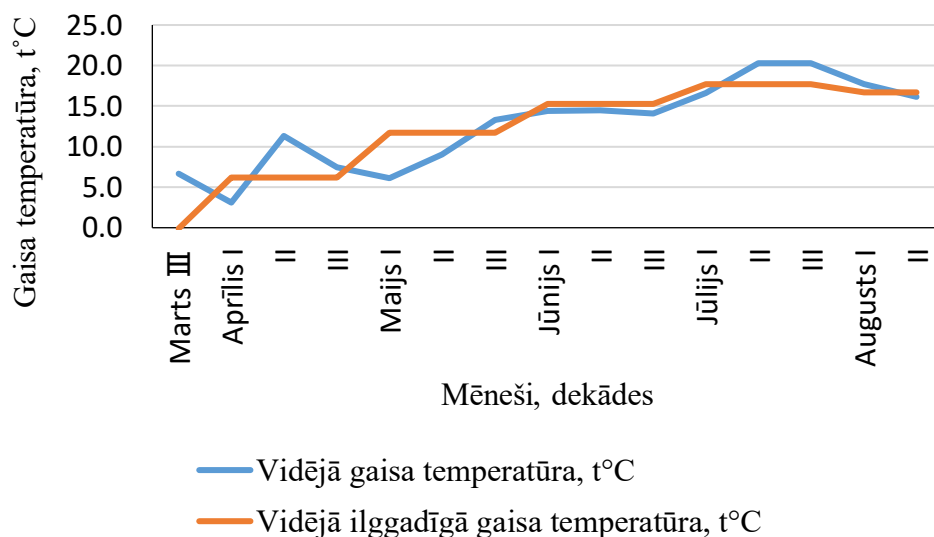
datiem ir par 32 mm vairāk. Šī iemesla dēļ, Zemgales laukos šajā periodā bija novērojama mazāka kaitēkļu aktivitāte. Tālāk sekoja salīdzinoši sausi laikapstākļi, kad vidējais nokrišņu daudzums Zemgalē maija un jūnija trešajā dekādē kā arī jūlija pirmajā dekādē bija zemāki nekā vidēji ilggadīgie nokrišņi. Izņēmums bija jūnija pirmajā un otrajā dekādē, kad nokrišņu daudzums bija par 09. līdz 5.7 mm lielāks nekā ilggadīgie rādījumi. Savukārt jūlija otrajā un trešajā dekādē nokrišņu daudzums sasniedza 36.3 līdz 43.9 mm. Mitrie laikapstākļi ietekmēja pākstu nogatavošanās periodu, kā arī kaitēkļu izplatību šajos laukos.



1.2. attēls. Nokrišņu daudzums Zemgalē 2025. gadā, salīdzinot ar vidējo ilggadīgo nokrišņu daudzumu, mm.

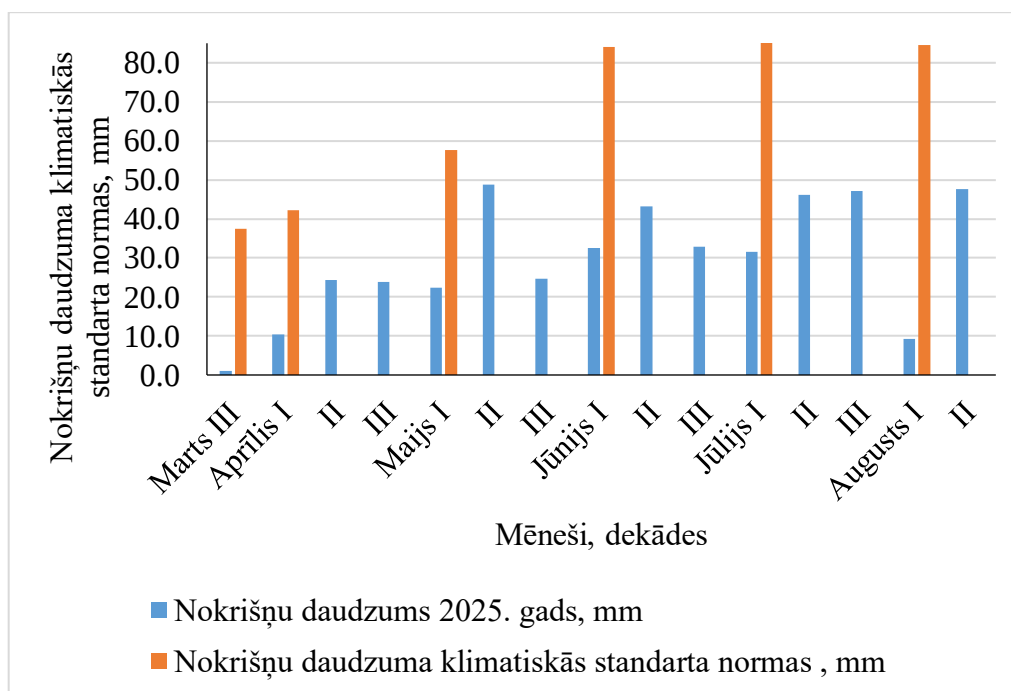
Zirņu sēja Vidzemes laukos tika veikta mēnesi vēlāk, aprīļa beigās. Vidējā gaisa temperatūra šajā laikā bija +11.4°C otrajā dekādē un +7.5°C trešajā dekādē (1.3. att.). Zirņiem dīgstu veidošanās laikā vidējā temperatūra joprojām bija zema, robežās no +6.1 līdz +9°C, bet maija trešā dekāde bija mazliet siltāka, sasniedzot +13.3°C, salīdzinot ar vidēji ilggadīgo gaisa temperatūru, tas ir par 1.6°C siltāks². Jūnija mēneša vidējā gaisa temperatūra bija robežās no +14.1 līdz +14.5°C, bet vidējā temperatūra 30 gadu laikā šajā mēnesī ir +15.3°C. Jūlija pirmā dekāde Vidzemes pusē joprojām bija ar zemākām temperatūrām (+16.6°C) salīdzinājumā ar vidējiem ilggadīgajiem datiem, kur mēneša vidējā gaisa temperatūra ir +17.7°C. Savukārt, zirņu ziedēšanas un pākstu veidošanās laikā vidējā gaisa temperatūra otrajā un trešajā dekādē sasniedz +20.3°C. Zirņu gatavības etapā, augusta pirmajā un otrajā dekādē gaisa temperatūra pazeminājās līdz +17.7°C (pirmajā dekādē) un +16.1°C (otrajā dekādē). Vidējā ilggadīgā temperatūra augusta mēnesī ir +16.7°C, kas nozīmē, ka 2025. gada gaisa temperatūra būtiski neatšķirās no pēdējo 30 gadu vidējās temperatūras.

² Latvijas klimats. No: Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs. [Tiešsaiste] [skatīts 2025. g. 11. nov.]. Pieejams: <https://videscentrs.lv/gmc.lv/lapas/latvijas-klimats>.



1.3. attēls. Vidējā gaisa temperatūra Vidzemē 2025. gadā, salīdzinot ar vidējiem ilggadīgajiem novērojumiem.

Izvērtējot vidējos nokrišņu daudzumus 2025. gadā un nokrišņu daudzuma klimatiskās standarta normas, var secināt, ka šogad esošais nokrišņu daudzums Vidzemē bija mazāks nekā pēdējo 30 gadu laikā. Aprīļa otrajā un trešajā dekādē, kad tika veikta zirņu sēja, vidējais nokrišņu daudzums bija robežās no 23.8 līdz 24.3 mm (2.4. att.). Šī mēneša nokrišņu daudzuma klimatiskās standarta normas ir 42.2 mm, tas nozīmē, ka šajā gadā nokrišņu daudzums bija uz pusi mazāks.



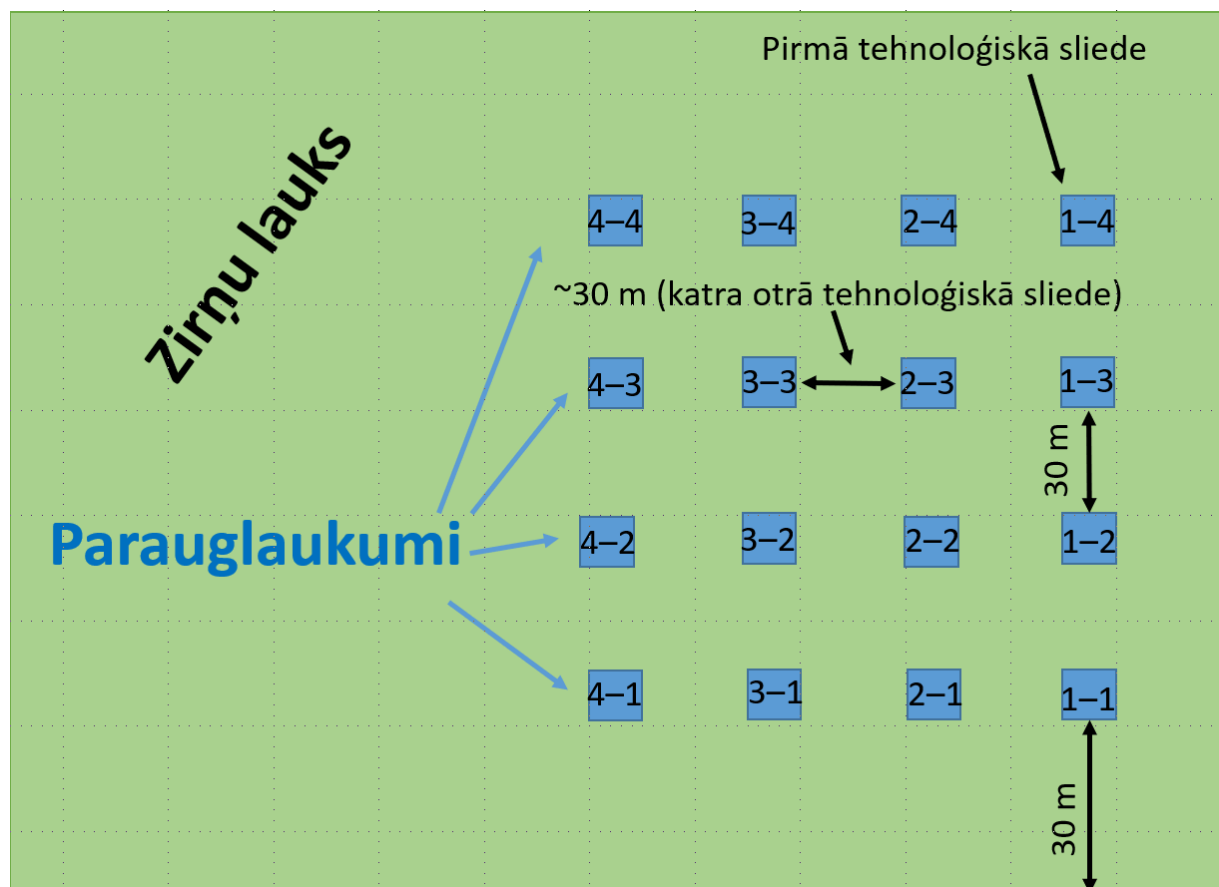
2.4. attēls. Nokrišņu daudzums Vidzemē 2025. gadā, salīdzinot ar nokrišņu daudzuma klimatiskās standarta normu.

Maija pirmā dekāde bija līdzīga aprīļa mēnesim ar 22.4 mm lielu nokrišņu daudzumu, bet zirņu sadīgšanas laikā, maija otrajā dekādē, novērojams nokrišņu daudzuma pieaugums (48.8 mm), kas ietekmēja kaitēkļu aktivitāti šajā laikā. Pēdējā maija dekādē nokrišņu daudzums bija līdzīgs mēneša sākumam un sasniedz 24.6 mm, salīdzinot ar ilggadīgajiem datiem, tas ir

par 33 mm mazāk. Līdzīgs nokrišņu daudzums ir bijis jūnija un jūlija mēnesī, kad tas bija robežās no 31.6 līdz 46.2 mm jūlija otrajā dekādē. Pēdējo 30 gadu dati liecina, ka šajos mēnešos Vidzemes pusē nokrišņu daudzuma klimatiskā standarta norma ir 84 līdz 85.2 mm. Zirņu gatavības beigās, augusta pirmā dekāde bija ar mazāku nokrišņu daudzumu (9.2 mm), bet otrā dekāde atkal bija mitra un vidējais nokrišņu daudzums sasniedz 47.6 mm, bet ilggadīgais nokrišņu daudzums augusta mēnesī ir 84.6 mm, kas ir par 33 mm lielāka nekā 2025. gadā.

Kaitēkļu pētījuma metodes.

Pēc zirņu sadīgšanas visos laukos ierīkoti 1 m² lieli parauglaukumi, katrā laukā pa četriem parauglaukumiem, četrās transektēs. Veikta parauglaukumu numerācija, kur pirmais skaitlis norāda transekti, bet otrs – parauglaukumu. Pirmā transekte ierīkota lauka malā (pirmajā tehnoloģiskajā sliedē), bet pārējās – ik pēc 30 m virzienā uz lauka vidu (2.5. att.). Katrā transektē blakus trešajam parauglaukumam novietots viens zils līmes vairogš, kas paredzēts tripsu ķeršanai. Savukārt, katrā transektē blakus ceturtajam parauglaukumam, tika novietotas vienas delta lamatas ar zirņu tumšā tinēja feromonu dispenseru (2.6. att.).



2.5. attēls. Zirņu kaitēkļu pētīšanai nepieciešamo parauglaukumu izvietojuma shēma zirņu sējplatībās 2025. gadā.

Pirmā datu ievākšana (kaitēkļu uzskaitē) notika nākamajā dienā pēc parauglaukumu iekārtošanas. Zemgales laukos – 3. maijā, bet Vidzemes laukos – 21. maijā. No zirņiem ievākti visi kaitēkļi, kas bija vai izskatījās līdzīgi zirņu svītrainajam smecerniekam, zirņu laputīm vai zirņu tripsiem. Kaitēkļi ievākti ar elektrisko ekshaustoru palīdzību, tālāk ievietoti traukā ar spirtu un etiķeti, kurā norādīta informācija ar lauka nosaukumu, parauglaukuma numuru un datumu. Blakus katram parauglaukumam randomizēti izvēlēti 10 augi, katram augam ievākta visjaunākā lapa, kas tālāk ieskenēta, lai noskaidrotu kaitēkļu radīto bojājumu attīstību. Papildus

ievākta informācija par kultūrauga attīstības etapu, gaisa temperatūru un citiem valdošajiem meteoroloģiskajiem apstākļiem.



2.6. attēls. ZS “Lazdiņi” ierīkoti zirņu kaitēkļu pētnieciskie parauglaukumi, kam blakus novietots zilais līmes vairogs (A) un delta lamatas ar zirņu tumšā tinēja feromonu dispenseru (B) 2025. gada 2. maijā.

Tālāk datu ievākšana veikta ik pēc septiņām dienām, līdz ražas novākšanai. Sākot ar otro datu uzskaiti, veikta zilo līmes vairogu nomaiņa, katru vairogu ievietojot kabatiņā ar etiķeti, kur norādīja lauka nosaukumu, transektes numuru un vairoga noņemšanas datumu, vairogi nogādāti Augu aizsardzības zinātniskajā institūtā “Agrihorts”, lai uzskaitītu tripšus. Lauka apstākļos feromonu lamatās tika saskaitīti iekritušie zirņu tumšā tinēja indivīdi. Lamatu lipīgās grīdas un feromonu dispenseru nomaiņa veikta ik pēc četrām nedēļām. Zirņu ziedēšanas sākumā (60. AE) katrā parauglaukumā randomizēti izvēlēti 10 augi, veikta ziedu uzskaitē katram augam, norādot, uz cik ziediem novēroti tripšu bojājumi. Uzskaitē veikta līdz brīdim, kad augam izveidojās pākstis (70. AE). Zirņu 60. AE uz 10 nejauši izvēlētiem augiem katrā parauglaukumā veikta zirņu tumšā tinēja olu novērošana uz augiem. Laikā, kad izveidojušās pākstis, katrā parauglaukumā ievāktas randomizēti izvēlētas 10 pākstis, kas nogādātas “Agrihorts” laboratorijā, lai noteiktu zirņu tumšā tinējam kāpuru esamību zirņu pākstīs. Uzskaitē veikta līdz zirņu pilngatavībai (89. AE). Pākstu gatavības laikā, 10 augiem saskaitītas visas pākstis un norādīts pākstu skaits ar tripšu bojājumiem.

Pēdējā uzskaites reizē, Zemgalē – 4. augustā, bet Vidzemē – 5. augustā, pirms ražas novākšanas parauglaukumos veica visu zirņu pākstu novākšanu. Katra parauglaukuma pākstis ievietoja atsevišķā maisiņā, veica piezīmes ar lauka nosaukumu un parauglaukuma numuru. Augu aizsardzības zinātniskajā institūtā pākstis izlobīja, nosakot zirņu tumšā tinēja bojāto un nebojāto sēklu daudzumu. Iegūtie rezultāti tiek izmantoti bojāto sēklu īpatsvara (%) noteikšanai.

1.2. Rezultāti

Sitona smecernieku fenoloģija.

Sitona smecernieku pirmā uzskaitē Zemgales laukos tika veikta 3. maijā, bet Vidzemes laukos 18 dienas vēlāk – 21. maijā. Zemgales laukos lielākais smecernieku skaits, pirmajā uzskaitē, tika iegūts LKS “Dāmnieki” laukā (18 smecernieki no visiem parauglaukumiem), tas varētu būt saistīts ar to, ka šajā saimniecībā bija visagrākais zirņu sēšanas laiks (25. marts), līdz ar to zirņi ātrāk bija sadīguši, salīdzinājumā ar pārējiem Zemgales laukiem. LKS “Dāmnieki” šajā uzskaitē tika ievākti 17 *Sitona lineatus* smecernieki un viens *Sitona ambiguus* smecernieks. Šis bija arī lielākais smecernieku iegūtais skaits no laukiem. Nākošajās uzskaites reizēs *Sitona smecernieku* aktivitāte bija zemāka, sasniedzot vienu līdz divus indivīdus gandrīz katrā parauglaukumā. Samazinātā aktivitāte, iespējams, ir saistīta ar meteoroloģiskajiem apstākļiem, kad vairākas uzskaites reizes bija vējainas un ar nokrišņiem. Pēdējie *Sitona lineatus* smecernieki ZS “Lazdiņi” un ZS “Dāmnieki” tika ievākti 19 jūlijā, bet ZS “Dālderī” un MPS “Pēterlauki” aktivitāte bija novērojama līdz 26. jūlijam, katrā saimniecībā ievācot no 14 līdz 16 smecerniekiem.

Vidzemes laukos, pirmajā uzskaites reizē (21.05.2025.), tika novērotas trīs dažādas *Sitona* sugas – *Sitona ambiguus* (5 smecernieki), *Sitona lineatus* (11 smecernieki) un *Sitona striatellus* (1 smecernieks). Visi smecernieki tika ievākti ZS “Atvases” laukā. Pārējos bioloģiskās augu audzēšanas sistēmas laukos pirmajā uzskaites reizē netika ievākti neviens šīs sugas kaitēklis. Salīdzinājumā ar Zemgales laukiem, Vidzemes laukos tika novērota lielāka smecernieku aktivitāte gan maijā, gan jūnijā mēnešos. Savstarpēji salīdzinot Vidzemes saimniecības, vismazākais smecernieku skaits iegūts ZS “Kalna Smīdes 1” laukos, parauglaukumos ievācot no 0 līdz 6 smecerniekiem. ZS “Atvases” ievāktais smecernieku skaits bija lielāks, vienā uzskaites reizē no parauglaukumiem ievācot vairāk par 60 smecerniekiem. *Sitona smecernieku* aktivitāte visos laukos beidzās 25. jūnijā, kad tika ievākti pēdējie šīs sugas kaitēkļi.

Laputu un tripsu fenoloģija.

Laputu aktivitāte parauglaukumos tika novērota, sākot ar 14. jūniju, kad ZS “Dālderī”, 3-3 parauglaukumā tika ievāktas trīs laputis, bet MPS “Pēterlauki”, dažādos parauglaukumos arī kopā tika ievāktas trīs laputis. Abos laukos šīs laputis piederēja *Macrosiphum euphorbiae* sugai. Laputu aktivitāte abās iepriekš minētajās saimniecībās tika novērota līdz 26. jūlijam. Vislielākais skaits no šīs sugas vienā parauglaukumā ievākts ZS “Dālderī” (6. jūlijā), kad 4-3 parauglaukumā ievāktas 223 laputis, bet kopumā šajā dienā ievāktas 815 laputis. Savukārt MPS “Pēterlauki” lielākais laputu skaits iegūts 28. jūnijā (426 laputis). Pārējās Zemgales saimniecībās (LKS “Dāmnieki” un ZS “Lazdiņi”) laputu izplatība sākās 21. jūnijā, abās saimniecībās kopā ievācot trīs laputis. LKS “Dāmnieki” pēdējie šīs sugas kaitēkļi ievākti 6. jūlijā, kopā ievācot 115 laputis. Savukārt, ZS “Lazdiņi” 19. jūlijā tika ievāktas pēdējās 2 laputis.

Visos četros Zemgales laukos pie zilajiem līmes vairogiem nebija novērots neviens tripsis.

Bioloģiskās sistēmas laukos, sākot ar 10. jūniju sāka novērot laputu izplatību. Trijos no četriem laukiem kopā ievāktas 50 laputis. Tikai ZS “Atvases” šī suga sāka parādīties pēc nedēļas (17. jūnijā). Visilgākā laputu esamība zirņu parauglaukumos tika novērota vienā no ZS “Kalna Smīdes 1” laukiem, kur 14. jūlijā tika ievākti pēdējās 12 laputis no četriem parauglaukumiem. Pārējos laukos laputis bija novērojamas līdz 8 jūlijam. Lielākais laputu skaits ZS “Kalna Smīdes 1” laukos tika iegūts 17. jūnijā (421 laputs) un 1. jūlijā (295 laputs) no visiem trijiem laukiem kopā. Savukārt, ZS “Atvases”, 25. jūnijā tika ievāktas 65 laputis, kas ir bijis lielākais skaits visā laputu izplatības laikā.

Vidzemes laukos tika novērots viens tripsis (*Merothripidae* Gen. sp.), kuru bija iespējams identificēt tikai līdz dzimtas līmenim. Tripsis ievākts 28. jūlijā ZS “Kalna Smīdes 1” saimniecībā, “Kalna rāceņi” 2-3 parauglaukumā. Šīs dzimtas tripši ir maz pazīstami. Lielāka daļa sugu ir sastopami tropu un subtropu reģionos, bet atsevišķas sugas periodiski tiek novērotas arī mērenā klimata joslā. Šie tripši pārtiek no sēnēm un lielākoties dzīvo augu nobīrās jeb detritā. Līdz ar to parauglaukumā konstatētais tripsis nav uzskatāms par kultūraugu kaitēkli.

Latvijā un daudzviet citur pasaulē laputi *M. euphorbiae* dēvē par kartupeļu laputi. Neskatoties uz nosaukumu, kartupeļu laputs ir polifāga suga, kura invadē dažādus augus – gan savvaļas, gan kultivētos. Turklāt daudzviet pasaulē šī laputu suga tiek minēta starp ekonomiski nozīmīgiem zirņu u.c. tauriņziežu kaitēkļiem. Latvijā līdz šim oficiāli kartupeļu laputs uz zirņiem nav bijusi novērota. Šī pētījuma ietvaros laputis tika noteiktas izmantojot tīmekļa vietnē ‘Blackman & Eastop's Aphids on the World's Plants’ (<https://aphidsonworldsplants.info/>) pieejamos materiālus, kuri ir uzskatāmi par pilnīgākajiem un precīzākajiem informācijas avotiem. Taču Latvijā šobrīd nav neviena zinātnieka – laputu speciālista. Līdz ar to nepieciešams, lai mūsu ievāktās laputis pārbaudītu kāds ārvalstu speciālists, lai apstiprinātu sugas noteikšanas pareizību.

Zirņu tumšā tinēja fenoloģija.

Nevienā no Zemgales laukiem, visā datu ievākšanas periodā, netika ievākts neviens Zirņu tumšais tinējs no izvietotajām lamatām. Veicot Zirņu tumšā tinēja olu uzskaiti, divas olas pie zieda tika novērotas 28. jūnijā MPS “Pēterlauki” laukā, bet ZS “Lazdiņi” 6. jūlijā, dažādos parauglaukumos kopā tika saskaitītas 20 olas. Izvērtējot zirņu tumšā tinēja kāpuru esamību pākstīs, MPS “Pēterlauki” un ZS “Dāmnieki” 7. jūlijā tika novēroti trīs kāpuri (divi MPS “Pēterlauki” un viens ZS “Dāmnieki”). ZS “Dāmnieki” arī 1. jūlijā (4) un 19. jūlijā (1) tika novērota šī kāpura esamība pākstīs. ZS “Lazdiņi” laukā tikai 12. jūlijā tika ievāktas 4 pākstis ar kāpuru katrā.

Vidzemes laukos šīs sugas kaitēklis bija biežāk sastopams, salīdzinājumā ar Zemgales laukiem. Zirņu tumšais tinējs visos laukos sāka parādīties 21. jūlijā, kad ZS “Kalna Smīdes 1” visos trijos laukos kopā lamatās tika saskaitīti 138 šīs sugas kaitēkļi, bet ZS “Atvases” – 25 Zirņu tumšie tinēji. Veicot lauku apskati pēc nedēļas (29. jūlijā), tika ievākti pēdējie Zirņu

tumšie tinēji – 21 “Kalna rāceņi” laukā un 15 ZS “Atvases” laukā. Zirņu tumšā tinēja olas netika novērotas nevienā Vidzemes laukā visā uzskaites periodā. ZS “Kalna Smīdes 1” laukos kāpuru esamība pākstīs tika novērota sākot ar 21. jūliju – kopumā divi kāpuri, bet 28. jūlijā četri kāpuri trīs laukos. Agrāka kāpuru esamība pākstīs tika novērota ZS “Atvases” laukā, 15. jūlijā tika ievāktas piecas pākstis ar vienu tumšā tinēja kāpuru katrā. Nākošajā uzskaites laikā (21. jūlijā), pa vienam kāpuram tika novērots 16 zirņu pākstīs no visiem parauglaukumiem kopā, bet 28. jūlijā no visiem parauglaukumiem, 34 pākstīs bija zirņu tumšā tinēja kāpurs.

Kaitēkļu postīgums.

Lai izvērtētu *Sitona* smecernieku un laputu kaitēkļu postīgumu zirņu laukos, no parauglaukumu uzstādīšanas brīža, līdz uzskaites beigām, katru nedēļu tika skenētas zirņu lapas. Iegūtie attēli tiks analizēti ziemas periodā, kad tiks novērtēts šo kaitēkļu radītais lapu bojājums zirņu sējumos. Taču jau šobrīd var uzsvērt, ka 2025. gadā ne *Sitona* ģints smecernieki, ne laputis neradīja būtiskus traucējumus zirņu attīstībai un ražas producēšanai. Šo kaitēkļu populācijas pētījuma vietās bija salīdzinoši mazas.

Zirņu laukos tika veikta arī tripšu radīto bojājumu novērtēšana gan uz ziediem, gan pākstīm. Tripšu bojājumi uz ziediem netika novēroti ne integrētās saimniekošanas sistēmas laukos (Zemgalē), ne bioloģiskās saimniekošanas laukos Vidzemē. Radītais bojājums uz pākstīm tika novērots Zemgales laukos; 6. jūlijā ZS “Dālderī” 2-4 parauglaukumā tika novērota viena pāksts un ZS “Lazdiņi” 1-4 parauglaukumā arī viena pāksts, ar tripšu radītiem bojājumiem. MPS “Pēterlauki” 19. jūlijā no visiem parauglaukumiem piecas pākstis bija šī kaitēkļa bojātas. Nelielais tripšu radītais bojājumu apjoms saskan ar to, ka šīs grupas kaitēkļi pētījumu sezonā parauglaukumos un uz zilajiem līmes vairogiem netika novēroti.

Zirņu tumšā tinēja radītais postīgums tika noteikts īsi pirms kulšanas, ievācot pākstis no parauglaukumiem, tālāk izsakot bojāto sēklu īpatsvaru. Izvērtējot Zemgales laukus, lielākais, procentuāli bojāto sēklu īpatsvars tika iegūts ZS “Dālderī” parauglaukumos. Zirņu tumšā tinēja kāpuru bojātās sēklas šajā laukā bija robežās no 7.79 līdz 18.52%. Vidēji ZS “Dālderī” parauglaukumos tika iegūtas 1649 kopējo sēklu, no kurām, vidēji 234 bija bojātas, kas sastādā 14.18%. Pārējos integrētās sistēmas laukos bojāto sēklu īpatsvars nepārsniedza 1%. MPS “Pēterlauki” vidēji visos parauglaukumos tika ievāktas 2939 sēklas, ar bojāto sēklu īpatsvaru – 0.31%. Lielākais sēklu skaits tika iegūts LKS “Dāmnieki” parauglaukumos, kas bija robežās no 2888 līdz 3101 sēklas parauglaukumā, sastādot 0.13% ar bojātajām sēklām. ZS “Lazdiņi” laukā bojāto sēklu īpatsvars bija robežās no 0 līdz 0.84% ar vidēji 6.2 bojātām sēklām parauglaukumā.

Izvērtējot bioloģiskās sistēmas laukus, var secināt, ka lielākais skaits ar bojātajām sēklām bija ZS “Atvases” laukā, iegūstot arī mazāku kopējo sēklu skaitu, salīdzinājumā ar Zemgales laukiem. Vidēji parauglaukumos tika iegūtas 799 sēklas, no kurām 61.56 jeb 7.94% bija bojātas. Salīdzinājumā ar integrētās saimniekošanas lauku ZS “Dālderī”, tas ir par 10.58% mazāk. Parauglaukumos, kas atradās ZS “Kalna Smīdes 1” laukos, “Kalna rāceņi” laukā bojāto sēklu īpatsvars parauglaukumos bija robežās no 0 līdz 2.12%. Vidēji visos parauglaukumos šajā laukā tika iegūtas 6.81 bojāta sēkla (sēklu skaits – 1605). Laukos, kas atradās “Pie Agras”, vienā laukā vidēji tika iegūtas 870 sēklas ar 1.58% bojāto sēklu īpatsvaru. Otrā laukā iegūtie bojāto sēklu īpatsvara rādītāji bija mazliet lielāki. Kopumā tika iegūtas 576 līdz 1149 kopējās sēklas (vidēji – 864), no kurām bojātas bija robežās no 0.65 līdz 6.65% (vidēji – 2.61%).

1.3. Secinājumi

1. Latvijas zirņu sējumos novērotas trīs potenciāli postīgas *Sitona* ģints smecernieku sugas, viena laputu suga (visticamāk kartupeļu laputs *Macrosiphum euphorbiae*) un zirņu tumšais tinējs; zirņiem postīgi tripši netika novēroti.

2. Relatīvi būtisku kaitējumu zirņiem nodarīja tikai zirņu tumšais tinējs – atsevišķos pētītajos laukos tā bojāto zirņu sēklu īpatsvars ražā bija salīdzinoši liels.
3. Pastāv liela varbūtība, ka 2025. gadā pētījuma rezultātus būtiski ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi. Salīdzinoši vēsajā un lietainajā veģetācijas periodā kukaiņu aktivitāte varēja būt būtiski zemāka nekā tradicionālos meteoroloģiskos apstākļos. Tāpēc zirņu kaitēkļu pētījumu jāturpina.

2. ZIRŅU PATOGĒNU PĒTĪJUMS ZIRŅU SĒJPLATĪBĀS

2.1. Metodes

2.1.1. Sēņu tīrkultūru iegūšana un identifikācija

Zirņu slimību ierosinātāju identifikācijai ir jāiegūst sēņu tīrkultūras (izolāti). Audu gabaliņus ar slimības pazīmēm uzliek uz barotnes. Izaugušās sēņu kolonijas pārsēj, un ja nepieciešamas pārsēj vēlreiz, lai attīrītu no citu mikroorganismu klātbūtnes. Tālākiem pētījumiem izmanto ģenētiski viendabīgu materiālu. Tādēļ katrā Petri platē ievieto vienu sporu vai jaunās hifas galiņu. Šādi iegūtas tīrkultūras sauc par izolātiem.

Sēņu tīrkultūras iegūtas gan no sēklām (vizuāli nebojātām), gan augu audiem (lapas, stublāji, pākstis) ar redzamiem slimību simptomiem. No katra sēklu parauga (aptuveni 500 gr.) randomizēti paņemti 50 zirņi, katra zirņu sēkla pārgriežta uz pusēm un viena puse uzlikta uz barotnes.

Barotņu sagatavošana. Sēņu izolācija, pārsēšana un attīrīšana veikta uz kartupeļu dekstrozes agara (PDA). Izmantots rūpnieciski gatavots maisījums, kam pievienots agars. Pēc sterilizācijas barotnei pievienotas antibiotikas streptomicīns (100 mg L^{-1}) un penicilīns (100 mg L^{-1}). Gatavā barotne salieta Petri platēs turpmākai izmantošanai.

Tīrkultūru iegūšana. Paraugu uzsēšana, pārsēšana un attīrīšana veikta sterilos apstākļos.

Pirms augu materiāla uzlikšanas uz barotnēm zirņu audi sterilizēti. Sēklas sterilizētas 70% etilspirtā 15 sekundes, pēc tam 1% nātrija hipohlorīta šķīdumā (NaOCl) vienu minūti. Bojāto audu daļas sterilizētas tikai NaOCl . Pēc sterilizācijas paraugi trīs reizes skaloti sterilizētā ūdenī un tad novietoti uz barotnes. Katrā Petri platē liek piecas sēklu pusītes vai piecus audu gabaliņus.

Tīrkultūru ieguvei no jaunajām kolonijām vienu hifas galiņu (izmantojot stereomikroskopu) pārsēj tīrā barotnē.

Sēņu koloniju morfoloģisko īpatnību raksturošanai sēnes kultivētas septiņas dienas 20°C temperatūrā, tumsā. Novērtēta micēlija krāsa, faktūra, barotnes krāsošanās un citas pazīmes.

Paraugu sagatavošana molekulāri-ģenētiskajai identifikācijai. DNS izdalīšanai no sēņu micēlija izmantots “ThermoScientific Phire Animal Tissue Direct PCR kit (kataloga numurs #F-140WH)” komplekts. Turpmākās darbības veiktas saskaņā ar ražotāja norādīto protokolu. Neliels daudzums svaiga micēlija pārņests uz mikrocentrifūgas mēģeni, kas saturēja $30 \mu\text{L}$ atšķaidīšanas bufera, kam pievienoti $0,75 \mu\text{L}$ DNS atbrīvošanas reaģenta. Paraugs viegli sakratīts un centrifugēts, lai nodrošinātu tā viendabīgumu. Šūnu sadalīšana un DNS atbrīvošana veikta, inkubējot paraugus 5 minūtes istabas temperatūrā, kam sekoja 2 minūšu inkubācija 98°C iepriekš uzsildītā termoblokā. Pēc inkubācijas paraugi centrifugēti un uzglabāti -20°C temperatūrā turpmākām analīzēm.

Sēņu identifikācijai līdz ģints līmenim izmanto ITS reģionu (*internal trascriber spacer*/ribosomālās/DNS daļa, kas atrodas starp gēniem, kas kodē ribosomu RNS). DNS daļas amplifikācijai (pavairošanai) izmanto universālo praimerus (**īsi, mākslīgi sintezēti DNS fragmenti**) **ITS1F** (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') un **ITS4** (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Polimerāzes ķēdes reakcija (PCR) veikta, izmantojot sekojošu termociklēšanas programmu: sākotnējā denaturācija 95°C temperatūrā 5 minūtes, kam sekoja 30 cikli — denaturācija 95°C temperatūrā 1 minūti, oligonukleotīdu pāri (praimeru) piesaistīšanās 55°C temperatūrā 1 minūti un pagarināšana 72°C temperatūrā 1 minūti. Reakcijas beigās veikta galīgā pagarināšana 72°C temperatūrā 10 minūtes, pēc kuras paraugi uzturēti 4°C temperatūrā.

PCR produkti analizēti ar **1.5% agarožu gēla elektroforēzi**, lai apstiprinātu veiksmīgu amplifikāciju pirms tālākas paraugu attīrīšanas un sagatavošanas sekvenčēšanai.

Sekvenčēšana veikta Latvijas Biomedicīnas pētījumu un studiju centrā (BMC). Filoģenētiskais koks konstruēts, izmantojot “neighbor-joining” metodi, balstoties uz no izolātiem iegūtajām *ITS* reģiona sekvenčēm un references sekvenčēm no ASV Nacionālā biotehnoloģijas informācijas centra (NCBI) datubāzes.

2.1.2. Novērojumi saimniecību laukos

Veģetācijas sezonā regulāri veikta saimniecību lauku apsekošana, lai novērtētu slimību sastopamību un vāktu paraugus patogēnu identifikācijai.

Slimību sastopamība vērtēta dīgšanas laikā, pākšu veidošanās un gatavošanās fāzē (2.1. tabula).

Visās novērojumu reizēs simptomātiskie augi ievākti un nogādāti laboratorijā. Laboratorijā bojātie audi uzsēti, iegūtas tīrkultūras sekojošām analīzēm.

Patogenitātes testam iesētas lauka pupas un sējas vīķi laboratorijas apstākļos. Novērojumi turpināsies ziemas un pavasara periodā.

2.1. tabula

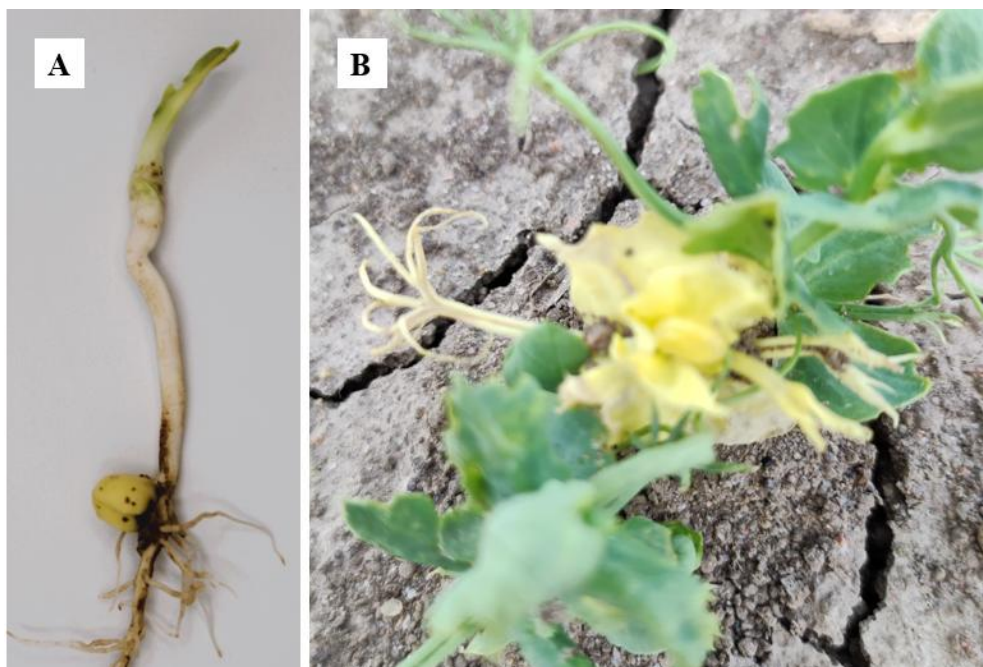
Apsektie lauki un novērošanas datumi				
Vieta	Lauka nosaukums	Koordinātes	Novērojumi	
			Datums	Fāze un etaps BBCH
Bioloģiskās saimniecības				
Cēsu novads	Kalna Rāceņi	57.248799; 25.190557	20.05	08-09; dīgšana
			27.06	65-67; ziedēšana
			17.07	75; pākšu veidošanās
			30.07	81–85; gatavošanās
Cēsu novads	Pie Agrabas	57.285650; 25.274102	20.05	08-09; dīgšana
			27.06	65-67; ziedēšana
			17.07	75; pākšu veidošanās
			30.07	81–85; gatavošanās
Daugmale	Atvases	56.797713; 24.417131	20.05	08-09; dīgšana
			27.06	65-67; ziedēšana
			17.07	75; pākšu veidošanās
			30.07	81–85; gatavošanās
Konvencionālās saimniecības				
Jelgavas novads, Iecava	Dālderī	56.621848; 24.205476	19.05	11-12; pirmās īstās lapas
			26.06	71-73; pākšu veidošanās
			17.07	77; 70% pākšu sasniegušas raksturīgo garumu
			31.07	85; augļu nogatavošanās
Jelgavas novads	Poķi	56.511633, 23.687063	19.05	11-12; pirmās īstās lapas
			26.06	71-73; pākšu veidošanās
			16.07	77; 70% pākšu sasniegušas raksturīgo garumu
			31.07	85; augļu nogatavošanās
Dobeles novads, Krimūnas	Lazdiņi	56.552280; 23.382260	19.05	11-12; pirmās īstās lapas
			26.06	71-73; pākšu veidošanās
			16.07	79; zaļgatavība
			31.07	85; augļu nogatavošanās
Dobeles novads, Bukaiši	Dāmnieki	56.430413; 23.284418	19.05	11-12; pirmās īstās lapas
			26.06	71-73; pākšu veidošanās
			16.07	79; zaļgatavība
			31.07	85; augļu nogatavošanās

2.2. Rezultāti

2.2.1. Zirņu slimību attīstības dinamika un to attīstības īpatnības dažādos agroekoloģiskajos apstākļos

Slimības zirņu dīgšanas un lapu veidošanās laikā. Pētījumu uzsākot, bija nepieciešams noskaidrot, kādas sēnes ir sastopamas zirņu sēklās. Paraugs paņemts bioloģiskajā saimniecībā “Atvases”. Sēklu paraugos dominēja *Alternaria* ģints un Didymellaceae dzimtas sēnes (2.2. att. un 2.3. att.). Par *Alternaria* ģints sēnēm attiecībā uz pākšaugiem ir maz pētījumu un to loma slimību izraisīšanā nav skaidra. Didymellaceae dzimtas sēnes ir visvairāk pētītās un aprakstītās zirņu slimību ierosinātājas, taču ir liela neskaidrība par to taksonomiju. Pašreizējā zināšanu līmenī droši var identificēt tikai dzimtu, pat ne ģinti.

Zirņu dīgšanas laikā un pirmo īsto lapu fāzēs visos laukos (gan konvencionālajos, gan bioloģiskajos) novērota dīgstu izkrišana un/vai vīte (2.1. att.). Slimības izplatība bija zema – konvencionālajos laukos <0.5%, bet bioloģiskajos 0.5% – 1.0%.



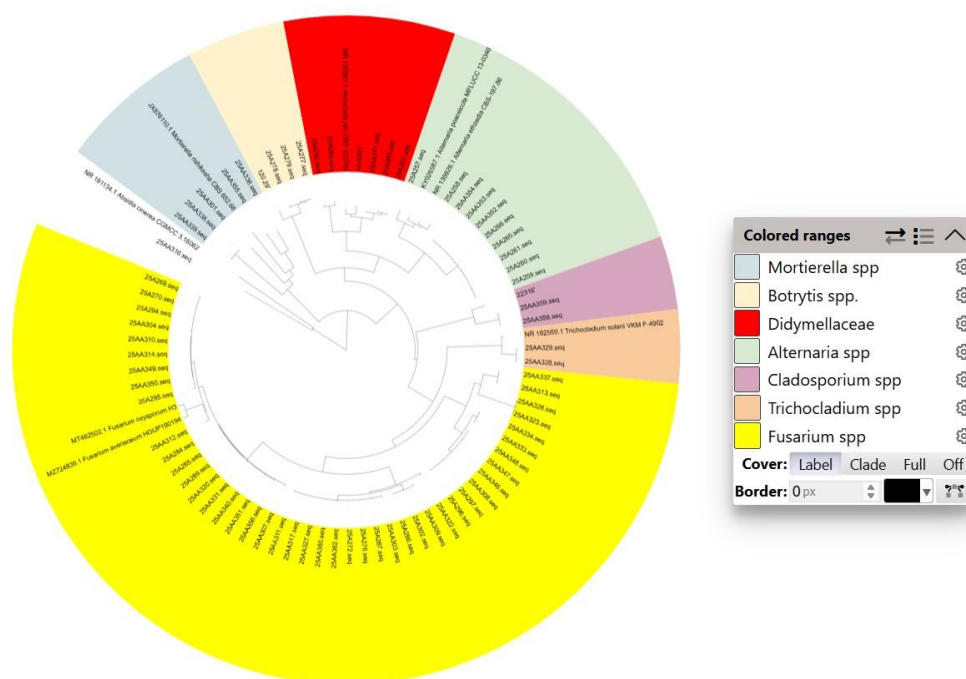
2.1. attēls. Dīgstu izkrišana (A) un vīte (B).

Dīgstu izkrišanu var ierosināt vairāki patogēni, tomēr slimības pazīmes ir līdzīgas vai pat vienādas. Lauka apstākļos atpazīt slimības ierosinātāju parasti nav iespējams. Turklāt mērenā klimata apstākļos slimība var būt kompleksa – vienu un to pašu augu vienlaikus bojā vairāki patogēni.

Dīgstu un sakņu puvi izraisa mikroorganismi no dažādām mikroorganismu valstīm. Mērenā klimata zonā visbiežāk slimību izraisa mikroorganismi no Chromista valsts, Oomycota nodalījuma: *Aphanomyces*, *Globisporangium* (iepriekš *Pythium*), *Phytophthora* ģintīm; kā arī patogēni no Mycota (sēņu) valsts – *Fusarium* un *Rhizoctonia* ģintīm. Tomēr sastopamas arī citas sēnes – *Ilyonectria destructans* (syn. *Cylindrocarpon destructans*), *Cladosporium* spp. u.c.

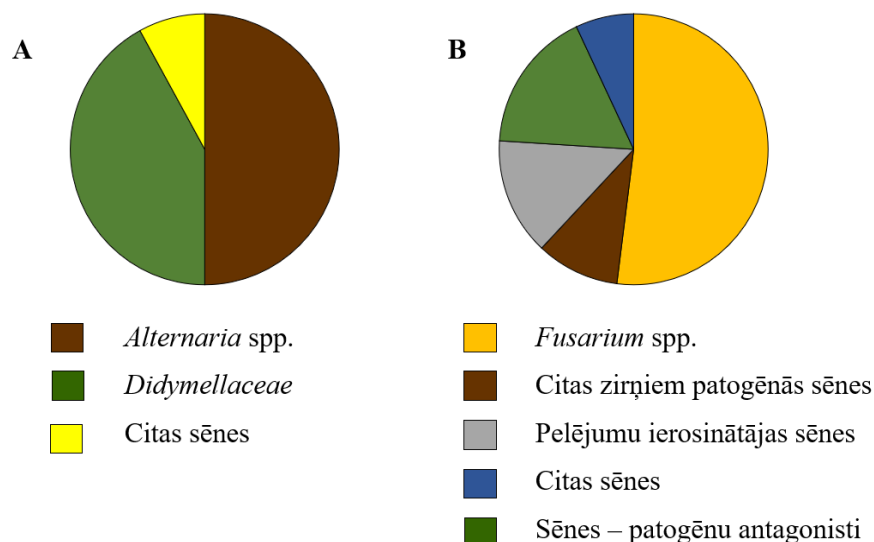
No bojātajiem augiem, kas savākti pirmo lapu fāzē, iegūtas 93 sēņu tīrkultūras. Sākotnējā posmā, izmantojot morfoloģiskās pazīmes un molekulāri-ģenētiskās metodes (ITS reģiona sekvences), sēnes ir identificētas līdz ģints/dzimtas līmenim.

Starp 93 sēņu tīrkultūrām bija slimību ierosinātāji, kas bojā lapas un pākstis (Didymellaceae dzimta u.c.), gan augsnē dzīvojošās sēnes (*Trichoderma* u.c.), gan arī dīgstu izkrišanas un vītes ierosinātāji (2.2. att. un 2.3. att.).



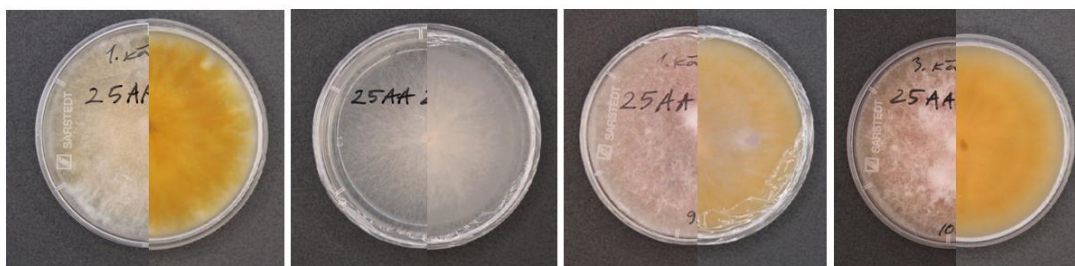
2.2. attēls. Sākotnējais filoģenētiskais koks: atšķirīgas krāsas norāda uz izolātu piederību ģintīm un Didymellaceae dzimtai.

No bojātajiem dīgstiem galvenokārt (52%) izolētas *Fusarium* ģints sēnes. *Fusarium* ģintī ir vairāki simti sugu, liela daļa no tiem ir būtiski augu patogēni, bet sastopami arī saprotrofi un citu mikroorganismu antagonisti. *Fusarium* ģints sēnes visbiežāk ierosina vīti, taču var bojāt arī sakņu kaklu un stublājus, tajā skaitā izraisīt dīgstu bojā eju. *Fusarium* sugu identifikācijai nepieciešamas turpmākās analīzes, izmantojot specifiskus praimerus.



2.3. attēls. Ģinšu vai ekoloģisko grupu proporcija izolātos, kas iegūti no sēklām (A) un bojātajiem dīgstiem (B).

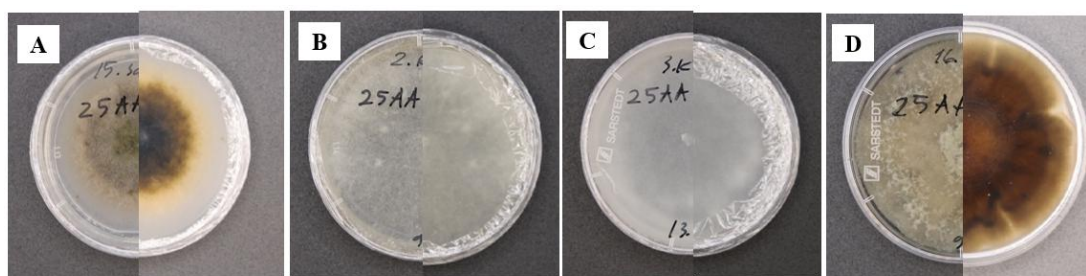
Fusarium izolātu morfoloģiskās pazīmes bija atšķirīgas, tāpēc ir pamats uzskatīt, ka sastopamas vairākas *Fusarium* sugas (2.4. att.). *Fusarium* sugu noteikšanai ir būtiska nozīme, jo dažādas sugas ieņem atšķirīgas ekoloģiskās nišas.



2.4. attēls. *Fusarium* spp. kolonijas (augšpuse un apakšpuse), kas iegūtas no bojātiem zirņu dīgstiem.

Citi, iespējams, zirņu patogēni izolēti un identificēti 10% gadījumu, atrastas Didymellaceae dzimtas sēnes, *Botrytis*, *Pythium* un *Alternaria* ģints sēnes (2.5. att.). Visi minētie patogēni var ierosināt dīgstu puvi dažādiem augiem, tajā skaitā zirņiem.

Pētījumi pierāda, ka zirņu sēklas var būt nozīmīgs infekcijas avots, jo *Fusarium* spp. var izraisīt vīti arī vēlākās attīstības fāzēs. Sēnes no *Didymellaceae* dzimtas tiek uzskatītas par visnozīmīgāko zirņu patogēnu, jo bojā gan lapas, gan pākstis. Turpmākajos pētījumos jānoskaidro šīs dzimtas patogēnu ģintis un sugas, jo literatūrā ir pretrunīgi dati par konkrētu ģinšu un sugu sastopamību.



2.5. attēls. Mikroorganismu kolonijas (augšpuse un apakšpuse), kas izolēti no bojātajiem zirņu dīgstiem: A – *Didymellaceae*; B – *Botrytis* sp.; C – *Pythium* sp.; D – *Alternaria* sp.

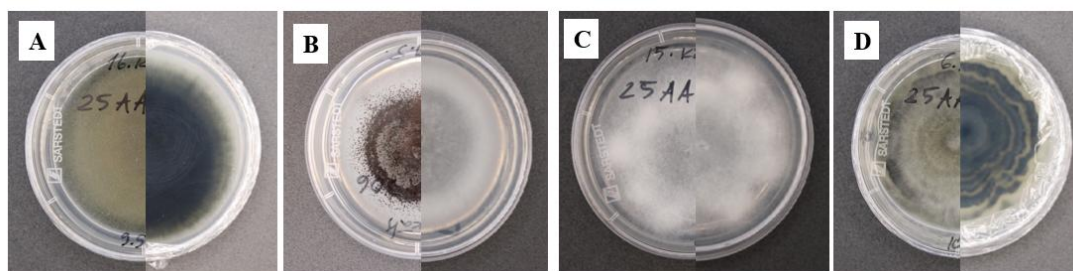
No bojātajiem zirņu dīgstiem un jaunajiem augiem izolētas vairākas sēnes, kas nav patogēni, bet nelabvēlīgos apstākļos izraisa pelējumu. Pelējumu ierosinātāji bija 14% no visiem izolātiem. Šo sēņu identifikācija atvieglos turpmāko darbu, jo jau pēc koloniju morfoloģiskajām pazīmēm varēs atpazīt šo ģinšu sēnes (2.6. att.).

Cladosporium ģints sēnes ir atrodamas visās vidēs, parasti attīstās tikai uz atmirušiem audiem, bet augam nelabvēlīgos apstākļos var inficēt arī dzīvus augus.

Aspergillus ģints ir plaša, tajā ir vairāk nekā 800 sugu, kas ieņem atšķirīgas ekoloģiskās nišas. Vairums no tām ir atrodamas visdažādākajās vidēs, tajā skaitā augsnē.

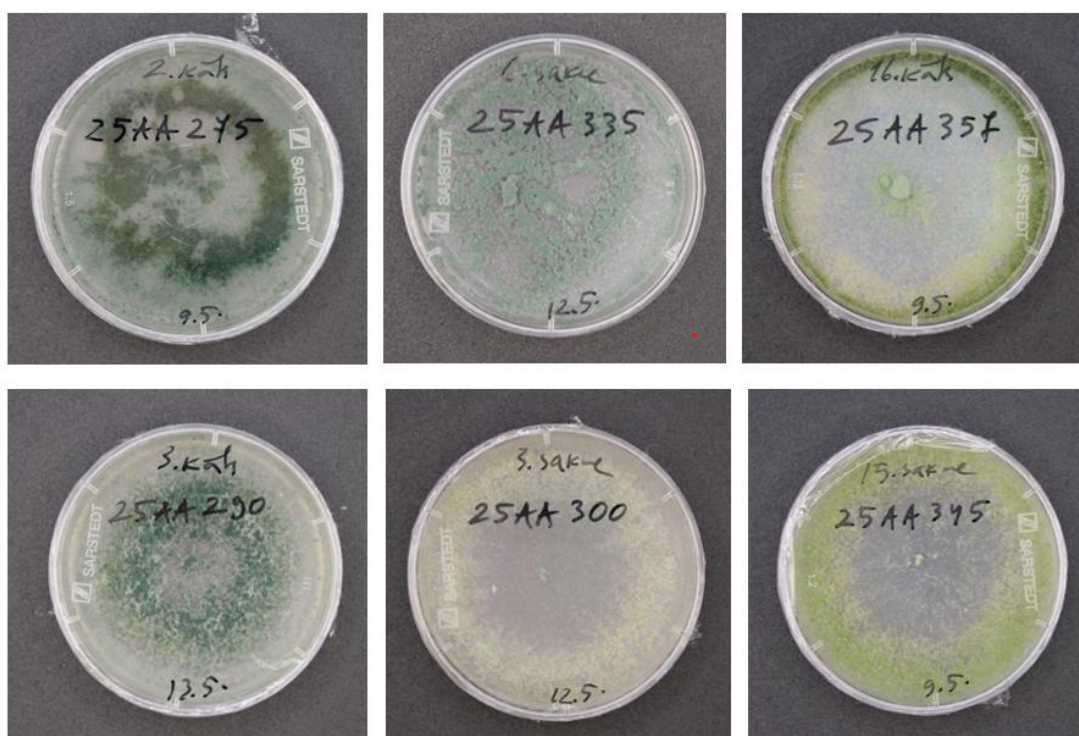
Mortierella ģintī ir vairāk nekā 80 sugu, visbiežāk attīstās augsnē vai atmirušajā organiskajā vielā.

Trichocladium ģints sēnes sastopamas reti, visbiežāk to uzskata par saprotrofu, taču iespējams, inficē arī augus.



2.6. attēls. Sēņu, kas dzīvo augsnē un/vai izraisa pelējumus kolonijas (augšpusē un apakšpusē): A – *Cladosporium*; B – *Aspergillus* sp.; C – *Mortierella* sp.; D – *Trichocladium* sp.

Gan zirņu sēklās, gan bojātajās augu daļās atrastas *Trichoderma* ģints sēnes, un dažos gadījumos arī *Clonostachys* spp. *Trichoderma* spp. tiek plaši lietota bioloģiskajā augu aizsardzībā. Arī dažas *Clonostachys* sugas ir pazīstamas kā citu sēņu un nematožu parazitāri. Nepieciešami tālāki pētījumi, lai saprastu šo sēņu lomu zirņu sējumos. *Trichoderma* spp. ir atrodamas gan bioloģiskajos, gan konvencionālajos zirņu sējumos. *Trichoderma* spp. izolāti morfoloģiski ir atšķirīgi (2.7. att.). tas dod pamatu uzskatīt, ka sastopamas dažādas sugas, kuru identificēšanai nepieciešami turpmākie pētījumi.



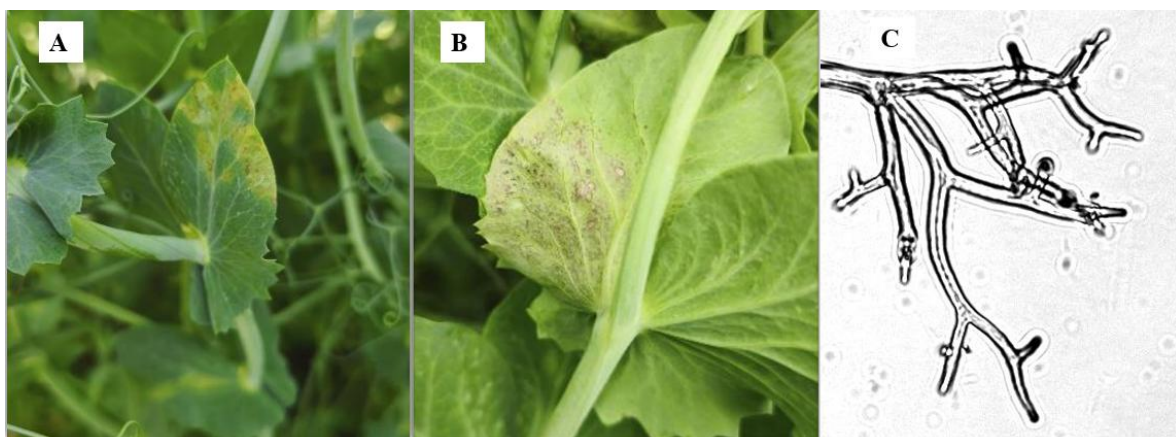
2.7. attēls. *Trichoderma* ģints sēņu kolonijas – micēlija krāsa un faktūra.

Pārējās sēnes (galvenokārt no Bazidiomycota nodalījuma, Agaricales rindas), kas izolētas no zirņiem, visticamāk, tur nokļuvušas nejauši un nekādi neietekmē ne zirņu augšanu, ne citu mikroorganismu attīstību.

Zirņu slimības pākšu veidošanās laikā. Jūnija beigās, ziedēšanas līdz pākšu veidošanās fāzēs visās saimniecībās novērota **neīstā miltrasa**, ierosinātais *Peronospora viciae* f. s. *pisi*. Sākumā tā bija novērojama uz lapām, bet vēlāk arī uz vītņiem un pākstīm. Slimības attīstības līmenis bija līdzīgs visās saimniecībās – gan bioloģiskajās, gan konvencionālajās, tās sastopamība variēja no 0.5 līdz 2.0%.

Uz lapām novērojami hlorotiski plankumi, bet lapu apakšpusē pelēcīga apsarme – patogēna konīdijnesēji un konīdijas (2.8. att.). 2025. gada vasara bija labvēlīga neīstās miltrasas attīstībai, slimības pazīmes novērotas arī uz vītņēm un pākstīm (2.9. att.) Neīstās miltrasas attīstība ir atkarīga no mitruma – jo konīdijnesēju veidošanās un konīdiju dīgšana iespējama tikai uz mitrām lapām. Konīdijas pārvietojas galvenokārt ar lietūs pilieniem. 2025. gada apstākļos uz zirņu pākstīm un pākstīs attīstījās arī patogēna dzimumsporas – oosporas. Oosporas ir galvenais infekcijas avots, jo tās saglabājas augu atliekās.

Neīstās miltrasas ierosinātājs ir obligāts parazīts, tā inficē tikai dzīvus augus un nav kultivējama uz mākslīgajām barotnēm.



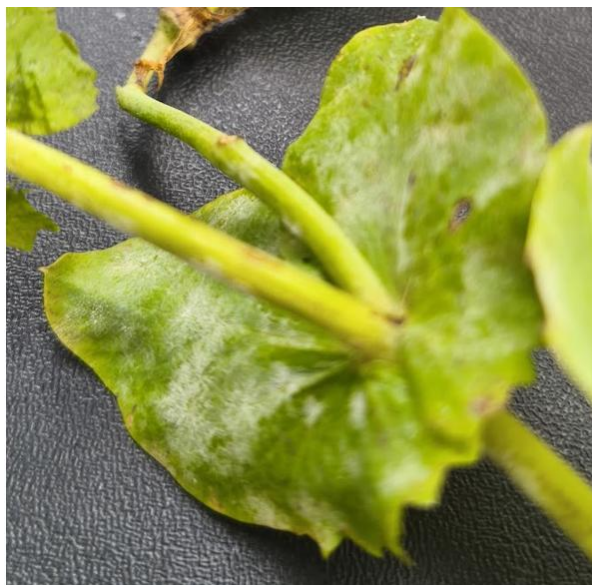
2.8. attēls. **Zirņu neīstā miltrasa uz zirņu lapām:** A – lapas augšpusē hlorotiski plankumi; B – lapas apakšpusē konīdijnesēji un konīdijas; C – konīdijnesēji.



2.9. attēls. **Zirņu neīstā miltrasa uz vītņēm un pākstīm.**

Gatavošanās laikā bioloģiskajās saimniecībās novērota **miltrasa** (ier. *Erysiphe pisi*). Tās sastopamība sasniedza 5%, tomēr 2025. gadā nebija postīga, jo attīstījās tikai veģetācijas perioda beigās. Miltrasas pazīmes ir balta apsarme, kas sastāv no micēlija un konīdijām (2.10. att.).

Miltrasas ierosinātājs ir obligātais parazīts, tā attīstībai ir nepieciešami dzīvi augi. Miltrasa varētu būt postīgāka sausās vasarās, jo tās attīstībai pietiek ar gaisa mitrumu virs 90%, bet mitrums uz augu daļām nav vajadzīgs.

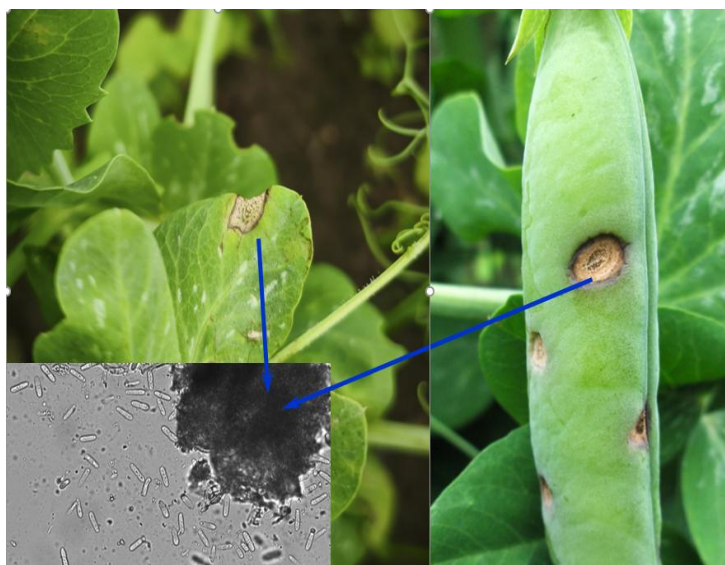


2.10. attēls. Miltrasa uz zirņu lapām.

Jūlija vidū, kad 70% no pākstīm bija sasniegušas tipisko garumu, atsevišķās saimniecībās novērojamas **zirņu iedegas uz lapām**. Slimības sastopamība 1–2%. Gatavošanās laikā iedegas novērotas arī uz pākstīm, taču slimības sastopamība un pākstīm dažādās saimniecībās atšķīrās – konvencionālajās bija novērojama tikai uz atsevišķām pākstīm, pat mazāk nekā 1%. Vienā no bioloģiskajām saimniecībām iedegu sastopamība uz pākstīm sasniedza 5%.

Tipiskās pazīmes gan uz lapām, gan pākstīm ir gaišs plankums ar tumšu apmali un piknīdām (2.11. att.). Piknīdas ir nelieli iedobumi augu audos, kuros attīstās bezdzimumsporas – konīdijas.

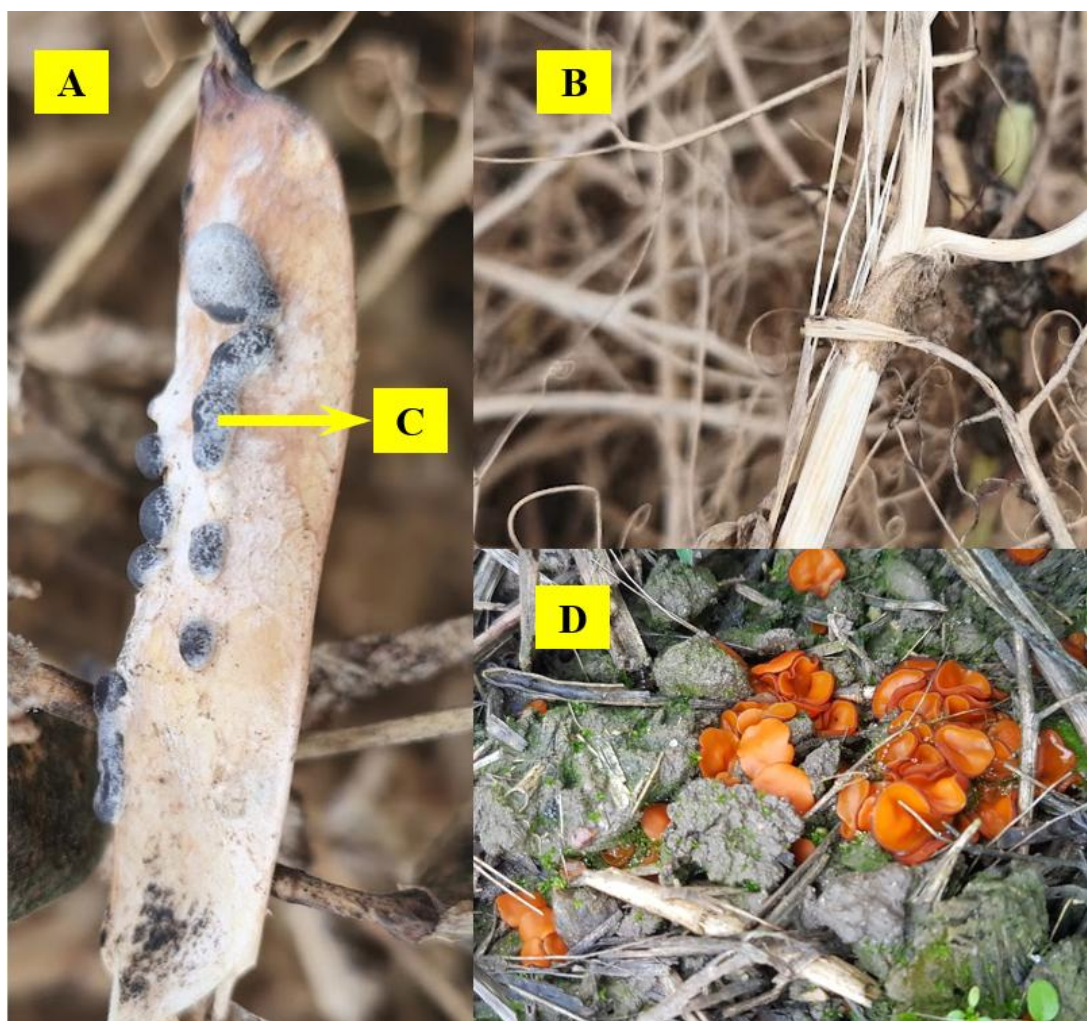
Zirņu iedegas ir visvairāk aprakstītā slimība, tā tiek uzskatīta par vispostīgāko, jo inficē arī pākstis. Tomēr, attīstoties identificēšanas metodēm, tiek pārskatīta ierosinātāju taksonomija. Tāpēc droši var apgalvot tikai to, ka slimību ierosina *Didymellaceae* dzimtas sēnes, bet ģints un sugu identificēšanai nepieciešami turpmākie pētījumi.



2.11. attēls. Zirņu iedegas uz lapām un pākstīm un piknīda ar konīdijām.

2025. gada vasarā gan bioloģiskajās, gan konvencionālajās saimniecībās bija sastopamas pākšu slimības, gan iepriekš aprakstītā neīstā miltrasa, gan iedegas, gan arī puves.

Baltā puve (ier. *Sclerotinia sclerotiorum*) novērota visās saimniecībās, tās izplatība bija līdz vai virs 1%, izņemot vienu bioloģisko saimniecību, kur tās izplatība sasniedza 5%. Baltā puve novērojama uz stublājiem, vītņēm, un pākstīm (2.12. att.). Baltās puves tipiskās pazīmes ir sklerociji. Sklerociji ir sēņotnes pārveidnes, kas attīstās micēlijam saaugot kopā un izveidojot cietu, saglabāties spējīgu struktūru. Sklerocijiem dīgstot veidojas auglķermeņi (apotēciji), uz kuriem attīstās asku sporas.



2.12. attēls. Baltās puves pazīmes uz pāksts (A), uz stublāja un vītņēm (B), sklerociji uz pāksts (C) un auglķermeņi (D), kas veidojas, sklerocijiem dīgstot.

2025. gadā uz pākstīm novērotas dažādas slimības (2.13. att.), kas attīstās veģetācijas perioda otrajā pusē. Pelējumu var ierosināt dažādas sēnes, galvenokārt *Alternaria* spp. un *Cladosporium* spp. *Fusarium* spp. bojā visas augu daļas, sākot no dīgstiem, var izraisīt augu vīšanu un/vai plankumus uz lapām, kā arī pākšu puvi. Pelēkā puve, ko ierosina *Botrytis* spp. skar visas augu daļas, taču biežāk pākstis.



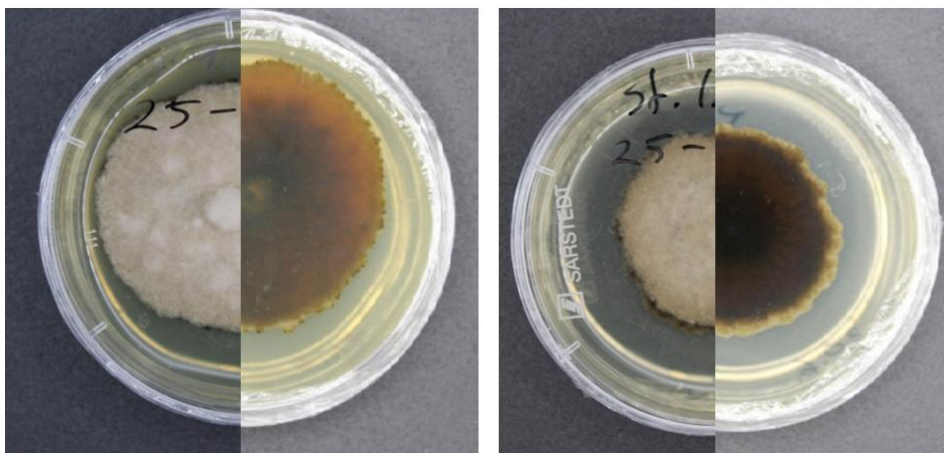
2.13. attēls. Slimību pazīmes uz pākstīm: pelējums, ko ierosina *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp. u.c. (A), pelēkā puve (B) un fuzariālā puve uz pāksts un lapām (C).

Alternaria un *Cladosporium* ģints sēnes inficē augus galvenokārt nelabvēlīgos apstākļos vai arī novecojušus augus. Turpretim *Botrytis* ģints sēņu patogenitāte ir atkarīga no ierosinātāju sugas, taču pelēka apsarme veidojas tikai tad, ja ir paaugstināts mitruma daudzums. Turpretim *Fusarium* spp. inficē augus visās attīstības fāzēs – var ierosināt dīgstu puvi, augu vīšanu, plankumus uz lapām un puvi pākstīm.

Lapu un pākšu slimību ierosinātāju identifikācija. Lai novērtētu slimības postīgumu un precizētu attīstības ciklu, ir nepieciešama patogēna sugu identifikācija. Vērojot simptomus uz lauka, patogēnu identifikācija parasti nav iespējama, vai arī tā ir aptuvena. Identifikācijai ir nepieciešamas patogēnu tīrkultūras, kur sākotnēji novērtē to morfoloģiskās pazīmes un sagatavo tās ģenētiski molekulārām analīzēm.

Veģetācijas periodā no lapām un pākstīm ar slimību simptomiem iegūtas 243 sēņu tīrkultūras, tās ir attīrītas, ir izdalīts DNS un sāka sekvencēšana.

Pašlaik ir pieejami tikai sākotnējie rezultāti. Morfoloģiskās pazīmes liecina, ka, starp izolātiem ir *Didymellaceae* dzimtas sēnes, iedegu ierosinātāji. Morfoloģiskās pazīmes atšķiras, tas varētu liecināt, ka ir sastopamas vairākas sēnes, kas pieder *Didymellaceae* dzimtai (2.14. att.).



2.14. att. *Didymellaceae* dzimtas sēņu kolonijas uz kartupeļu dekstrozes agara: kolonijas virspuse un barotnes krāsošanās no Petri plates apakšpuses.

Didymellaceae dzimtas sēņu identifikācija ir sarežģīta, arī izmantojot ģenētiski molekulārās metodes. Literatūrā sastopami pretrunīgi uzskati ne tikai par patogēnu sugām, bet pat ģintīm. Zinātniskajā literatūrā tiek minētas *Didymella*, *Ascochyta*, *Phoma*, *Mycosphaerella* un *Boeremia* ģintis. Starp šiem nosaukumiem ir gan dzimumstadijas, gan bezdzimumstadijas nosaukumi, un nav skaidrs, kurā gadījumā tie apzīmē vienu un to pašu sēni, un kurā – atšķirīgas sēnes stadijas. Molekulārajām analīzēm tiek izmantoti dažādi gēnu lokusi, bet biežāk minēti ir *ITS*, *LSU*, *tub2* un *RPB2*. Tomēr nav vienota viedokļa, ka tieši šie praimeri ir pietiekami jutīgi sugu noteikšanai.

Novērojumi uz lauka un tīrkultūru morfoloģiskās pazīmes liecina, ka pākstis un lapas bojā arī *Botrytis* spp. un *Alternaria* ģints sēnes (2.15. att.), kā arī *Fusarium* spp.



2.15. attēls. Dažas *Alternaria* spp (augšējā rinda). un *Botrytis* spp. (apakšējā rinda) tīrkultūras (identifikācija veikta, izmantojot morfoloģiskās pazīmes).

Nevienai no šīm ģintīm sugu noteikšana nav vienkārša. *Fusarium* spp. noteikšanai papildus *ITS* nepieciešams sekvencēt arī gēnu lokusu *TEF*. *Botrytis* sugu identificēšanai ir nepieciešama trīs gēnu lokusu sekvencēšana – *RPB2*, *G3PDH* un *HSP60*. Vissarežģītāk ir

identificēt *Alternaria* sugas, ITS sekvences norāda *Alternaria* ģints sekciju, bet tālāk katras sekcijas sugu identifikācijai ir atšķirīgi gēnu lokusi. Zinātniskajā literatūrā nav vienots viedoklis par lietoto praimeru piemērotību un jutīgumu.

Lai arī šie pētījumi ir resursu un laika ietilpīgi, tomēr ļoti nozīmīgi, lai saprastu atsevišķu patogēnu sastopamību, postīgumu un saimniekaugu loku. Turpmākajos mēnešos tiks turpināta iegūto paraugu sekvenčēšana un literatūras studijas.

2.2.2. Zirņu slimību ierosinātāju patogenitātes pētījumi attiecībā uz citiem tauriņziežiem, lai noskaidrotu slimību izplatības potenciālu

Ir iegūtas sēņu tīrkultūras gan no zirņiem, gan citiem tauriņziežiem. Tās ir attīrītas un sākotnēji identificētas līdz ģints līmenim pēc morfoloģiskajām pazīmēm. Tomēr, pirmie identifikācijas dati (patogēni, kas iegūti pavasarī un vasaras sākumā) pierāda, ka morfoloģiskās pazīmes gan atšķiras starp ģintīm un ģints ietvaros, gan arī pārklājas. Precīzākai identifikācijai ir nepieciešamas molekulāri-ģenētiskās analīzes.

Pašlaik tiek turpināta sekvenčēšana paraugiem, kas ievākti vasaras otrajā pusē, lai precizētu ģintis un iespēju robežās noteiktu sugas.

2025. gadā novērotas vairākas, turklāt atšķirīgas zirņu slimības, iegūti vairāki simpti tīrkultūru. Lai varētu veikt patogenitātes testu, ir nepieciešams noskaidrot patogēnu spektru un to ģenētisko daudzveidību, lai izvēlētos izolātus patogenitātes testam. Ņemot vērā identifikācijas datus, tiks izvēlēti reprezentatīvie izolāti patogenitātes testa veikšanai.

Sākotnējie rezultāti pierāda, ka *Botrytis* un *Alternaria* ģints sēnes var inficēt arī citus saimniekaugus, tajā skaitā lauka pupas un savvaļas augus.

Attiecībā par Didymellaceae dzimtas sēnēm literatūrā ir pretrunīgi rezultāti, jo pastāv viedokļu atšķirības ne tikai par sastopamajām sugām, bet arī par ģintīm. Tādēļ, lai iegūtu korektus patogenitātes rezultātus, nepieciešamas ģenētiskās daudzveidības analīzes, ne tikai identifikācija līdz ģints/sugas līmenim.

Zirņos novērota baltā puve, ko ierosina *Sclerotinia sclerotiorum*, turklāt augstā attīstības pakāpē – uz pākstīm atrasti sklerociji. Sklerociji saglabājas augsnē vairākus gadus. *Sclerotinia sclerotiorum* ir plašs saimniekaugu loks, tajā skaitā rapsis. Līdz ar to, baltās puves izplatība zirņu sējumos palielina baltās puves risku rapša sējumos un otrādi.

2.2.3. Noslēgums

Zirņu sēklas ir nozīmīgs inficēšanās avots. Tajās saglabājas gan zirņu slimību ierosinātāji, gan citas sēnes. 2024. gada sēklās dominēja *Alternaria* spp. un Didymellaceae dzimtas sēnes. Dīgstu izkrišanu un augu vīšanu pirmajās attīstības fāzēs ierosināja galvenokārt *Fusarium* spp. *Fusarium* spp. ierobežošana ir sarežģīta, jo lielākā daļa no sugām saglabājas augsnē, ir pētījumi, ka tās saglabājas arī citos augos – ne-saimniekaugos. Pākšu veidošanās laikā zirņus bojāja iedegas, ko ierosina *Didymellaceae* dzimtas sēnes. 2025. gadā izplatīta bija neīstā miltrasa (ier. *Peronospora viciae* f. s. *pisi*). Svarīgi atzīmēt, ka attīstījās arī dzimumsporas, kas veidojas zirņu pākstīs. Turpretim miltrasa (ier. *Erysiphe pisi*) novērojama tikai dažās saimniecībās. Veģetācijas perioda beigās attīstījās puves – baltā puve (ier. *Sclerotinia sclerotiorum*), pelēkā puve (ier. *Botrytis* spp.) un fuzariālā puve (ier. *Fusarium* spp.). Baltā puves attīstība rada risku ne tikai zirņu, bet sekojošos rapša, pupu un citu kultūraugu sējumos. Zirņu slimību ierosinātāji ir bioloģiski un ģenētiski daudzveidīgi. Sugu un pat ģints noteikšanai nepieciešamas molekulāri-ģenētiskās analīzes – DNS izdalīšana, amplificēšana, sekvenčēšana un filoģenētisko koku konstruēšana.

3. STARKULTŪRAS IETEKME UZ ZIRŅIEM KAITĪGU ORGANISMU IZPLATĪBU

3.1. Metodes

Zirņu kaitēkļu pētījums noritēja četros objektos, kuros bija iesēti sedzējaugi un uztvērējaugi (turpmāk – starpkultūra), kuru sastāvā bija arī zirņi. Viens objekts atradās Poļos (MPS “Pēterlauki”; koordinātes: 56.511317, 23.691330) blakus laukam, kurā veģetācijas perioda laikā bija iesēti zirņi un kur noritēja zirņu kaitēkļu un patogēnu pētījums šī projekta ietvaros. Pārējie trīs objekti tika iekārtoti LKS “Dāmnieki” laukos (koordinātes: 56.443824, 23.263389; 56.460272, 23.365285; 56.458473, 23.402064). Visos objektos starpkultūra tika iesēta pēc ziemas kviešu nokulšanas. MPS “Pēterlauki” laukā tika iesēts eļļas rutks (25%), baltā sinepe (10%), vasaras vīķis (25%), griķis (15%) un zirņi (25%). Savukārt LKS “Dāmnieki” starpkultūras mistrā bija auzas (40%), zirņi (25%), vasaras vīķis (10%), griķis (20%) un baltais redīss (5%).

Kad iesētā starpkultūra bija sadīgusi, katrā objektā tika ierīkotas divas parauglaukumu transektes – viena no tām paralēli lauka malai piecu metru attālumā no tās; otra – vismaz 30 metru attālumā no pirmās transektes lauka vidus virzienā. Katrā transektē ierīkoja četrus vienu kvadrātmētru lielus parauglaukumus, nospraužot to robežas ar bambusa mietiņiem un marķējot. Nākamajā dienā pēc parauglaukumu ierīkošanas tajos tika ievākti zirņu kaitēkļi – izmantojot elektriskos ekshaustorus, katrā parauglaukumā tika ievākti visi *Sitona* ģints smecernieki, uz zirņiem esošas laputis un tripši. Parauglaukumu dizains un kaitēkļu ievākšana notika pēc tāda paša principa, kā zirņu sējplatībās veģetācijas perioda gaitā. Tikai netika izmantotas feromonu lamatas zirņu tumšā tinēja uzskaitēm un zilie līmes vairogē.

Kaitēkļu uzskaites MPS “Pēterlauki” objektā sākās 23. augustā, bet LKS “Dāmnieki” objektos – 7. septembrī. Iemesls šai atšķirībai bija meteoroloģiskie apstākļi, kas LKS “Dāmnieki” laukos neļāva agrāk novākt laukos audzētos kultūraugus un iesēt starpkultūru. Pēc tam kaitēkļu uzskaites objektos tika veiktas ik pēc septiņām dienām. “Pēterlaukos” tās ilga līdz 28. septembrim, bet “Dāmniekos” – līdz 11. oktobrim, kad nevienā pētītajā objektā vairs netika novēroti zirņu kaitēkļi.

Septembra sākumā vidējā gaisa temperatūra sasniedza 18.5°C, kas ir par 4.8°C siltāks, salīdzinot ar ilggadējiem vidējiem rādītājiem. Visu septembri, kā arī oktobra pirmo un otro dekādi vidējā gaisa temperatūra ir bijusi mazliet augstāka nekā vidējā ilggadīgā temperatūra. Nokrišņu daudzums sedzējaugu augšanas laikā bija zemāks par vidējiem ilggadīgajiem datiem. Augusta beigās sasniedzot 13.4 mm, visu septembri esot par 7 līdz 18 mm mazāku nokrišņu daudzumu nekā vidēji ilggadīgais nokrišņu daudzums (20 līdz 22 mm). Tas liecina, ka meteoroloģiskie apstākļi starpkultūrā esošo zirņu kaitēkļu pētīšanai bija optimāli.

Zirņu slimību sastopamība vērtēta ne tikai objektos, kur iesēta starpkultūra, bet arī MPS “Pēterlauki” un LKS “Dāmnieki” laukos, kur veģetācijas periodā bija zirņu sējplatības. Novērojumi veikti laukos 19. septembrī un 10. oktobrī. Lai izvērtētu iespējamo slimību attīstības risku, 19. septembrī zirņi izraksti un iestādīti veģetācijas traukā istabas temperatūrā. Laboratorijā bojātie audi uzsēti uz barotnēm, iegūtas tīrkultūras sekojošām analīzēm. Metodika aprakstīta nodaļā 2.1.1.

3.2. Rezultāti

Kaitēkļu izpētes rezultāti.

Starpkultūras platībās tika konstatētas divas zirņiem potenciāli postīgas kukaiņu sugas. Pēterlaukos un vienā no Dāmnieku laukiem tika novēroti zirņu svītrainā smecernieka *Sitona lineatus* indivīdi. To populācijas nebija lielas. Pēterlaukos divi šīs sugas indivīdi konstatēti

pirmajā uzskaites reizē 23. augustā; vēlāk ne šie, ne citi zirņu kaitēkļi Pēterlauku objektā vairs netika novēroti. Viens *S. lineatus* novērots Dāmnieku laukā 20. septembrī. Vairāk šīs sugas indivīdi pētījuma objektos netika novēroti.

Otra kaitēkļu suga, kas tika konstatēta starpkultūras laukos, bija kartupeļu laputs *Macrosiphum euphorbiae*, kuru novērojām arī zirņu sējplatībās veģetācijas perioda gaitā. Šo sugu novērojām visos trīs Dāmnieku objektos, sākot ar 20. septembri, beidzot ar 27. septembri; tātad trīs uzskaites reizēs. Kartupeļu laputs populāciju blīvumi nebija lieli; tie variēja robežās no astoņām līdz 88 laputīm uz astoņiem kvadrātmetriem lauka platības. Tomēr jāatzīmē, ka visos šajos uzskaites periodos uz starpkultūrā iesētajiem zirņiem tika konstatētas ne tikai pieaugušās laputis, bet arī to nimfas. Tas nozīmē, ka laputis starpkultūrā iesētos zirņus var izmantot kā mikrobiotopus, kur vairoties un attīstīties. Šobrīd var pieļaut, ka situācijā, kurā starpkultūra laukos būtu iesēta, kā gada sākumā plānots (augusta pirmajā pusē), tad laputu populācijas šajās platībās būtu ievērojami lielākas.

Tripši starpkultūru laukos netika novēroti. Taču šīs grupas kukaiņi šajā gadā bija reti sastopami arī zirņu sējplatībās, tāpēc pēc vienas šādas vasaras pavisam noteikti nedrīkst apgalvot, ka starpkultūras laukos, kuros mistrā ir arī zirņi, nevarētu būt sastopami zirņiem potenciāli postīgas tripšu sugas.

Slimību izpētes rezultāti.

19. septembrī laukā uz zirņiem kas sadīguši no izbirušajām sēklām, konstatētas slimības pazīmes. Plankumi uz apakšējām lapām, pelēki, bez izteiktām pazīmēm (2.16. att. A). Istabas temperatūrā triju nedēļu laikā slimība turpināja attīstīties, lapas sāka kalst, plankumi kļuva lielāki (2.16. att. B). 10. novembrī uz lauka jau bija novērojamas tipiskas iedegu pazīmes (2.16. att. C).



2.16. attēls. Slimību simptomi uz zirņiem: A – 19. oktobrī uz lauka; B – 10. novembrī podā istabas temperatūrā; C – 19. novembrī uz lauka.

3.3. Secinājumi

1. Starpkultūru mistrā esošie zirņi potenciāli var būt mājvieta vairākām zirņu kaitēkļu sugām, piemēram, *Sitona* ģints smecerniekiem un zirņiem postīgām laputīm.
2. Izbirušie zirņi, kā arī starpkultūrā iesētie, var būt nozīmīgs infekcijas avots, it īpaši attiecībā uz iedegām.
3. Nepieciešami turpmāki pētījumi, lai noteiktu, cik būtisku zirņu kaitēkļu un patogēnu savairošanās risku rada starpkultūru mistrā esošie zirņi.

4. ZIRŅU IETEKME UZ NĀKAMO KULTŪRAUGU RAŽAS RĀDĪTĀJIEM UN UZ AUGSNES KVALITĀTI DAŽĀDOS AUGSNES APSTRĀDES VEIDOS

4.1. Metodes

4.1.1. Lauka izmēģinājuma ierīkošana un pētījuma struktūra

Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (LBTU) mācību un pētījumu saimniecības "Pēterlauki" ilggadējā pētījumu stacionārā "Poķi" 2025. gada pavasara sezonā ierīkots lauka izmēģinājums ar mērķi izvērtēt zirņu ietekmi uz nākamo kultūraugu ražu, īpaši to spēju piesaistīt atmosfēras slāpekli un uzlabot augsnes auglību, kā arī analizēt šīs ietekmes nozīmi nākamā kultūrauga – ziemas kviešu – ražas un kvalitātes rādītājos dažādās augsnes apstrādes sistēmās.

Izmēģinājums ierīkots divos atkārtojumos, ievērojot augu maiņas principu zirņi → ziemas kvieši, kā arī kontroles variantu bez augu maiņas – ziemas kvieši → ziemas kvieši. Visi izmēģinājumi ierīkoti gan laukos ar reducēto (minimālo), gan tradicionālo (aršanas) augsnes apstrādi.

Pētījuma dizains veidots kā trīs faktoru lauka izmēģinājums ar diviem atkārtojumiem, kurā kombinēti divi augsnes apstrādes veidi – minimālā (reducētā) un tradicionālā (aršana) –, kā arī divi augu maiņas varianti: zirņi → ziemas kvieši un kontroles variants bez augu maiņas – ziemas kvieši → ziemas kvieši. Trešais faktors ir augsnes paraugu ievākšanas laiks – pavasarī pirms sējas un rudenī pēc ražas novākšanas. Katrā augsnes apstrādes sistēmā ierīkoti izmēģinājuma lauki ar identisku augu maiņu, kas izvietoti paralēlās rindās un numurēti atbilstoši pētījuma shēmai. Katrā blokā ietverti lauki ar zirņiem (zir) pēc ziemas kviešiem (z. kv) un ziemas kviešiem pēc ziemas kviešiem (z. kv) kā kontroles variants (4.1. att.). Nākamajā sezonā (2026. gadā) plānots turpināt realizēt iesāktos uzdevums, kā arī, lai nodrošinātu nepārtrauktu zirņu rotāciju, pētījumā paredzēts iekļaut vēl vienu izmēģinājuma variantu zirņi→ziemas kvieši. Un ierīkot izmēģinājumu jauktā kultūraugu rotācijā (zirņi→z.kvieši→z.rapsis→v.mieži), lai izsekotu zirņu pēcietekmes iedarbības ilgumu. Izmēģinājums ierīkots 2 atkārtojumos laukos gan ar reducēto, gan tradicionālo augsnes apstrādi.

Šāda izmēģinājuma struktūra nodrošina iespēju objektīvi salīdzināt augu maiņas un augsnes apstrādes sistēmu ietekmi uz lauksaimniecības un agroekoloģiskajiem rādītājiem. Īpaša uzmanība pētījumā tiks pievērsta zirņu pēcietekmei – uzkrātajām slāpekļa rezervēm augsnē un ietekmei uz ziemas kviešu ražas potenciālu un kvalitātes rādītājiem. Tiek analizēta arī zirņu spējas uzlabot augsnes struktūru un bioloģisko aktivitāti dažādos apstrādes veidos.



4.1. attēls. Pētījuma vieta, Poļu stacionāra shēma. Saīsinājumi: REDUC – reducētā augsnes apstrāde; TRADIC – tradicionālā augsnes apstrāde; z.kv-ziemas kvieši; zir-zirņi; v.m- vasaras mieži; 10 - izmēģinājuma lauka numurs.

4.1.2. Mēslošanas plāns un augsnes apstrāde 2024./2025. gada sezonā

LBTU Poļu stacionāra izmēģinājums ietver ilggadēju nemainīgu augsnes apstrādi gan artajos (tradicionālā augsnes apstrāde), gan reducētās augsnes apstrādes laukos jau kopš 2009. gada. Līdz ar to augsnes apstrāde arī 2024. gada rudenī veikta, izmantojot gan tradicionālo, gan reducēto augsnes apstrādes veidu. 29. augustā tika veikta aršana (tradicionālā augsnes apstrādes), kuras mērķis bija apvērst augsnes virskārtu un uzlabot augsnes aerāciju un mitruma režīmu. Pēc aršanas 17. septembrī veikta augsnes ierdināšana un izlīdzināšana ar disku agregātu "Rolex", lai sasmalcinātu velēnas un sagatavotu lauku sējai. 24. septembrī veikta galīgā augsnes sagatavošana ar kompaktoru, nodrošinot vienmērīgu un sablietētu sēklas gultni ar labu mitruma saglabāšanas spēju.

Savukārt reducētajā augsnes apstrādes variantā 23. septembrī tika veikta rugaines lobīšana ar disku vai kultivatoru, lai sekli apstrādātu rugaini, veicinātu graudu dīgšanu un vienlaikus saglabātu augsnes struktūru un mitrumu. Šī metode samazina augsnes apvēršanu, palīdz saglabāt organisko vielu un mazina augsnes erozijas risku.

Pētījumā izmantotas vienādas mēslojuma normas un produkti, kas nodrošina objektīvu salīdzinājumu starp apstrādes variantiem. Kultūraugu barības nodrošināšanai lietoti gan ārpussakņu mēslojumi, piemēram, Lebosol Zelts graudaugiem un Yara Vīta Bortrac 150, gan kompleksie minerālmēsli, slāpekļa, sēra un mikroelementu mēslošanas līdzekļi, kas sabalansēti tā, lai maksimāli efektīvi nodrošinātu nepieciešamās barības elementus augu attīstības fāzēs. Visi izmantotie mēslošanas līdzekļi atbilst integrētās un ilgtspējīgas lauksaimniecības prasībām, nodrošinot optimālu barības elementu pieejamību ziemas kviešiem, zirņiem un vasaras miežiem, vienlaikus ļaujot salīdzināt reducētās un tradicionālās apstrādes metodes ietekmi uz ražu.

ZIEMAS KVIEŠI audzēti šādos laukos:

Reducētā apstrāde: lauki Nr. 1, 5, 13, 17

Tradicionālā apstrāde: lauki Nr. 2, 6, 14, 18

Sējas datums: 26.09.2024.

Šķirne: 'Zeppelin' (550 dīgtspējīgas sēklas m²)

4.1. tabula

Mēslošanas pasākumi ziemas kviešiem

Datums	Produkts	Mēslojuma veids	Deva
01.10.2024.	NPK 10-13-25+7	Kompleksais minerālmēslojums	300 kg/ha
26.03.2025.	Amonija nitrāts, 34.4% N	Slāpekļa mēslojums	220 kg/ha
13.05.2025.	Amonija sulfāts, 21% N + 24% S	Slāpekļa un sēra mēslojums	250 kg/ha
30.05.2025.	Lebosol Zelts graudaugiem (36% S, 2.4% Cu, 9.6% Mn)	Ārpussakņu mēslojums (mikroelementu maisījums)	2 L/ha
18.06.2025.	Meg AN, 33.5% N	Slāpekļa mēslojums	200 kg/ha

4.2. tabula

Augus aizsardzības līdzekļu lietošana.

Pielietojums	Preparāts	Deva	Datums
Herbicīds	Glyphomax 480	3 L ha-1	09.11.2024.
Herbicīds	Calibre	30 g ha-1	28.04.2025.
Vīrsmas aktīvā viela	Dash	0.5 L ha-1	
Augu augš. regulators	Medax Max	0.53 kg ha-1	
Herbicīds	MCPA	0.7 L ha-1	
Fungicīds	Curbatur	0.4 L ha-1	
Fungicīds	Priaxor	0.4 L ha-1	
Herbicīds	Quelex	0.05 kg ha-1	30.05.2025.
Vīrsmas aktīvā viela	Glutenum	0.2 L ha-1	

ZIRŅI audzēti šādos laukos:

Reducētā apstrāde: lauki Nr. 4, 16

Tradicionālā apstrāde: lauki Nr. 3, 15

Sējas datums: 11.04.2025.

Šķirne: 'Ostinato' (120 dīgtspējīgas sēklas m²)

4.3. tabula

Mēslošanas pasākumi zirņiem

Datums	Produkts	Produkta sastāvs / tips	Deva
11.04.2025.	NPK(S) 10-13-25(9)	Kompleksais minerālmēslojums	250 kg/ha
03.05.2025.	Mikroelementu mēslojums	Bors	2 L ha-1
30.05.2025.	Yara Vita Bortrac 150 (10.9% B)	Ārpussakņu mēslojums ar boru	2 L/ha
	Mikroelementu mēslojums	Bors	2 L ha-1
04.06.2025.	Amonija sulfāts, 21% N + 24% S	Slāpekļa un sēra mēslojums	100 kg/ha

4.4. tabula

Augus aizsardzības līdzekļu lietošana

Pielietojums	Preparāts	Deva	Datums
Herbicīds	Glyphomax 480	3 L ha-1	09.11.2024.
Herbicīds	Corum	0.7 L ha-1	30.05.2025.
Virsmas aktīvā viela	Dash	0.5 L ha-1	
Herbicīds	Targa Super	1.25 L ha-1	04.06.2025.

VASARAS MIEŽI audzēti šādos laukos:

Reducētā apstrāde: lauki Nr. 9, 21

Tradicionālā apstrāde: lauki Nr. 10, 22

Sējas datums: 11.04.2025.

Šķirne: 'Pilote': (450 dīgtspējīgas sēklas m²)

4.5. tabula

Mēslošanas pasākumi vasaras miežiem.

Datums	Produkts	Produkta sastāvs / tips	Deva
11.04.2025.	NPK(S) 10-13-25(9)	Kompleksais minerālmēslojums	250 kg/ha
03.06.2025.	Lebosol Zelts graudaugiem (36% S, 2.4% Cu, 9.6% Mn)	Ārpussakņu mēslojums (mikroelementu maisījums)	1 L/ha
18.06.2025.	Meg AN, 33.5% N	Slāpekļa mēslojums	200 kg/ha
08.07.2025.	Amonija sulfāts, 21% N + 24% S	Slāpekļa un sēra mēslojums	250 kg/ha

4.6. tabula

Augus aizsardzības līdzekļu lietošana.

Pielietojums	Preparāts	Deva	Datums
Herbicīds	Glyphomax 480	3 L ha-1	09.11.2024.
Herbicīds	MCPA	1.3 L ha-1	03.06.2025.
Herbicīds	Biatlon	0.05 kg ha-1	
virsmas aktīvā viela	Glutenum	100 ml	
Mikroelementi	Zelts graudiem	1 L ha-1	

Veiktie mēslošanas pasākumi īstenoti ar mērķi nodrošināt kultūraugiem sabalansētu barības vielu pieejamību un veicināt objektīvu reducētās un tradicionālās augsnes apstrādes metožu ietekmes uz ražu salīdzinājumu.

4.1.3. Augsnes paraugu analīze pirms un pēc kultūraugu sējas un slāpekļa ^{15}N izotopu noteikšana augsnē un kultūraugos

Pirms kultūraugu sējas un pēc ražas novākšanas katrā no variantiem ievākti augsnes paraugi, noteikta augsnes reakcija, organiskās vielas un organiskā oglekļa daudzums, augu barības elementu rezerve, t.sk. minerālā slāpekļa noteikšanai, sagatavoti un nodoti paraugi ^{15}N izotopa analīzei augsnē un augiem Latvijas Universitātes, Medicīnas un Dzīvības zinātņu fakultātes, Analītisko mērījumu risinājumu centram.

Augsnes paraugi ievākti no katra izmēģinājuma lauka, atbilstoši paraugu noņemšanas metodikai, ar augsnes zondi 0-20 cm dziļumā pirms pavasara pirmās papildmēslošanas reizes (24.03.2025.) un pēc kultūraugu ražas novākšanas (26.08.2025.).

Augsnes agroķīmiskās analīzes katram paraugam noteiktas trīs atkārtojumos. Gaissausi augsnes paraugi sijāti caur 2 mm sietu un analizēti ar sekojošām metodēm. Augsnes reakcija noteikta potenciometriski 1M KCl šķīdumā. Augiem pieejamā fosfora un kālija saturs noteikts kalcija laktāta izvilkumā pēc Egnera-Rīma metodes. Kopējais oglekļa saturs noteikts pēc sausās sadedzināšanas metodes. Neorganiskā oglekļa daudzums tika kvantitatīvi noteikts, izmantojot 50 % H_3PO_4 , no kura matemātiski pēc starpības metodes aprēķināts organiskās vielas saturs augsnē. Gan kopējais, gan neorganiskais ogleklis tika noteikts, izmantojot oglekļa un sēra satura analizatoru Eltra CS-580A (Eltra GmbH, Vācija).

No katra izmēģinājuma lauka ievākti divi kultūraugu paraugkūļi 0.25 m² platībā, pēc žāvēšanas gaissausiem paraugiem noteikta sakņu, graudu un virszemes blakusprodukcijas raža, kas pārrēķināta uz viena hektāra platību.

Augsnes paraugos (ievākti martā un augustā) un augu paraugos (ievākti ziedēšanas un nogatavošanās fāzē) Latvijas Universitātē, MDZF AMRC laboratorijā 30.10.2025. noteikta slāpekļa (N) un oglekļa (C) stabilo izotopu attiecība ($\delta^{15}\text{N}$ un $\delta^{13}\text{C}$), kā arī kopējais slāpekļa (N) un oglekļa (C) saturs.

Slāpekļa (N) un oglekļa (C) stabilo izotopu attiecības ($\delta^{15}\text{N}$ un $\delta^{13}\text{C}$) un kopējais elementu saturs augsnes un augu paraugos noteikts, izmantojot EA3000 elementanalizatoru (EuroVector), kas savienots ar Nu-Horizon izotopu attiecību masas spektrometru (Nu Instruments). Šī sistēma ļauj vienlaicīgi noteikt elementāro sastāvu un izotopu attiecības.

Izotopu attiecības aprēķinātas pēc formulas:

$$\delta X = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000,$$

kur R_{sample} un R_{standard} ir attiecīgi analizētā parauga un references materiāla izotopu attiecības.

Kalibrācijai izmantoti sertificētie standarti USGS-40 un USGS-41 (L-glutamīnskābe), papildus iekšējais laboratorijas standarts (glutamīnskābe, Sigma-Aldrich). Rezultāti izteikti promilēs (‰): $\delta^{15}\text{N}$ attiecībā pret gaisa N_2 , $\delta^{13}\text{C}$ attiecībā pret VPDB.

Savukārt neorganiskās slāpekļa frakcijas noteiktas, izmantojot LVS ISO/TS 14256-1:2006 metodi. Nitrātjonu koncentrācija noteikta, izmantojot kadmija reducētāju un sulfanilamīda/N-(1-naftil) etilēndiamīna dihidrohlorīda/fosforskābes krāsas reaģentu, un to kvantificējot spektrofotometriski pie 543 nm. Ar to pašu krāsas reaģentu spektrofotometriski pie 543 nm noteikta arī nitrītjonu frakcija. Amonija jonu koncentrācija noteikta, izmantojot fenola/nātrijs nitroprusīda un dihlorciānurīnskābes krāsas reaģentus, fotometriski pie 630 nm.

4.1.4. Augu augšanas apstākļu un simbiotiskās slāpekļa saistīšanas novērtējums Poķu stacionārā

Izpratne par procesiem, kas nosaka slāpekļa (N) uzņemšanu un sadalījumu augos, ir būtiska gan vides aizsardzības, gan lauksaimniecības produkcijas ražošanā, gan kvalitātes nodrošināšanā. Mūsdienās arvien biežāk šim mērķim izmanto veģetācijas indeksus, kas ļauj analizēt augu veselību, augšanas dinamiku un reakciju uz vides faktoriem nedestruktīvi.

Veģetācijas indeksi ļauj **novērtēt dažādus fizioloģiskos parametrus**, piemēram, hlorofila saturu, ūdens nodrošinājumu, lapu laukuma indeksu un fotosintētisko aktivitāti. Šie rādītāji tieši atspoguļo augu vielmaiņas intensitāti un spēju reaģēt uz vides izmaiņām.

Viens no visplašāk izmantotajiem ir **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index) jeb normalizētais veģetācijas indekss. Zaļie augi spēcīgi atstaro NIR starojumu (near-infrared radiation), bet absorbē sarkano gaismu. Līdz ar to augiem ar aktīvu fotosintēzi un labu veselības stāvokli. NDVI vērtības ir augstas, savukārt stresā esošiem vai sausuma ietekmētiem augiem – zemākas. NDVI vērtības mainās atkarībā no analīzēm izmantotās aparātūras, auga sugas, pat šķirnes, augu attīstības stadijas (Lykhovyd, 2021). Ja kviešiem NDVI 0.57 - 0.73, tad papildus mēslošana ar slāpekli var palielināt ražu, ja NDVI >0.73. tad papildus mēslojums ražas pieaugumu nedos (Ahmed et al, 2024).

EVI (Enhanced Vegetation Index) ir jutīgāks pret blīvu veģetāciju un to izmanto augu augšanas intensitātes un augu biomasas novērtēšanai.

WBI (water band index) ļauj novērtēt lapu ūdens saturu augu lapās. Jo skaitlis ir tuvāks vieniniekam, jo lapas ir piesātinātākas ar ūdeni.

Veģetācijas indeksi tiek izmantoti slāpekļa satura novērtēšanā augos, tie ir ātra un relatīvi lēta alternatīva tradicionālām analītiskām metodēm. Izvēloties indeksus jāņem vērā augu suga, augšanas periods, lapojums un struktūra; - jāapzinās, ka standarta indeksi (piemēram, NDVI) var nebūt pietiekami jutīgi slāpekļa saturam augstā biomasas fāzē vai blīvās audzēs. Ieteikts apvienot slāpekļa satura noteikšanai vairākus indeksus. Kā viens no jutīgākajiem vairākos zinātniskajos avotos minēts **NDNI** (Normalized difference nitrogen index). Uzskata, ja NDNI ir negatīvs, tad slāpekļa saturs augos ir nepietiekams, ja no 0 - 0.2- optimāls, ja >0.2, tad augsts (Ma et al, 2022).

Ieteikts šo indeksu NDNI izmantot kopā ar augu novecošanās indeksu **PSRI** (Plant Senescence Reflectance Index), kas norāda uz augu novecošanos. Ja vērtība ir <0, tad augs tiek uzskatīts par aktīvi augošu, ja > 0, tad augā ir sākušies novecošanas procesi. (Ma et al, 2022).

Veģetācijas indeksi ir izmantojami slāpekļa satura novērtēšanā augos. Tie piedāvā ātru, un relatīvi lētu alternatīvu tradicionālām analītiskām metodēm. Tomēr to izmantošana prasa zināmu piesardzību un pareizu metodoloģiju: jāpārdomā, kurš indekss vai spektrālais diapazons vislabāk korelē ar slāpekli konkrētajiem kultūraugiem un konkrētos apstākļos; jāņem vērā augu suga, attīstības stadija, lapojums un struktūra (Padilla et al., 2017). Daļa no indeksiem (piemēram, NDVI) var nebūt pietiekami jutīgi slāpekļa satura noteikšanai. Tāpēc nepieciešama rūpīga indeksu izvēle, veidojot to kombinācijas. Ar pareizu izvēli un kalibrāciju, veģetācijas indeksi ir nozīmīgi gan mēslošanas plāna izstrādē un ilgtspējīgas lauksaimniecības nodrošināšanā.

Veģetācijas indeksi ir kļuvuši par nozīmīgu instrumentu precīzajā lauksaimniecībā un ekoloģiskajos pētījumos. Tie sniedz iespēju efektīvi novērtēt augu fizioloģisko stāvokli, optimizēt resursu izmantošanu un savlaicīgi reaģēt uz negatīvām izmaiņām.

Augsne ir viens no būtiskākajiem augu augšanu ietekmējošajiem faktoriem, Augsnes apstrādes sistēmas, sākot no klasiskās (aršana) līdz bezaršanas tehnoloģijām, ietekmē augsnes fizikālās, ķīmiskās un bioloģiskās īpašības. Bioloģiskie procesi, kas nosaka augsnes auglību un produktivitāti, galvenokārt ir saistīti ar mikroorganismiem un to izdalītajiem enzīmiem. Augsnes aktivitātes izmaiņas atspoguļo vides nelīdzsvarotību, kas ietekmē gan augsni, gan

augus. (Bielińska & Mocek-Plóćiniak, 2012). Ilgstoša minerālmēslojuma lietošana maina augsnes organisko vielu ķīmisko sastāvu, kā rezultātā palielinās mikroorganismu biomasa un enzīmu aktivitāte. Noteikts, ka organisko vielu stabilitāti ietekmē to ķīmiskais sastāvs, kas savukārt ietekmē mikrobioloģiskās sadalīšanās straujumu. Organisko vielu stabilitāte augsnē tiek raksturota arī kā izturība pret mikrobioloģisko sadalīšanos, to ietekmē arī augsnes apstrādes un mēslošanas veids (Jensen et al., 2005).

Mērījumi veikti LBTU MPS “Pēterlauki” Poļu stacionārā, zirņu pumpurošanās-ziedēšanas fāzē. Vienlaicīgi ar zirņu paraugu skanēšanu, veikti mērījumi arī atbilstošajos laucīņos augošajiem kviešiem.

Mērījumi veikti ar portatīvo spektrometru RS-3500, kurš nodrošina augu atstarošanās spektru nolasīšanu viļņu diapazonā no 350 nm līdz 2500 nm. Iegūtie spektri izmantoti veģetācijas indeksu noteikšanai. Izvēlētie veģetācijas indeksi doti 4.7. tabulā.

4.7.tabula

Izmantotie indeksi augu augšanas, slāpekļa nodrošinājuma, ūdens satura un stresa novērtēšanai.

	Nosaukums	Apzīmējums	Formula	Atsauce
Hlorofila saturs	Normalized difference vegetation index	NDVI	$\frac{R_{760} - R_{670}}{R_{760} + R_{670}}$	Peñuelas, J. Filella, I., 1998
	Chlorophyll Index Green	CI	$\frac{R_{800}}{R_{550}} - 1$	Gitelson et al., 2003
	Structure Intensive Pigment index	SIPI	$\frac{R_{800} - R_{445}}{R_{800} + R_{680}}$	Peñuelas, J. Filella, I., 1998
Augšanas intensitāte, biomasa	Enhanced Vegetation Index	EVI	$2.5 \frac{R_{800} - R_{670}}{R_{800} + 6R_{670} - 7.5R_{490} + 1}$	Huete et al., 1997
Slāpekļa saturs augos	Normalized difference nitrogen index	NDNI	$\frac{\log(\frac{1}{R_{1510}} - \frac{1}{R_{1680}})}{\log(\frac{1}{R_{1510}} + \frac{1}{R_{1680}})}$	Herrmann et al, 2010
Ūdens novērtēšanai	Water band index	WBI	$\frac{R_{970}}{R_{900}}$	Apan et al., 2004
Stress un vecums	Photochemical Reflectance Index	PRI	$\frac{R_{531} - R_{570}}{R_{531} + R_{570}}$	Gamon et al., 1992
	Plant senescence	PSRI	$\frac{R_{680} - R_{500}}{R_{750}}$	Merzliak et al., 1999
	Disease water stress index	DSWI-5	$\frac{R_{800} - R_{550}}{R_{1660} + R_{680}}$	Apan et al., 2004

Lai novērtētu augu relatīvo “labsajūtu” izmantots vienādojums, kas ļauj attiecināt konkrētās varianta vērtības pret pētījuma gada konkrētās pētījumu vietas vidējo vērtību.

$$Y_n = \left(\frac{1 - \sqrt{0.1}}{X_{max} - X_{min}} \right) (X_n - X_{max}) + 1$$

kur:

Xmax- lielākā parametra vērtība/the highest value of parameter,

Xmin- mazākā parametra vērtība/the lowest value of parameter,

Xn- n-tā parametra vērtība/value of n parameter.

Iegūtie dati matemātiski apstrādāti izmantojot divfaktoru un trīsfaktoru dispersijas analīzes un atšķirības starp rezultātiem tiek uzskatītas par būtiskām, ja $p < 0.05$.

Augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes novērtēšana

Augsnes elpošanas intensitāte (Microbiological Methods for Assessing Soil Quality, 2005) noteikta pēc izdalītā CO₂ daudzuma. Augsnes iesvaru (50 g) iesver 500 mL hermētiski noslēdzamā traukā. Traukā ar augsni ievieto vēl vienu mazāku trauciņu, kurā ielej 5 mL 0.1M KOH. Trauku aizver un novieto uz 24 stundām 30 °C temperatūrā. Pēc inkubācijas perioda pie KOH piepilina 2 pilienus fenolftaleīna un titrē ar 0.1M HCl. Elpošanas intensitāti (mg CO₂ g⁻¹ h⁻¹) aprēķina pēc formulas (X):

$$(A - B) * 2.2 * 60 / m * t \quad (X)$$

kur A – ml 0.1 N HCl kontrolei;
B – ml 0.1 N HCl izmēģinājuma traukā;
m – augsnes iesvars, g
t – inkubācijas laiks, min

Augsnes mikroorganismu biomasa noteikta ar inducētās elpošanas metodi pēc LVS ISO 14240-1:1997 standarta. Augsnes kvalitāte. Augsnes mikrobioloģiskās biomasa noteikšana. 1.daļa: Inducētā substrāta respirācijas metode.

Metabolisma koeficients (qCO₂).

qCO₂ jeb metabolisma koeficients ir mikrobioloģisks indikators, kas izsaka mikroorganismu elpošanas intensitāti attiecībā pret to biomasu. To izsaka kā mg CO₂-C / mg mikroorganismu C / h.

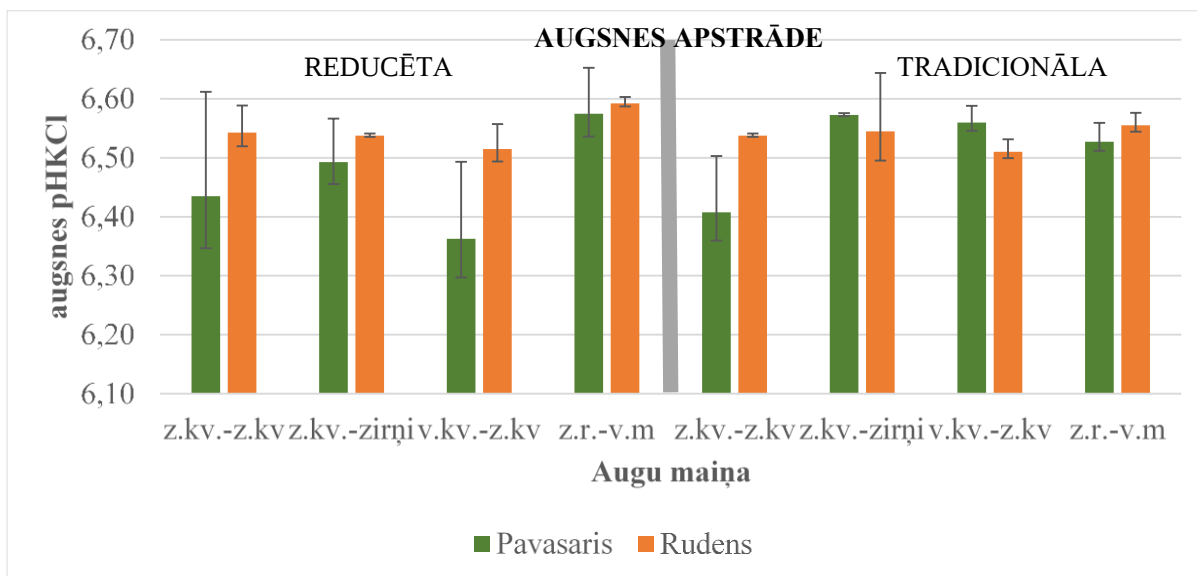
Aprēķins veikts atbilstoši standartam LVN EN ISO 16072.

4.2. Rezultāti

4.2.1. Augsnes paraugu analīze pirms un pēc kultūraugu sējas un slāpekļa ¹⁵N izotopu noteikšana augsnē un kultūraugos

Veiktās augsnes analīzes sniedz ieskatu par samazinātas jeb reducētas un tradicionālas augsnes apstrādes ietekmi uz augsnes agroķīmiskajiem rādītājiem dažādā kultūraugu rotācijā vienas sezonas ietvaros. Iegūtie rezultāti apliecina, ka abu augsnes apstrādes sistēmu augsnes reakcija un barības elementu nodrošinājums kopumā ir optimāls, tomēr lauki, kuros veikta reducētā augsnes apstrāde uzrāda labākas tendences augsnes auglības saglabāšanā ilgtermiņā.

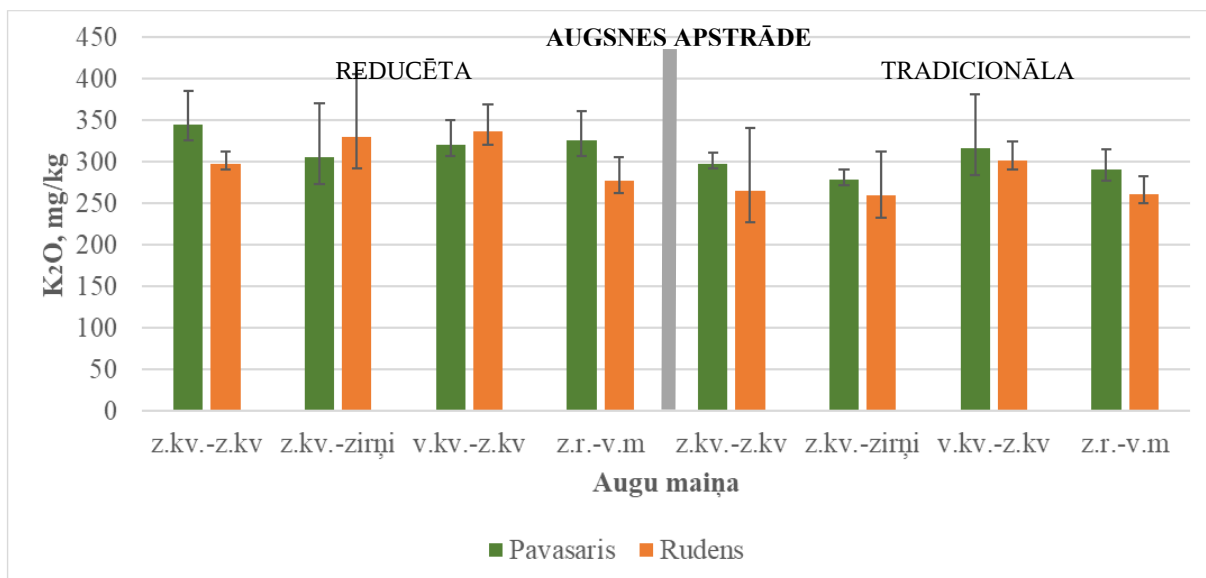
Augsnes reakcijas rādītāji (pH KCl) starp rudens un pavasara sezonām svārstījās no 6,36 līdz 6,59. Vidējā augsnes reakcijas vērtības reducētajos un tradicionālajos augsnes apstrādes veidos ir attiecīgi 6,51 un 6,53, kas putekļainai mālsmilts augsnei atbilst normālai augsnes reakcijai. Šāds augsnes pH līmenis ir optimāls vairumam lauksaimniecības kultūraugu un neparedz nepieciešamību pēc kalķošanas. Nelielas pH izmaiņas rudenī atsevišķos laukos norāda uz sezonālām augsnes reakcijas svārstībām (4.2. att.), ko var izraisīt tādi faktori kā mikroorganismu aktivitāte, mēslojuma iedarbība, augu barības elementu uzņemšana ar augiem un mitruma svārstības augsnē u.c. faktori.



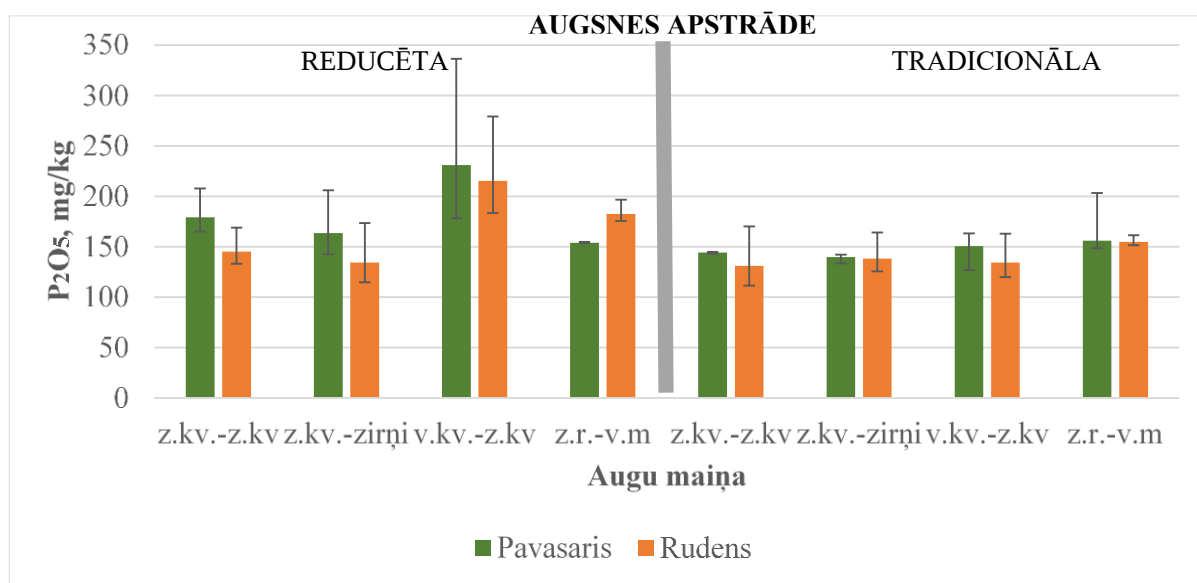
4.2. attēls. Augsnes reakcijas (pH_{KCl}) izmaiņas pavasara un rudens sezonā izmēģinājuma laukos ar dažādiem augsnes apstrādes veidiem (REDUCĒTĀ un TRADICIONĀLĀ) un augu maiņu (izmantotie saīsinājumi: z.kv – ziemas kvieši; v.kv. – vasaras kvieši; z.r. – ziemas rudzi; v.m.- vasaras mieži).

Augiem izmantojamā kālija (K_2O) saturs abās augsnes apstrādes sistēmās bija vidēji augsts. Reducētās augsnes apstrādes variantos kālija saturs svārstījās no 276 līdz 345 mg/kg, savukārt tradicionālajā augsnes apstrādē – no 260 līdz 317 mg/kg. Abi diapazoni atbilst augstam nodrošinājuma līmenim putekļainā mālsmiltis augsnē, tomēr redzams, ka reducētās augsnes apstrādes laukos augiem uzņemamais kālijs kopumā saglabājas nedaudz augstāks (vidēji par 33,52 mg/kg) nekā tradicionālās augsnes apstrādes laukos (4.3. att.). To var skaidrot ar to, ka reducētajā augsnes apstrādē netiek veikta augsnes apvēršana un virsējā augsnes slāņa sajaukšana, tādējādi tiek mazināta barības elementu izskalošanās un veicināta to uzkrāšanās virsējā augsnes slānī.

Augiem izmantojamā fosfora (P_2O_5) saturs reducētās augsnes apstrādes variantos bija robežās no 134 līdz 231 mg/kg, savukārt tradicionālās augsnes apstrādes variantos – no 131 līdz 156 mg/kg, kas atbilst augstam augiem uzņemamā fosfora nodrošinājuma līmenim augsnē (4.4. att.). Arī augiem uzņemamais fosfors, līdzīgi kā kālijs, reducētās augsnes apstrādes sistēmā ir ar lielāku tā pieejamību (vidēji par 32,08 mg/kg), iespējams, tāpēc, ka minētais augsnes apstrādes veids mazāk izjauc augsnes struktūru un samazina fosfora saistīšanos dziļākos augsnes horizontos. Līdzīgi secinājumi par fosfora pieejamības saglabāšanos samazinātas augsnes apstrādes apstākļos konstatēti arī citos pētījumos.



4.3. attēls. Augiem izmantojamā kālija (K_2O , mg/kg) nodrošinājuma izmaiņas augsnē pavasara un rudens sezonā izmēģinājuma laukos ar dažādiem augsnes apstrādes veidiem (REDUCĒTĀ un TRADICIONĀLĀ) un augu maiņu (izmantojie saīsinājumi: z.kv – ziemas kvieši; v.kv. – vasaras kvieši; z.r. – ziemas rudzi; v.m.- vasaras mieži).



4.4. attēls. Augiem izmantojamā fosfora (P_2O_5 , mg/kg) nodrošinājuma izmaiņas augsnē pavasara un rudens sezonā izmēģinājuma laukos ar dažādiem augsnes apstrādes veidiem (REDUCĒTĀ un TRADICIONĀLĀ) un augu maiņu (izmantojie saīsinājumi: z.kv – ziemas kvieši; v.kv. – vasaras kvieši; z.r. – ziemas rudzi; v.m.- vasaras mieži).

Savukārt vērtējot **organiskās vielas (OV)** saturu dažādos augsnes apstrādes veidos un pavasara un rudens sezonā, var secināt, ka OV saturs visos variantos ir zem 2,5%, kas liecina par nepietiekamu organiskās vielas daudzumu putekļainā mālsmilts augsnē. Šāds līmenis norāda, ka augsnes auglība un struktūra var būt traucēta, īpaši sausākos periodos, kad trūkst organisko daļiņu, kas palīdz noturēt mitrumu un barības vielas.

Samazinātās augsnes apstrādes variantos organiskās vielas saturs bija nedaudz augstāks un stabilāks salīdzinājumā ar tradicionālo apstrādi, kas liecina, ka mazāka mehāniskā iejaukšanās veicina organiskās vielas uzkrāšanos un saglabāšanu augsnē. Savukārt

tradicionālajā augsnes apstrādē novērota tendence uz organiskās vielas samazināšanos, iespējams, intensīvākas aerācijas un organisko vielu mineralizācijas dēļ.

Izotopu ($\delta^{15}\text{N}$ un $\delta^{13}\text{C}$) saturs augsnē un augos. Pētījumā analizēti zirņu un ziemas kviešu paraugi, lai novērtētu slāpekļa uzkrāšanos augos un augsnes apstrādes veida ietekmi uz N apriti. Augsnes paraugi ievākti divos laika posmos – 2025. gada 24. martā un 26. augustā, salīdzinot tradicionālo un reducēto augsnes apstrādi. Analizējot datus par $\delta^{15}\text{N}$ un $\delta^{13}\text{C}$ rādītājiem dažādiem augsnes apstrādes veidiem un kultūraugiem, var konstatēt atšķirības, kas saistītas gan ar kultūrauga veidu, gan augsnes apstrādes metodi.

Augsnes paraugi no putekļainas mālsmilts laukiem uzrādīja stabilas slāpekļa un oglekļa koncentrācijas. Slāpekļa saturs (w%, N) svārstījās no 0,12 līdz 0,15%, savukārt oglekļa saturs (w%, C) – no 1,10 līdz 1,40%. $\delta^{15}\text{N}$ vērtības ir robežās no 4,42 līdz 5,24‰, kas norāda uz augsnes bioloģisko un ķīmisko procesu ietekmi un ^{15}N uzkrāšanos augsnē (4.5. att.), bet $\delta^{13}\text{C}$ – no -26,33 līdz -26,96‰, kas atbilst tipiskam C_3 augu izcelsmes organiskajam ogleklim (4.6. att.). Šīs vērtības liecina par mērenu organiskās vielas saturu un stabilu N pieejamību. Analīžu dati rāda, ka slāpekļa saturs augsnē saglabājas stabils, ar nelielu pieaugumu reducētās apstrādes laukos, savukārt oglekļa saturs šajos laukos ir nedaudz augstāks, kas liecina par organiskā materiāla uzkrāšanos un lēnāku mineralizāciju.

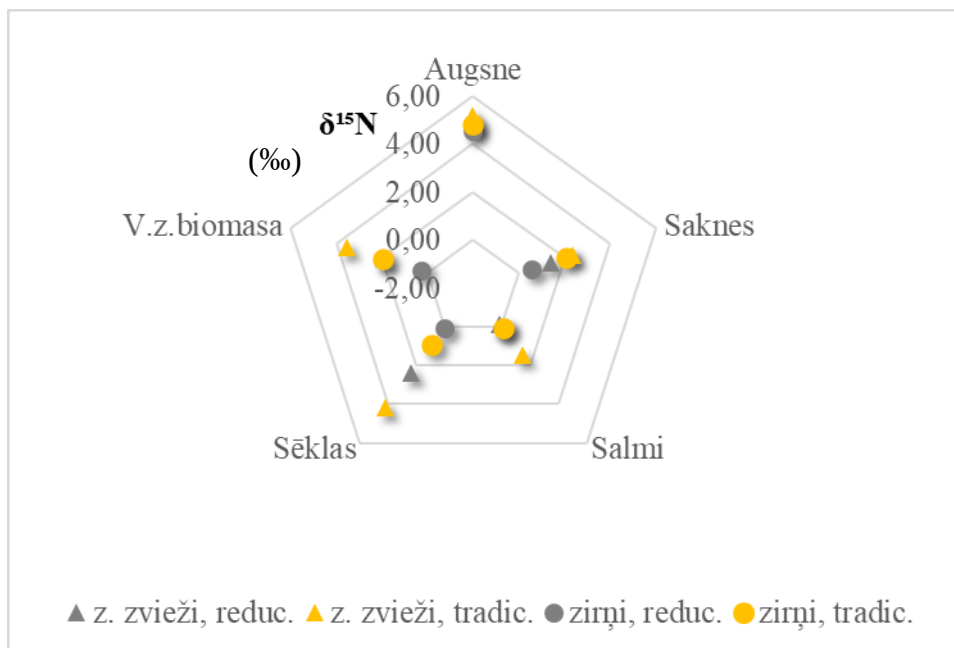
Salīdzinot augsnes apstrādes veidus, novērots, ka tradicionāli apstrādātajās augsnēs $\delta^{15}\text{N}$ vērtības bija augstākas (4,77–5,24‰), bet reducētajās – zemākas (4,42–4,96‰). Šādas atšķirības var liecināt, ka tradicionālā augsnes apstrāde veicina intensīvāku slāpekļa mineralizāciju un N mobilizāciju, savukārt reducētā apstrāde varētu sekmēt organiskā N saglabāšanu un, iespējams, bioloģisko slāpekļa fiksāciju (4.5. att.). Arī kultūrauga veids būtiski ietekmēja slāpekļa dinamiku. Zirņu laukos $\delta^{15}\text{N}$ vērtības augsnē bija nedaudz zemākas (4,54–5,17‰) nekā ziemas kviešu laukos (4,93–5,41‰), kas atspoguļo zirņu spēju fiksēt atmosfēras N_2 un samazināt atkarību no augsnes minerālā N. Ziemas kvieši, savukārt, vairāk izmanto augsnē esošo slāpekli, kas izraisa augstāku $\delta^{15}\text{N}$ līmeni. Zirņu audzēšana līdz ar to veicina slāpekļa bilances uzlabošanos un potenciāli varētu samazināt nepieciešamību pēc papildus mēslojuma.

Ziemas kviešu paraugi, kas audzēti reducētās augsnes apstrādes sistēmā, uzrāda $\delta^{15}\text{N}$ vidējās vērtības (26.08.2025) augsnē 4,93, saknēs 1,4, salmos -0,09, sēklās 2,36, savukārt virszemes biomasā – 1,87‰. Tajā pašā paraugā $\delta^{13}\text{C}$ vērtības ir augsnē -26,82, saknēs -28,57, salmos -28,87, sēklās -27,8, virszemes biomasā -27,27‰. Tradicionālajā augsnes apstrādē ziemas kviešu paraugi uzrāda nedaudz augstākas vidējās $\delta^{15}\text{N}$ vērtības (26.08.2025) – 5,17 augsnē, 2,38 saknēs, 1,49 salmos, 4,19 sēklās un 3,51‰ virszemes biomasā, bet $\delta^{13}\text{C}$ rādītāji ir nedaudz zemāki: -26,57 augsnē, -28,02 saknēs, -28,3 salmos, -27,62 sēklās un -27,45‰ virszemes biomasā (4.5.; 4.6. att.).

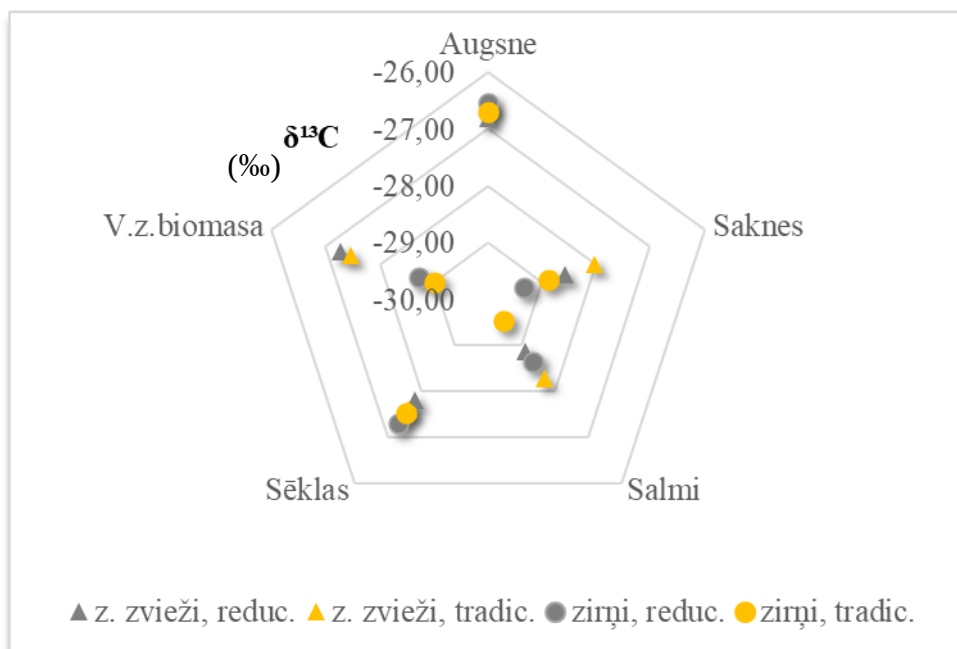
Savukārt zirņu paraugi reducētajā augsnes apstrādē uzrāda $\delta^{15}\text{N}$ vērtības 4,54 augsnē, 0,58 saknēs, 0,1 salmos, 0,06 sēklās un 0,2475‰ veģetatīvajā biomasā, savukārt $\delta^{13}\text{C}$ vērtības ir attiecīgi -26,54 augsnē, -29,33 saknēs, -28,66 salmos, -27,31 sēklās un -28,71‰ virszemes biomasā. Tradicionālās apstrādes zirņu paraugi uzrāda $\delta^{15}\text{N}$ vērtības 4,82 augsnē, 2,05 saknēs, 0,1 salmos, 0,95 sēklās un 1,95‰ veģetatīvajā biomasā, bet $\delta^{13}\text{C}$ vērtības ir -26,69 augsnē, -28,9 saknēs, -29,54 salmos, -27,54 sēklās un -29,01‰ virszemes biomasā (4.5. un 4.6. att.).

Iegūtie rezultāti liecina, ka augsnes apstrādes veids ietekmē gan $\delta^{15}\text{N}$, gan $\delta^{13}\text{C}$ saturu kultūraugos un augsnē, turklāt kultūrauga veids nosaka rādītāju izplatību dažādās auga daļās. Ziemas kvieši tradicionālās augsnes apstrādes apstākļos uzrāda augstāku $\delta^{15}\text{N}$ saturu veģetatīvajās daļās, savukārt zirņiem reducētās apstrādes apstākļos novērotas zemākas $\delta^{15}\text{N}$ vērtības saknēs un salmos, kas var liecināt par atšķirīgu slāpekļa asimilācijas mehānismu (piemēram, pastiprinātu simbiotisko fiksāciju vai izteiktāku N izotopu frakcionēšanos) un slāpekļa pārdali starp veģetatīvajām un reproduktīvajām auga daļām. $\delta^{13}\text{C}$ vērtības parāda līdzīgu tendenci, kas reducētās augsnes apstrādē bieži vien ir nedaudz zemākas vai līdzīgas,

tomēr vērtības mainās atkarībā no audzētā kultūrauga biomasas daļas. Šie rezultāti uzsver, ka gan kultūrauga izvēle, gan augsnes apstrādes metode būtiski ietekmē slāpekļa un oglekļa izplatību augsnē un augos, tomēr nedrīkst izslēgt, ka iegūtos rezultātus daļēji varēja ietekmēt veģetācijas sezonas laikapstākļi, kas veicināja paaugstinātu augsnes mitrumu un vietām pat kultūraugu izslīkšanu.



4.5. attēls. Izotopu $\delta^{15}\text{N}$ vērtības (‰) augos un augsnē pie dažādiem augsnes apstrādes veidiem. Izmantotie saīsinājumi – z.kvieši – ziemas kvieši; *reduc.* – reducētā augsnes apstrādes; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde; V.z.biomasā – virszemes zaļā biomasā.



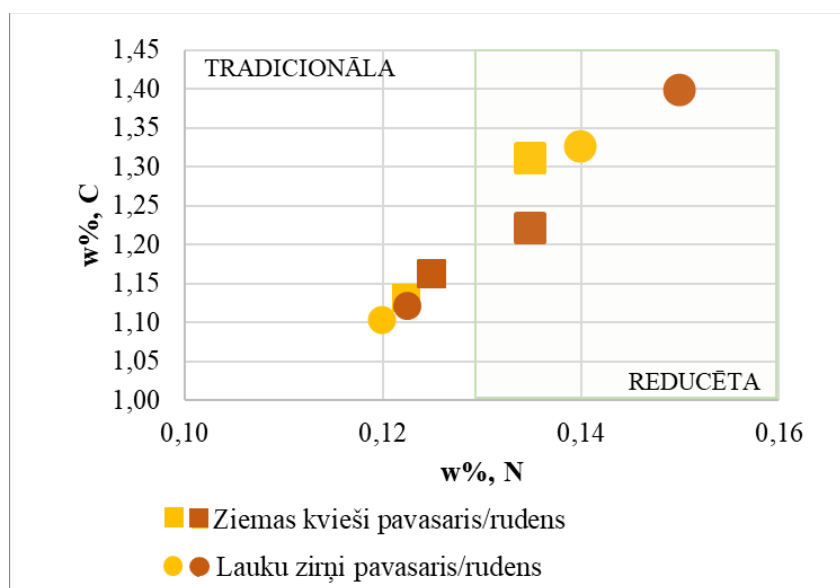
4.6. attēls. Izotopu $\delta^{13}\text{C}$ vērtības (‰) augos un augsnē pie dažādiem augsnes apstrādes veidiem. Izmantotie saīsinājumi – z.kvieši – ziemas kvieši; *reduc.* – reducētā augsnes apstrādes; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde; V.z.biomasā – virszemes zaļā biomasā.

C/N attiecība augsnē. Augsnes C/N attiecības analīze veikta augšņu paraugiem (0–20 cm), kas ievākti divos laikos– 2025. gada pavasarī (24. martā) un rudenī (26. augustā), lai izvērtētu sezonālo dinamiku dažādos laukos atkarībā no kultūrauga un augšņu apstrādes veida. Rezultāti parādīja, ka C/N attiecība pavasarī svārstījās no 9,19 līdz 9,70, bet rudenī no 9,04 līdz 9,32. Vidējās vērtības pavasarī bija 9,39, bet rudenī 9,20, norādot uz nelielu samazinājumu sezonas gaitā. Sezonas salīdzinājums rāda, ka C/N attiecība rudenī parasti ir nedaudz zemāka nekā pavasarī, izņemot tradicionālās apstrādes ziemas kviešu laukus, kur vērojams neliels pieaugums. Šī dinamika norāda, ka slāpekļa pieejamība augsnē mainās dabiski sezonas laikā, galvenokārt pateicoties mikroorganismu aktivitātei un organiskās vielas sadalīšanās procesiem, nevis mehāniskai organiskās vielas pievienošanai.

Detalizētāk skatoties, ziemas kviešu laukos ar tradicionālo apstrādi (laukos Nr. 2;14) C/N attiecība rudenī nedaudz palielinājās (no 9,22 līdz 9,30), kas, ņemot vērā, ka organiskais materiāls netika pievienots, var atspoguļot relatīvi lēnāku slāpekļa mineralizāciju un organiskās vielas sadalīšanās īpatnības konkrētajā augšņu tipā. Ziemas kviešu laukā ar reducēto apstrādi (laukos Nr. 1;13) vērojams neliels C/N samazinājums (no 9,70 līdz 9,04), kas liecina par slāpekļa pieejamības palielināšanos sezonas gaitā mikrobu aktivitātes un organiskās vielas sadalīšanās rezultātā (4.7. att.).

Zirņu laukos (3;15 un 4;16) abos apstrādes veidos C/N attiecība samazinājās no pavasara uz rudenī (no 9,19 līdz 9,14 un no 9,46 līdz 9,32). Šīs izmaiņas atspoguļo bioloģisko slāpekļa fiksāciju pākšaugu laukos un dabiskās organiskās vielas sadalīšanās procesus, kas palielina slāpekļa pieejamību augsnē (4.7. att.).

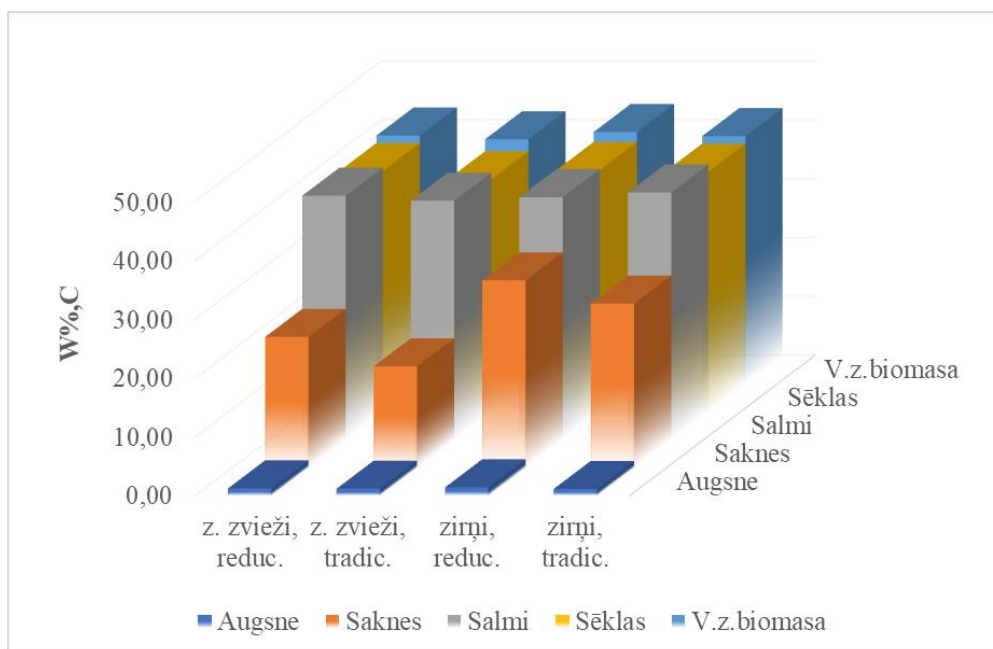
Ir novērojama sakarība starp slāpekļa (N) un oglekļa (C) saturu ziemas kviešiem un lauku zirņiem dažādās augšņu apstrādes sistēmās. Tradicionālajā augšņu apstrādē konstatēts zemāks N un C saturs (w,%), savukārt reducētajā sistēmā šie rādītāji ir augstāki, kas var liecināt par labāku barības vielu izmantošanas efektivitāti (4.7. att.). Lauku zirņiem pie līdzīga N līmeņa novērots augstāks C saturs nekā ziemas kviešiem, kas pēc literatūras datiem saistāms ar pākšaugu spēju bioloģiski fiksēt atmosfēras slāpekli simbiozē ar *Rhizobium* spp. baktērijām. Šī mijiedarbība uzlabo slāpekļa pieejamību un veicina oglekļa akumulāciju augu audos. Rezultāti apliecina, ka reducētā audzēšanas sistēma var sekmēt ilgtspējīgāku barības vielu apriti un augstāku oglekļa uzkrāšanās potenciālu agroekosistēmā. Tomēr iegūtie dati ir pirmā izmēģinājuma gada rezultāti, un tie sniedz tikai sākotnēju ieskatu augu C un N dinamiskajos procesos, līdz ar to pilnīgai secinājumu izdarīšanai nepieciešami pētījumi ilgākā laika periodā.



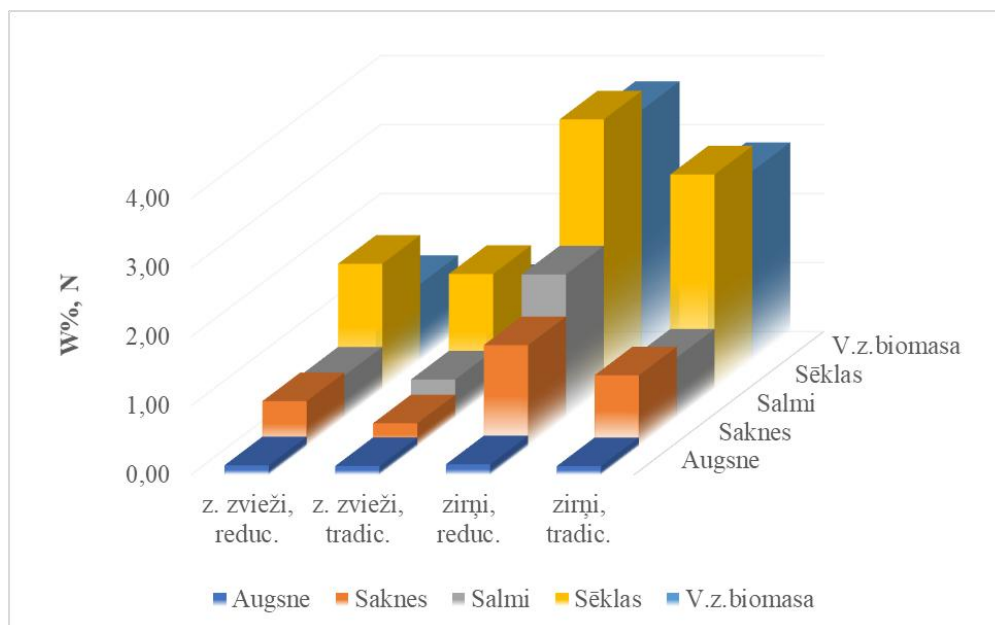
4.7. attēls. Kopējais C un N % saturs augsnē laukos ar reducēto un tradicionālo augšņu apstrādi.

Analizējot datus, redzams, ka gan kviešu, gan zirņu augos lielākā oglekļa (C) koncentrācija (ap 40–42 w%) atrodas salmos un sēklās, kam seko saknes (17–32 w%), bet augsnē C saturs ir ļoti zems (1,12–1,40 w%). Tas atbilst vispārpieņemtajam organisko vielu sadalījumam augos, kur fotosintēzes produkti uzkrājas galvenokārt sēklās un salmos. Interesanti, ka zirņu sakņu C saturs (27,86–31,79 w%) ir būtiski augstāks nekā kviešu saknēs (17,19–22,19 w%), kas norāda uz intensīvāku organisko vielu akumulāciju sakņu biomasā. Šī tendence atbilst faktam, ka pākšaugi, piemēram, zirņi, ar simbiotiskajām baktērijām nodrošina slāpekļa fiksāciju, kas stimulē gan oglekļa uzkrāšanos sakņu audos, gan sakņu attīstību. Virszemes biomasā C saturs abiem kultūraugiem (~41–43 w%) atbilst salmu un sēklu oglekļa saturam, jo šīs daļas veido lielāko organiskās masas daļu. (4.8. att.). Dati rāda, ka reducētā augsnes apstrāde nedaudz veicina oglekļa uzkrāšanos augu saknēs, īpaši zirņiem (C 31,80 w% reducētajā un 27,87 w% tradicionālajā augsnes apstrādē).

Slāpekļlis koncentrējas galvenokārt sēklās, kas atbilst tā loma olbaltumvielu, enzīmu un citu slāpekļli saturošu savienojumu sintēzē. Zirņiem N saturs saknēs (1,02–1,46 w%) un salmos (0,87–2,07 w%) ir ievērojami augstāks nekā kviešiem (saknēs 0,33–0,65; salmos 0,55–0,61 w%), kas skaidrojams ar gaisa slāpekļa fiksāciju un tā mobilitāti uz virszemes daļām. Sēklās zirņiem N saturs sasniedz pat 3,11–3,9 w%, kas pārsniedz slāpekļa saturu ziemas kviešu graudos (1,67–1,81 w%), atspoguļojot slāpekļa pārvietošanos no virszemes biomasas uz reproduktīvajām daļām. Augsnes kopējā slāpekļa saturs ir ļoti zems (0,12–0,15 w%), augi izmanto slāpekļa bioloģisko fiksāciju (zirņiem) vai minerālo slāpekļa uzņemšanu (kviešiem). Virszemes augu biomasā N saturs atbilst šai tendencei: zirņi uzkrāj ievērojami vairāk slāpekļa nekā kvieši, kas ir nozīmīgi gan augšanas potenciāla, gan ražas kvalitātes nodrošināšanai. Salīdzinot augsnes apstrādes veidus, reducētā augsnes apstrādē konstatētas augstākas N vērtības saknēs un salmos, īpaši zirņiem, kas var liecināt **par efektīvāku slāpekļa saglabāšanos augsnē un uzkrāšanos auga veģetatīvajās daļās, kas saistīts ar mazāk intensīvu augsnes apstrādi un iespējami labvēlīgāku mikrobioloģisko aktivitāti** (4.9. att.).



4.8. attēls. Kopējā oglekļa (w%) dinamika augos un augsnē dažādos augsnes apstrādes veidos. Izmantotie saīsinājumi – z. kvieši – ziemas kvieši; *reduc.* – reducētā augsnes apstrādes; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde; V.z. biomasā – virszemes zaļā biomasā.



4.9. attēls. Kopējā slāpekļa (w%) dinamika augos un augsnē dažādos augsnes apstrādes veidos. Izmantotie saīsinājumi – z.kvieši – ziemas kvieši; *reduc.* – reducētā augsnes apstrāde; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde; V.z.biomasā – virszemes zaļā biomasa.

Slāpekļa dinamika augsnē laukos ar tradicionālo un reducēto augsnes apstrādi un dažādiem kultūraugiem. Datu analīze par slāpekļa formu uzkrājumu augsnē 0–30 cm dziļumā atklāj skaidras tendences gan pavasarī, gan rudenī, ņemot vērā kultūraugu veidu un augsnes apstrādes metodi. Pavasara periodā minerālā slāpekļa formas augsnes virskārtā (0–30 cm) atšķiras atkarībā no apstrādes veida un kultūrauga (0–0,37 mg/kg). Nitrātu koncentrācija augsnes virskārtā bija ļoti zema (0,33–0,52 mg/kg), kas atbilst faktam, ka nitrāti augsnē pastāv īslaicīgi kā starpforma starp amoniju un nitrātiem un parasti tiek iekļauti kopējā nitrātu aprēķinā. Nitrātu līmenis pavasarī svārstījās robežās no 2,40 līdz 4,33 mg/kg, lielākoties saglabājoties līdzīgā līmenī starp dažādiem kultūraugiem un apstrādes veidiem. Vērā ņemamas likumsakarības starp kultūraugiem un augsnes apstrādes veidiem netika konstatētas, tomēr visos variantos, izņemot vasaras miežu variantu reducētajā augsnes apstrādē nitrātu koncentrācija ir nedaudz zemāka nekā tradicionālajā augsnes apstrādē (4.10. att.). Savukārt rudens periodā nitrātu slāpekļa saturs būtiski palielinājās, īpaši reducētās augsnes apstrādes laukos, piemēram, ziemas kviešiem sasniedzot 6,30 mg/kg. Šī tendence liecina par minerālā slāpekļa uzkrāšanos pēc ražas novākšanas, kas var palielināt izskalošanas risku. Amonija slāpekļa koncentrācija pavasarī reducētās apstrādes laukos bija augstāka, sasniedzot 2,06 mg/kg ziemas kviešiem un 1,99 mg/kg vasaras miežiem, salīdzinot ar tradicionālās apstrādes laukiem, kuros amonija slāpekļa saturs bija zemāks. Šis fakts liecina par lēnāku nitrifikāciju un labāku slāpekļa rezervi reducētās apstrādes laukos agrā pavasarī. Amonija slāpekļa koncentrācija rudenī bija līdzīga vai nedaudz zemāka nekā pavasarī, svārstoties no 0,71 līdz 1,72 mg/kg, kas atbilst dabiskajam rudens perioda mikroorganismu aktivitātes samazinājumam. zirņu sējumos pie tradicionālās augsnes apstrādes nav novērojami amonija slāpekļa satura izmaiņas, bet reducētās augsnes sistēmas variantā pat novērojama amonija uzkrāšanās – 0,49 mg/kg. Tomēr šo slāpekļa formas uzkrāšanos saistīt tikai ar zirņu spēju saistīt simbiotisko slāpekli būtu pārāgri, jo vienā no ziemas kviešu variantiem arī reducētās apstrādes laukos ir vērojama amonija uzkrāšanās rudens periodā par – 0,24 mg/kg (4.10. att.). Minētais norāda, ka viena izmēģinājuma gada rezultāti vēl nesniedz atbildi un pilnībā neizskaidro uz slāpekļa saistīšanās mehānismus augsnē.

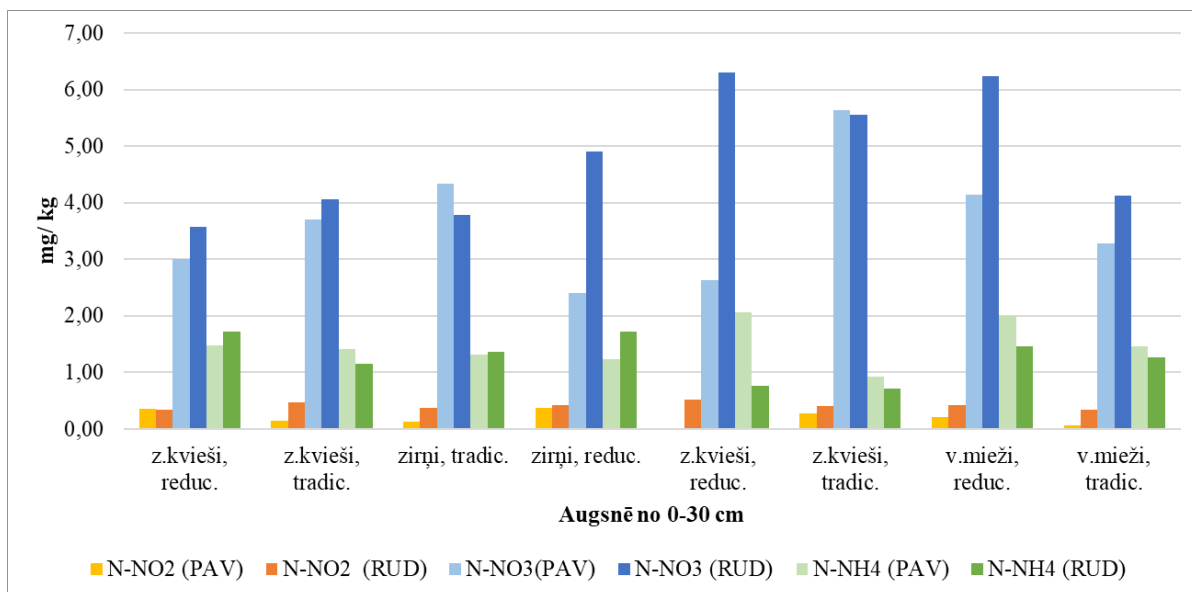
Kopumā reducētās augsnes apstrādes laukos slāpekļa notiek intensīvākā slāpekļa uzkrāšanās augsnē nekā tradicionālajā augsnes apstrādē. Pavasarī reducētā apstrāde veicināja

augstāku nitrātu un amonija daudzumu, bet rudenī šajos laukos bija novērojamas augstākas nitrātu koncentrācijas, kas nodrošina labāku slāpekļa rezervi ziemājiem. Augsnēs, kur auga zirņi saglabāja augstāku amonija slāpekļa saturu rudenī, iespējams, pateicoties atmosfēras slāpekļa fiksācijai. Tradicionālā apstrāde, savukārt, raksturojās ar nedaudz zemāku amonija slāpekļa saturu pavasarī un dažkārt augstāku nitrātu slāpekļa saturu, kas var liecināt par intensīvāku nitrifikāciju.

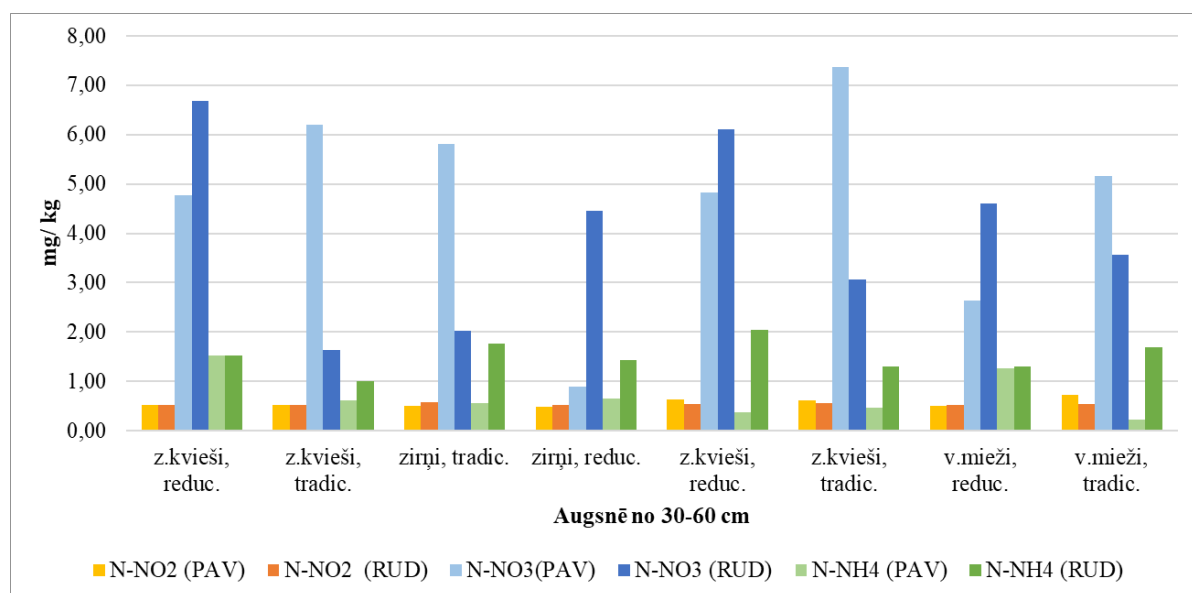
Analizējot minerālā slāpekļa formas augsnē dziļumā no 30 līdz 60 cm, redzamas gan kultūrauga, gan augsnes apstrādes metodes, kā arī sezonas ietekme uz iegūtajiem rezultātiem. Pavasarī dziļākajos augsnes slāņos ziemas kviešiem reducētās apstrādes laukos nitrātu līmenis bija 0,51–0,63 mg/kg, līdzvērtīgi tradicionālās apstrādes laukiem (0,51–0,62 mg/kg). Tas norāda, ka nitrātu koncentrācija dziļākajos slāņos ir salīdzinoši stabila neatkarīgi no apstrādes veida, kas atbilst faktam, ka nitrāti augsnē pastāv īslaicīgi kā starpforma starp amoniju un nitrātiem. Zirņiem pavasarī nitrātu līmenis svārstījās ap 0,48–0,49 mg/kg. Vasaras miežiem reducētās apstrādes laukos nitrāti bija 0,51 mg/kg, bet tradicionālajos laukos nedaudz augstāki (0,72 mg/kg), kas var liecināt par paaugstinātu mikroorganismu aktivitāti tradicionālās apstrādes dziļākajos slāņos. Rudenī nitrātu līmenis dziļākajos augsnes slāņos saglabājās stabils (0,52–0,56 mg/kg ziemas kviešiem un 0,52–0,58 mg/kg zirņiem), liecinot par zemu īslaicīgu nitrātu uzkrāšanos šajā periodā (4.11. att.)

Nitrātu slāpekļa koncentrācija pavasarī dziļākajos augsnes slāņos bija augstāka reducētās apstrādes laukos ziemas kviešiem (4,8–4,82 mg/kg) salīdzinājumā ar miežiem (2,63 mg/kg) un zirņiem (0,90 mg/kg), savukārt tradicionālās apstrādes laukos nitrātu saturs svārstījās no 0,90 līdz 7,36 mg/kg, norādot uz lielāku svārstīgumu atkarībā no kultūrauga. Zirņiem tradicionālās apstrādes laukos nitrātu slāpekļa saturs bija ievērojami zemāks (0,90 mg/kg) nekā reducētās augsnes apstrādes sistēmā 5,80 mg/kg. Savukārt nitrātu koncentrācija rudenī reducētās augsnes apstrādes laukos ziemas kviešiem bija augsta (6,10–6,68 mg/kg), norādot uz minerālā slāpekļa uzkrāšanos dziļākajos augsnes slāņos pēc ražas novākšanas. Tradicionālās apstrādes laukos nitrātu līmenis bija daudz zemāks, piemēram, ziemas kviešiem 1,62–3,06 mg/kg, bet zirņiem 2,02–4,46 mg/kg, uzsverot lielāku svārstīgumu un kultūrauga ietekmi (4.11. att.).

Amonija slāpekļa koncentrācija pavasarī 30–60 cm slānī reducētās apstrādes laukos ziemas kviešiem svārstījās no 0,38 līdz 1,51 mg/kg, liecinot par slāpekļa rezervi amonija formā. Tradicionālās apstrādes laukos amonija līmenis bija zemāks vai līdzīgs, piemēram, ziemas kviešiem 0,46–0,62 mg/kg, bet zirņiem 0,55 mg/kg. Vasaras miežiem reducētās apstrādes laukos amonija līmenis bija 1,26 mg/kg, kas pārsniedza tradicionālās augsnes apstrādes laukos noteiktos 0,23 mg/kg, uzsverot reducētās apstrādes metodes spēju saglabāt amonija formu dziļākajos augsnes slāņos. Savukārt rudenī amonija koncentrācija saglabājās vidēji līdzīga reducētās un tradicionālās apstrādes laukos, svārstoties no 1,01 līdz 2,04 mg/kg, kas liecina par salīdzinoši stabili amonija rezerves daudzumu dziļākajos augsnes slāņos (4.11. att.).



4.10. attēls. Minerālā lāpekļa saturs (mg/kg) nitrītu (N-NO₂), nitrātru (N-NO₃) un amonija (N-NH₄) formā augsnē 0-30 cm laukos ar tradicionālo un reducēto augsnes apstrādi un dažādiem kultūraugiem. Izmantotie saīsinājumi – *z.kvieši* – ziemas kvieši; – *v.mieži* – vasaras mieži; *reduc.* – reducētā augsnes apstrādes; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde.



4.11. attēls. Minerālā slāpekļa daudzums (mg/kg) nitrītu (N-NO₂), nitrātru (N-NO₃) un amonija (N-NH₄) formā augsnē no 30-60 cm laukos ar tradicionālo un reducēto augsnes apstrādi un dažādiem kultūraugiem. Izmantotie saīsinājumi – *z.kvieši* – ziemas kvieši; – *v.mieži* – vasaras mieži; *reduc.* – reducētā augsnes apstrādes; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde.

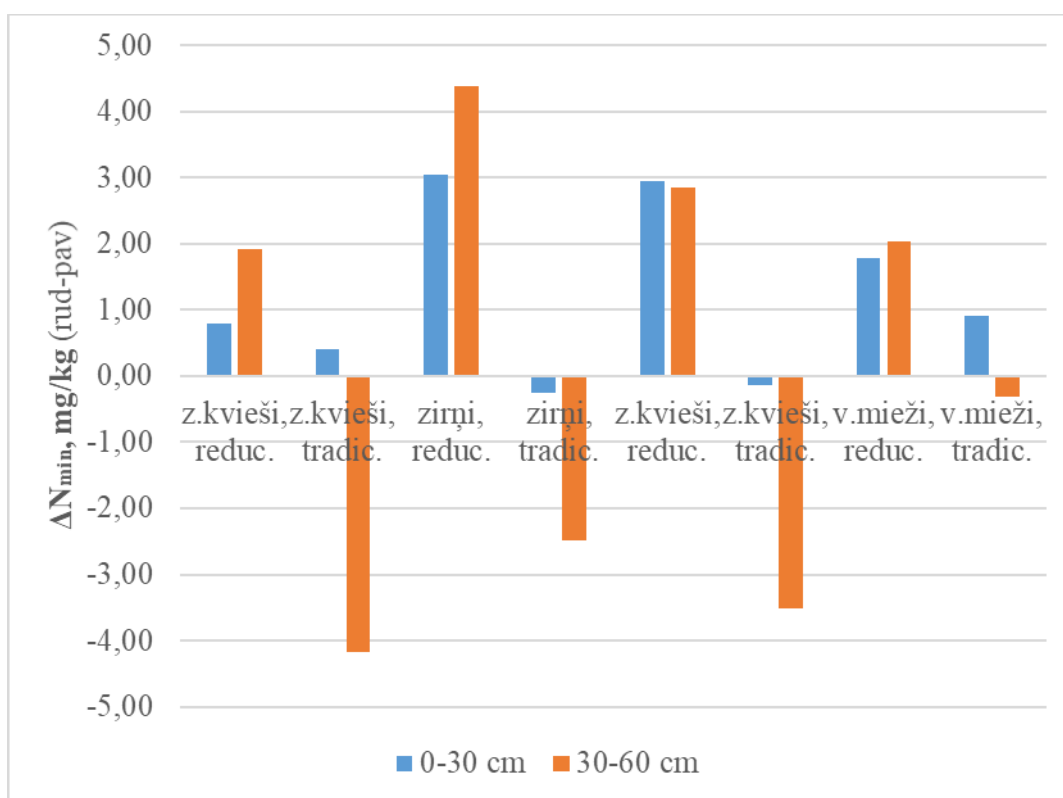
Analizējot minerālā slāpekļa (N_{min}) dinamikas datus starp rudens un pavasara sezonu dažādiem kultūraugiem un augsnes apstrādes veidiem, novērojamas skaidras atšķirības starp reducēto un tradicionālo apstrādi gan 0–30 cm, gan 30–60 cm augsnes slāņos.

Ziemas kviešu gadījumā reducētā apstrāde nodrošināja pozitīvas N_{min} vērtību izmaiņas abos augsnes dziļumos (0–30; 30–60 cm). Vienā no variantiem pieaugums bija mērens (0,80 mg/kg virskārtā un 1,92 mg/kg dziļākajā slānī), bet otrā – lielāks, sasniedzot attiecīgi 2,85 un 2,95 mg/kg. Tas norāda, ka ziemas kvieši labi reaģē uz reducēto apstrādi, saglabājot un uzkrājot vairāk slāpekļa gan virskārtā, gan dziļāk augsnes profilā. Savukārt tradicionālās apstrādes gadījumā vērojams pretējs efekts – N_{min} samazinājums, īpaši dziļākajā slānī, kur starpība

sasniedza līdz pat $-4,18$ mg/kg. Tas liecina, ka intensīvāka augsnes apstrāde var veicināt slāpekļa izskalošanos un zudumus, samazinot tā pieejamību augiem (4.12. att.).

Vasaras miežiem reducētā augsnes apstrāde arī nodrošināja stabilu N_{min} pieaugumu abos augsnes slāņos (attiecīgi $1,79$ un $2,03$ mg/kg), kas liecina, ka šis kultūraugs efektīvi izmanto reducētās apstrādes sniegtos apstākļus, nodrošinot labāku slāpekļa saglabāšanu. Savukārt tradicionālajā variantā N_{min} pieaugums bija novērojams tikai augsnes virskārtā ($0,92$ mg/kg), bet dziļākajā slānī novērots neliels samazinājums ($-0,32$ mg/kg), kas var būt saistīts ar slāpekļa pārvietošanos vai izskalošanos (4.12. att.).

Zirņiem reducētā augsnes apstrāde nodrošināja visizteiktāko pozitīvo slāpekļa dinamiku. N_{min} pieaugums sasniedza $3,05$ mg/kg augsnes virskārtā un $4,38$ mg/kg dziļākajā augsnes slānī, kas liecina par uzkrājošu slāpekļa dinamiku. Šie rezultāti atbilst tam, ka zirņi spēj simbiotiski saistīt atmosfēras slāpekli un veicināt organiskās vielas uzkrāšanos. Tas norāda, ka zirņi reducētās augsnes apstrādes apstākļos īpaši labvēlīgi ietekmē N_{min} uzkrāšanos. Pretēji tam, tradicionālās augsnes apstrādes apstākļos, N_{min} samazinājās gan $0-30$ cm ($-0,26$ mg/kg), gan $30-60$ cm slānī ($-2,49$ mg/kg), kas var būt saistīts ar mazāku mikrobioloģisko aktivitāti un lielākiem slāpekļa zudumiem augsnes profilā (4.12. att.).



4.12. attēls. Slāpekļa (N_{min}) dinamika laukos ar tradicionālo un reducēto augsnes apstrādi un dažādiem kultūraugiem 2025.gada rudens-pavasaris. Izmantotie saīsinājumi – *z.kvieši* – ziemas kvieši; – *v.mieži* – vasaras mieži; *reduc.* – reducētā augsnes apstrādes; *tradic.* – tradicionālā augsnes apstrāde.

Kopumā novērojams, ka reducētā augsnes apstrāde visos kultūraugu variantos sekmēja N_{min} palielināšanos gan augsnes virskārtā, gan dziļākajos augsnes slāņos, savukārt tradicionālā augsnes apstrāde galvenokārt izraisīja minerālā slāpekļa samazinājumu, īpaši $30-60$ cm dziļumā. Tas liecina, ka reducētā augsnes apstrāde veicina minerālā slāpekļa uzkrāšanos augsnē, iespējams, samazinot izskalošanu un veicinot organiskās vielas stabilitāti. Visizteiktākais pozitīvais efekts novērots zirņiem reducētās augsnes apstrādes apstākļos, kam seko ziemas kvieši un vasaras mieži, kas apliecina, ka pākšaugi reducētajā augsnes apstrādes

sistēmā sniedz vislielāko ieguldījumu augsnes slāpekļa bilances uzlabošanā un kopējās auglības palielināšanā.

4.2.2. Augu augšanas apstākļu un simbiotiskās slāpekļa saistīšanas novērtējums Poķu stacionārā

Izmēģinājumos noskaidrots, ka NDVI zirņu lapās ir augstāks nekā kviešu lapās un visos variantos uzrāda pietiekamu vērtību, kas liecina, ka augiem nav slāpekļa deficīta. Lai gan NDVI tradicionālās un reducētās augsnes apstrādes laukā ir pietiekams, tomēr datu matemātiskā apstrāde liecina, ka tradicionālās augsnes apstrādes laukā tas ir būtiski augstāks. Kviešu laukos nenovēro būtisku apstrādes ietekmi, tomēr NDVI indeksa vērtība ir 0.68, kas pēc literatūras datiem nozīmē, ka papildus slāpekļa avota piegāde varētu veicināt augu produktivitāti (4.8. tabula).

Hlorofila indekss (CI) tiek uzskatīts par precīzāku augu “zaļuma” indikatoru. Zirņu laukos būtiski augstāks CI, konstatēts tradicionālās augsnes apstrādes variantos, kviešu laukos, lai gan tendence ir tā pati, ietekmes būtiskumu pierādīt neizdevās (4.8. tabula).

Indekss SIPI kā vēl viens no plaši izmantotajiem veģetācijas indeksiem augu fotosintēzes novērtēšanai, saglabāja to pašu tendenci, ka tradicionālās augsnes apstrādes laukos tas ir lielāks, tomēr ne zirņu, ne kviešu laukos būtiskas atšķirības starp augsnes apstrādes metodēm netika novērotas (4.8. tabula).

EVI, kas raksturo augu biomasas veidošanos, neparādīja būtiskas vērtības izmaiņas ne starp izmēģinājuma variantiem, ne atkārtojumiem (4.8. tabula).

Indekss NDNI, kas raksturo slāpekļa saturu augos, būtiski zemāks ir zirņos salīdzinot ar kviešiem. Tā kā literatūrā par šo indeksu ir pretrunīga informācija un ir ieteikts to izmantot kopā ar indeksu PSRI, tad šeit vajadzīgi turpmāki pētījumi. Pierādās būtiska augsnes apstrādes ietekme uz NDVI indeksu kviešu laukos (4.8. tabula).

Ūdens saturs augos tika raksturots ar indeksu WBI. Vērtības, kas vairāk tuvojās 1, tiek uzskatītas par augu rādītāju, kur augu nodrošinājums ar ūdeni ir labāks. No rezultātiem redzams, ka zirņu laukos ūdens nodrošinājumu ir būtiski ietekmējusi augsnes apstrāde (0.02reduc.>tradic.). Kviešu laukos augsnes apstrādes metodei nav bijusi būtiska ietekme, bet būtiska ir bijusi lauka atrašanās vieta. Tas pilnībā atbilst šī gada meteoroloģiskajiem apstākļiem, jo lauki bija pārmitri (4.8. tabula).

Indekss PRI liecina par stresa līmeni augos. Ne kviešos ne zirņos būtisks stress nav konstatēts. $PRI > 0.02$. Tomēr gan zirņu, gan kviešu sējumos, kuri auguši reducētās augsnes apstrādes laukos PRI vērtība ir vidēji par 18-55% zemāka, kas liecina par būtiski augstāku stresa līmeni augos (4.8. tabula).

PSRI kā augu novecošanās indekss liecina, ka zirņi ir fizioloģiski vecāki nekā kvieši, bet būtiskas novecošanās pazīmes nav nevienam no kultūraugu variantiem ($PSRI < 0$). Datu matemātiskā apstrāde liecina, ka gan zirņu, gan kviešu sējumos reducētās augsnes apstrādes variantos augi ir fizioloģiski jaunāki, zirņu variantos pat būtiski (4.8. tabula).

DSWI-5 ir viens no indeksiem, ar kura palīdzību tiek vērtēts augu stress, ko izraisa slimības un ūdens trūkums augos. Augstāka vērtība norāda uz labāku augu fizioloģisko stāvokli. Noskaidrots, ka zirņu sējumos būtiski augstākas vērtības ir tradicionālās augsnes apstrādes variantos. Arī kviešu sējumos augstākas vērtības ir tradicionālās augsnes apstrādes variantos, bet būtisku ietekmi ir atstājusi lauka atrašanās vieta (4.8. tabula).

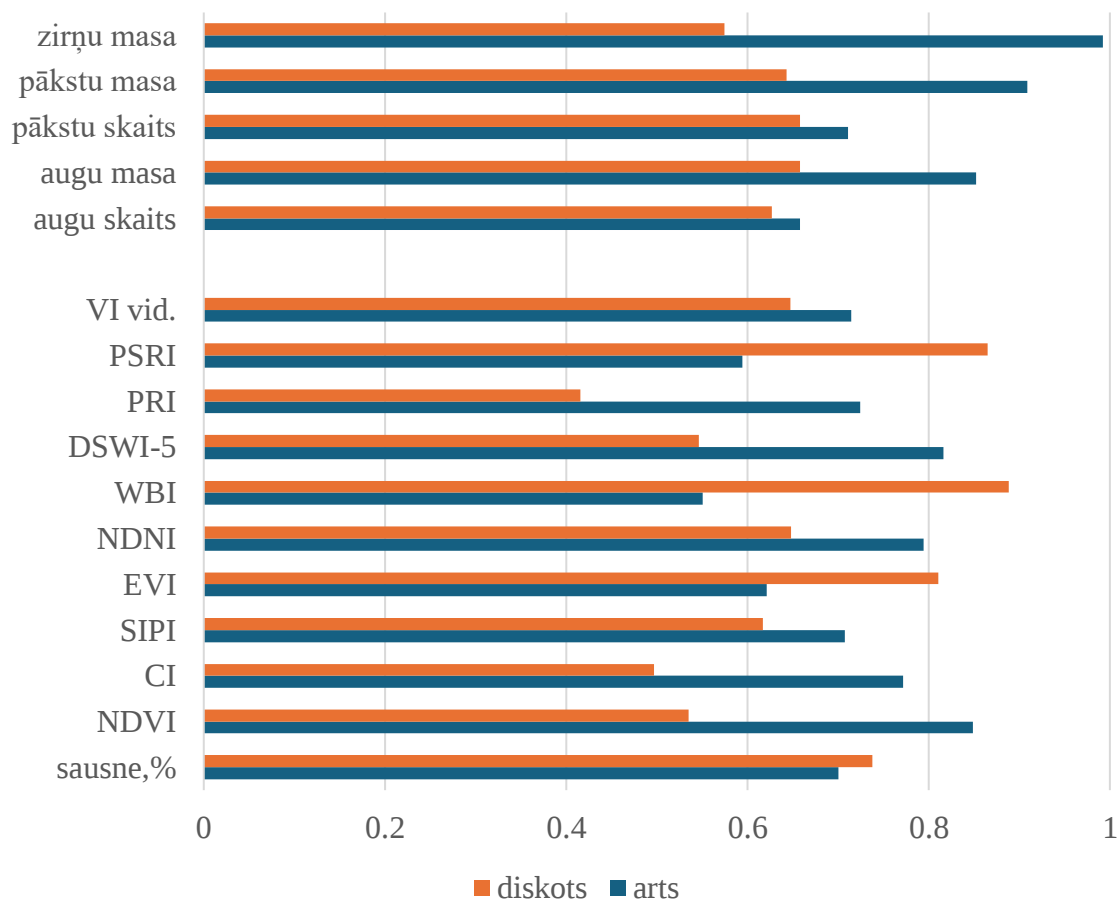
Izmēģinājumos noskaidrots, ka augstāka augu pākstu un zirņu masa iegūta tradicionālās augsnes apstrādes variantos. Reducētās augsnes apstrādes variantos ir būtiski labāka augu apgāde ar ūdeni un zirņi lēnāk noveco. Tradicionālās augsnes apstrādes variantos

augiem ir mazāks stresa līmenis un augstāks hlorofila saturs, kas, visticamāk ir nodrošinājis augstāku produktivitāti (4.8. tabula, 4.13. attēls).

4.8. tabula

Veģetācijas indeksu izmaiņas zirņu un kviešu sējumos.

		Zirņi			Kvieši			
	lauks	A	D	RS _{0.05}	A	D	RS _{0.05}	
NDVI	1	0,789	0,740		0,698	0,677		
	2	0,793	0,770		0,663	0,680		
	Vid.	0,791	0,755	0.018	0,680	0,679	0.029	
lauks	P vērtība	0.097	Ietekme,%	10.0	P vērtība	0,288	Ietekme,%	3,0
apstrāde		0.000		23.5		0,907		0,0
mij.		0.458		4.0		0,192		4,5
CI	1	1,758	1,275		1,535	1,304		
	2	1,823	1,528		1,090	1,179		
	Vid.	1,790	1,401	0,185	1,312	1,242	0,215	
lauks	P vērtība	0.321	Ietekme,%	4.9	P vērtība	0,011	Ietekme,%	15,7
apstrāde		0.000		24.0		0,509		1,0
mij.		0.746		1.7		0,140		5,0
SIPI	1	0,924	0,922		0,901	0,914		
	2	0,922	0,916		0,919	0,900		
	Vid.	0,923	0,919	0.009	0,910	0,907	0,015	
lauks	P vērtība	0.790	Ietekme,%	1.5	P vērtība	0,750	Ietekme,%	0,3
apstrāde		0.370		1.2		0,695		0,4
mij.		0.956		0.5		0,034		11,8
EVI	1	4,166	4,508		6,012	5,523		
	2	4,029	4,430		5,474	6,572		
	Vid.	4,098	4,469	0.389	5,743	6,048	0,721	
lauks	P vērtība	0.640	Ietekme,%	2.3	P vērtība	0,477	Ietekme,%	1,2
apstrāde		0.061		4.9		0,397		1,7
mij.		0.695		1.9		0,032		11,8
NDNI	1	-0,085	-0,081		-0,039	-0,034		
	2	-0,086	-0,084		-0,040	-0,038		
	Vid.	-0,086	-0,083	0.004	-0,039	-0,036	0,003	
lauks	P vērtība	0.468	Ietekme,%	3.5	P vērtība	0,052	Ietekme,%	8,7
apstrāde		0.182		2.4		0,023		12,2
mij.		0.325		4.8		0,376		1,7
WBI	0,950	0,960			0,982	0,985		
	0,955	0,960			0,980	0,981		
	0,953	0,960	0.004		0,981	0,983	0,003	
lauks	P vērtība	0.242	Ietekme,%	6.4	P vērtība	0,024	Ietekme,%	12,5
apstrāde		0.000		28.4		0,160		4,7
mij.		0.414		4.3		0,481		1,1
PRI	1	0,048	0,039		0,032	0,017		
	2	0,046	0,042		0,025	0,019		
	Vid.	0,047	0,040	0.004	0,028	0,018	0,005	
lauks	P vērtība	0.966	Ietekme,%	0.4	P vērtība	0,322	Ietekme,%	1,8
apstrāde		0.000		21.7		0,000		27,7
mij.		0.341		5.2		0,084		5,7
PSRI	1	-0,024	-0,034		-0,047	-0,045		
	2	-0,022	-0,033		-0,044	-0,054		
	Vid.	-0,023	-0,033		-0,045	-0,049	0,007	
lauks	P vērtība	0.906	Ietekme,%	0.7	P vērtība	0,343	Ietekme,%	2,2
apstrāde		0.000		17.6		0,246		3,4
mij.		0.812		1.2		0,104		6,8
DSWI-5	1	0,905	0,754		0,686	0,617		
	2	0,920	0,859		0,565	0,606		
	Vid.	0,912	0,807		0,625	0,611	0,065	
lauks	P vērtība	0.180	Ietekme,%	7.8	P vērtība	0,048	Ietekme,%	9,7
apstrāde		0.001		20.5		0,667		0,4
mij.		0.468		4.0		0,097		6,7



4.13. attēls. 2025. gada izmēģinājumu relatīvais novērtējums.

Kā papildus parametrs slāpekļa nodrošinājuma novērtēšanai ir izmantota pētīto indeksu starpība starp auga vecajām un jaunajām lapām. Zinot, ka slāpeklis ir viegli reutilizējams elements, tad slāpekļa trūkuma gadījumā vajadzētu augšējās lapās uzrādīties lielākām veģetācijas indeksu vērtībām. 4.9. tabulā redzamās vērtības pierāda, ka šī likumsakarība neapstiprinās, kas liecina, ka zirņu apgāde ar slāpekli ir apmierinoša un simbiotiskā sistēma zirņos ir izveidojusies produktīva (4.9. tabula)

4.9. tabula

Parametru kritums starp augu augšējām un apakšējām lapām.

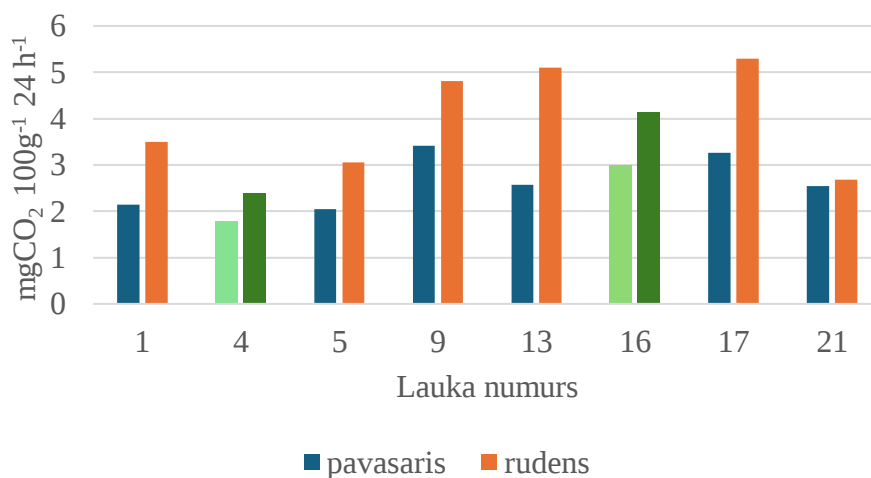
	Augsnes apstrāde	Auga augšējā lapa	Auga apakšējā lapa	Starpība, %	p- vērtība
NDVI	tradic.	0,775	0,806	-4,0	n.b
	reduc.	0,757	0,753	0,6	n.b
CI	tradic.	1,671	1,910	-14,3	0.022
	reduc.	1,304	1,499	-15,0	0.022
SIPI	tradic.	0,911	0,935	-2,7	0.0005
	reduc.	0,914	0,924	-1,1	0.0005
NDNI	tradic.	-0,084	-0,087	-3,5	n.b.
	reduc.	-0,078	-0,088	-12,9	0.004

4.2.3. Augsnes mikrobioloģiskās aktivitātes novērtējums

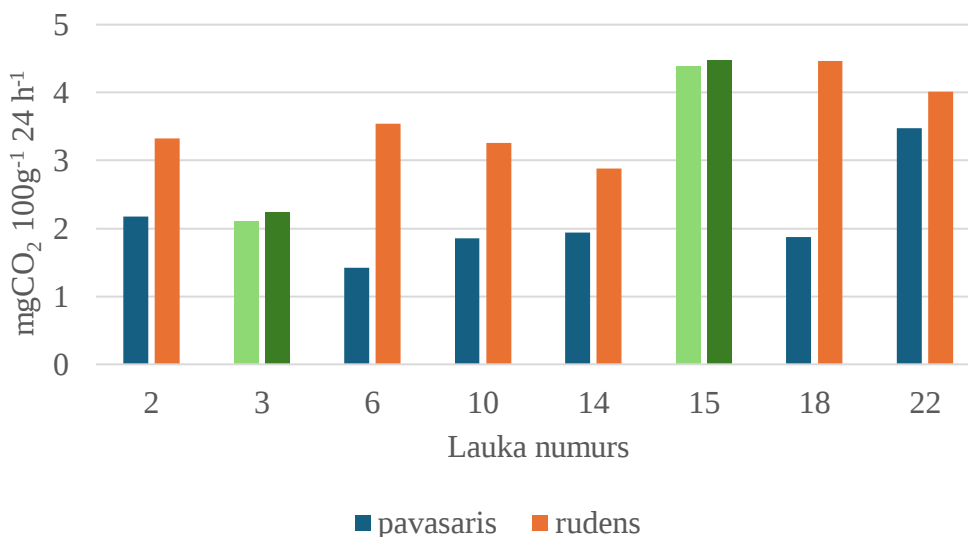
Augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte novērtēta divas reizes veģetācijas periodā pavasarī (paraugi ievākti 24.03.2025.) un rudenī (26.08.2025.).

Rudens paraugiem visos laucīņos konstatēta augstāka mikrobioloģiskā aktivitāte, salīdzinot ar pavasara paraugiem. Starp rezultātiem vienā paraugu vākšanas reizē vērojama liela izkliede gan reducētās (4.14. att.), gan tradicionālās (4.15. att.) augsnes apstrādes variantos. Svārstību iemesls var būt gan meteoroloģisko apstākļu izraisītais atšķirīgais augsnes mitrums, gan audzēto kultūraugi.

Salīdzinot vidējās elpošanas intensitātes vērtības reducētās un tradicionālās augsnes apstrādes laucīņos, var secināt, ka augstāka mikrobioloģiskā aktivitāte pavasarī un rudenī bija reducētās augsnes apstrādes laucīņos.



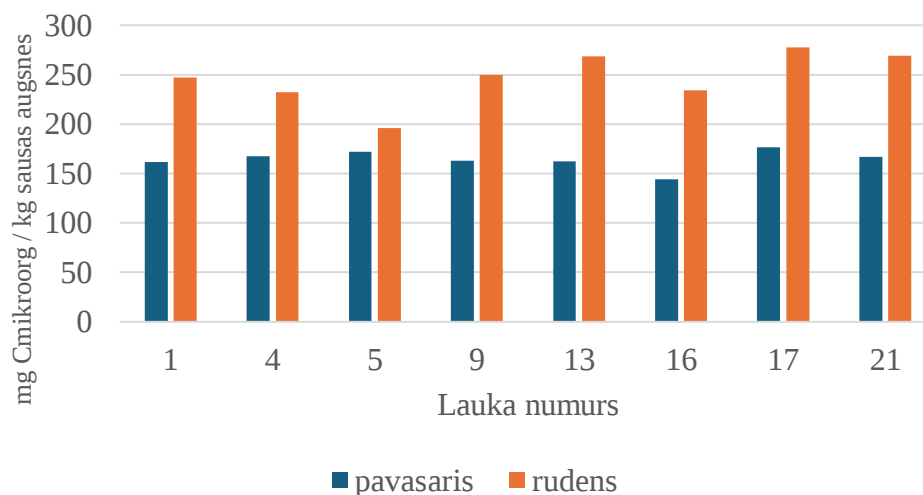
4.14. attēls. Augsnes elpošanas intensitāte reducētās augsnes apstrādes laucīņos (ar zaļu atzīmēti laucīņi, kuros audzēja zirņus)



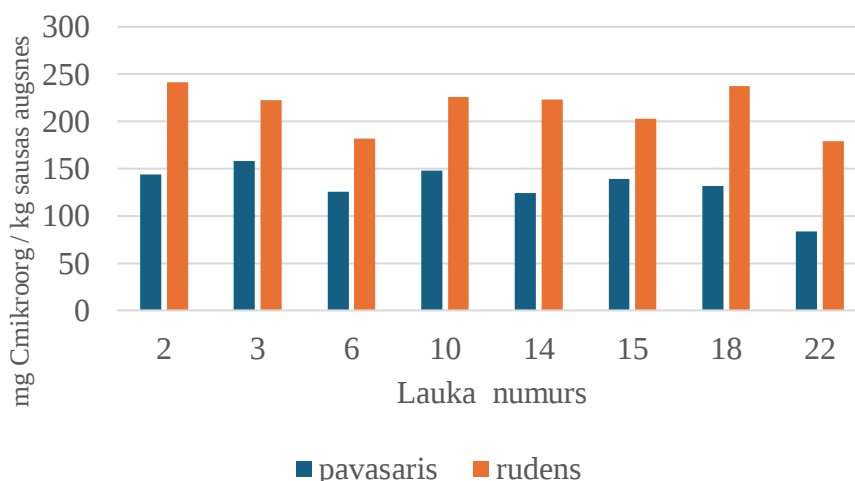
4.15. attēls. Augsnes elpošanas intensitāte tradicionālās augsnes apstrādes laucīņos (ar zaļu atzīmēti laucīņi, kuros audzēja zirņus)

Mikroorganismu biomasas daudzuma svārstības abās augsnes apstrādes sistēmās (4.16. un 4.17. att.) nebija tik izteiktas, kā augsnes elpošanas intensitātei. Tas liecina,

ka vides apstākļi un audzētie augi vairāk ietekmē mikroorganismu aktivitāti nekā to biomasas izmaiņas. Reducētās augsnes apstrādes laukos rudenī ir vidēji par 50.2% lielāka mikroorganismu biomasa, bet tradicionālās augsnes apstrādes laukos vidēji par 62,4%.



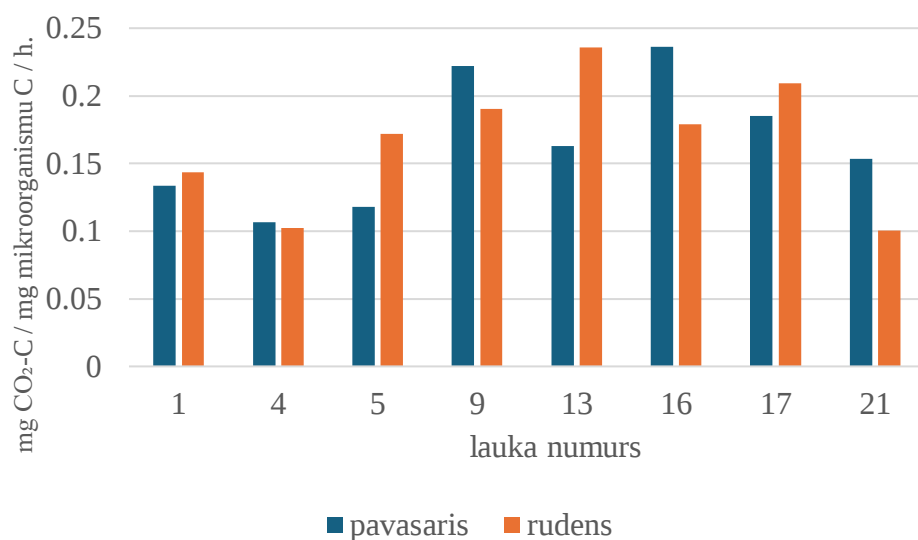
4.16. attēls. Mikroorganismu biomasa reducētās augsnes apstrādes lauciņos.



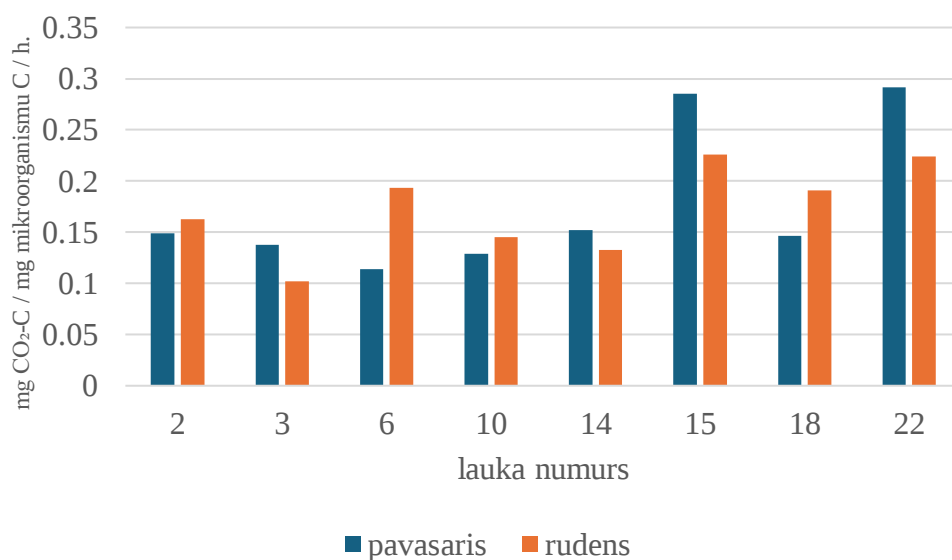
4.17. attēls. Mikroorganismu biomasa tradicionālās augsnes apstrādes lauciņos.

Metabolisma koeficients qCO_2 raksturo mikroorganismu elpošanas efektivitāti augsnē — zemāka vērtība liecina par efektīvāku ir mikroorganismu darbību. Zema mikroorganismu efektivitāte liecina par lielākām CO_2 emisijām. Augsta qCO_2 vērtība veidojas stresa apstākļos, kad mikroorganismi patērē vairāk enerģijas, lai uzturētu dzīvotspēju. Zema qCO_2 vērtība liecina par efektīvu mikroorganismu darbību, kur lielāka biomasa rada mazākas CO_2 emisijas, tas ir raksturīgi stabilākai mikroorganismu asociācijai augsnē.

Metabolisma koeficienta vērtības apkopotas 4.18. un 4.19. attēlos. Tā kā izmēģinājumā konstatēta liela elpošanas vērtību svārstība, arī metabolisma koeficients ir atšķirīgs starp lauciņiem. Nedaudz zemāka vērtība ir reducētajos augsnes apstrādes laukos. Pēc Anderson un Domsch (1990) pētījumu rezultātiem zema, efektīvu qCO_2 vērtības ir <1.0 , savukārt >2.0 liecina par paaugstinātu elpošanu un neefektīvu darbību.



4.18. attēls. Mikroorganismu metabolisma koeficients (qCO_2) reducētās augsnes apstrādes lauciņos.



4.19. attēls. Mikroorganismu metabolisma koeficients (qCO_2) tradicionālās augsnes apstrādes lauciņos.

4.2.4. Secinājumi par zirņu fizioloģiju un augsnes mikrobioloģisko aktivitāti atšķirīgas augsnes apstrādes apstākļos

1. Izmantotie veģetācijas indeksi liecina, ka reducētās augsnes apstrādes variantos ir būtiski labāka augu apgāde ar ūdeni un zirņi lēnāk noveco.
2. Tradicionālās augsnes apstrādes variantos augiem ir mazāks stresa līmenis un augstāks hlorofila saturs, kas, visticamāk ir nodrošinājis augstāku produktivitāti.
3. Zirņu apgāde ar simbiotiski saistīto slāpekli ir apmierinoša un simbiotiskā sistēma zirņos ir izveidojusies pietiekami produktīva, lai nodrošinātu zirņu vajadzības pēc slāpekļa.
4. Noskaidrots, ka rudenī visos laukos ir būtiski lielāka augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte.
5. Neizdevās konstatēt būtiskas parametru atšķirības zirņu laukos, salīdzinot ar pārējo kultūraugu laukiem.

6. Reducētās augsnes apstrādes laukos novēro augstāku mikrobioloģisko aktivitāti nekā tradicionālās augsnes apstrādes laukos.

4.2.5. Ražas kvalitātes un apjoma izvērtējums visos izmēģinājuma laukos

Lauku zirņi

2025. gada 11. septembrī veiktais lauku zirņu ražas kvalitātes izvērtējums ietvēra mitruma saturu, proteīna daudzuma sausnā, sēklu skaita, kopējās parauga masas un tūkstoš sēklu masas noteikšanu. Požu stacionārā novērojumi veikti gan tradicionālās, gan reducētās augsnes apstrādes laukos.

Lauku zirņu raža novākta 2025. gada 15. augustā. Ražas dati iegūti no laukiem Nr. 4, 16 (reducētā augsnes apstrāde) un 3, 15 (tradicionālā augsnes apstrāde). Reducētajā augsnes apstrādē salmu raža vidēji sastādīja 13,07 t/ha, sakņu masa 0,22 t/ha, un vidējā sēklu raža sasniedza 3,01 t/ha. Sēklu mitrums bija 14,51%, bet proteīna saturs 26,75%, kas ir augstāks nekā tradicionālajā augsnes apstrādē. Tūkstoš sēklu masa (TSM) reducētajā augsnes apstrādē vidēji bija 196 g, kas varētu norādīt uz smalkākām sēklām. Savukārt tradicionālajā augsnes apstrādē salmu raža bija nedaudz mazāka – 12,61 t ha⁻¹, sakņu masa 0,16 t ha⁻¹, taču sēklu raža būtiski lielāka – 7,43 t ha⁻¹. Mitrums šajā augsnes apstrādes sistēmā vidēji bija 13,60%, proteīna saturs 22,83 %, bet TSM 239,5 g, kas liecina par lielākām un smagākām sēklām (4.20.; 4.21. un 4.22. att.).

Detalizētāk analizējot datus pa laukiem, reducētajā augsnes apstrādē raža svārstījās no 2,41 līdz 3,83 t ha⁻¹. Tradicionālajā augsnes apstrādē raža bija ievērojami augstāka – robežās no 4,48 līdz 5,75 t ha⁻¹. Salīdzinot abas augsnes apstrādes metodes, redzams, ka tradicionālā augsnes apstrāde nodrošināja par aptuveni 67% lielāku ražu nekā reducētā, turklāt sēklas bija ar zemāku mitrumu un augstāku tūkstoš sēklu masu. Tomēr reducētajā apstrādē zirņu sēklām bija būtiski augstāks proteīna saturs, kas norāda uz iespējamu kvalitātes priekšrocību, ja ražošana orientēta uz proteīna ieguvu, nevis maksimālo ražīgumu.

Ziemas kvieši

Ziemas kviešu lauku novērojumi un analīze 2025. gadā parāda būtiskas atšķirības starp tradicionālās un reducētās apstrādes tehnoloģijām, kā arī sniedz ieskatu augu attīstības gaitā un ražas kvalitātes rādītājos. Ražas novākšana veikta 2025. gada 15. augustā. Laukos, kur izmantota reducētā augsnes apstrāde, salmu raža vidēji sasniedza 3,18 t ha⁻¹, sakņu masa – 0,56 t ha⁻¹, bet graudu raža – 2,36 t ha⁻¹. Mitruma saturs graudos bija 13,67%, lipekļis 17,45%, ciete 69,23%, bet Zeleny indekss 31,40. Tilpummasa sasniedza 77,74 kg hL⁻¹, proteīna saturs 10,28%, tūkstoš sēklu masa (TSM) 36,5 g, un krišanas skaitlis 217,5 sekundes (4.20.; 4.21. un 4.22. att.).

Savukārt laukos, kur tika izmantota tradicionālā augsnes apstrāde, rādītāji būtiski atšķīrās. Salmu raža vidēji sasniedza 8,54 t ha⁻¹, sakņu masa 1,26 t ha⁻¹, bet graudu raža 5,64 t ha⁻¹, kas ir vairāk nekā divas reizes augstāka nekā reducētās augsnes apstrādes laukā. Graudu mitrums bija nedaudz zemāks – 13,35%, lipekļis augstāks – 21,1%, bet cietes saturs 68,25%, kas liecina par labu ogļhidrātu uzkrāšanos. Zeleny indekss bija 38,98, tilpummasa 79,83 kg hL⁻¹, proteīna saturs 11,53%, TSM 39,5 g, bet krišanas skaitlis 165,5 sekundes.

Salīdzinot abas augsnes apstrādes tehnoloģijas, tradicionālā augsnes apstrāde nodrošināja ievērojami augstāku ražu un kopējo biomasu – gan salmu, gan sakņu masas ziņā. Tāpat šai tehnoloģijai bija augstāki graudu kvalitātes rādītāji – lielāks lipekļis, proteīna saturs un Zeleny indekss, kas norāda uz spēcīgāku lipekļa struktūru un labāku maizes cepšanas kvalitāti. Tomēr reducētās augsnes apstrādes gadījumā bija novērojams augstāks krišanas

skaitlis, kas varētu liecināt par labāku enzīmu stabilitāti un mazāku graudu pārmērīgu sadīgšanu pirms novākšanas.

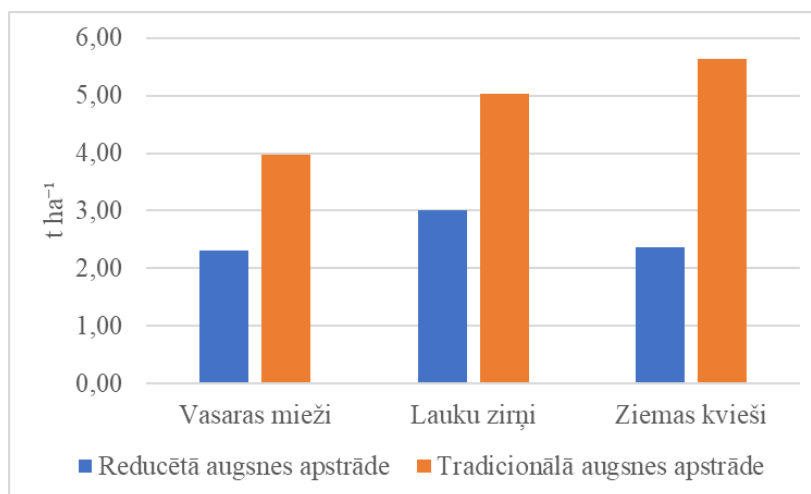
Vasaras mieži

Poļu stacionārā 2025. gadā tika veikti vasaras miežu novērojumi gan tradicionālās augsnes apstrādes, gan lobītajos (reducētās augsnes apstrādes) laukos, lai iegūtu priekšauga un lauku stāvokļa vēsturi, jo nākamajā sezonā šajos laukos augu maiņā plānots iekļaut lauku zirņus.

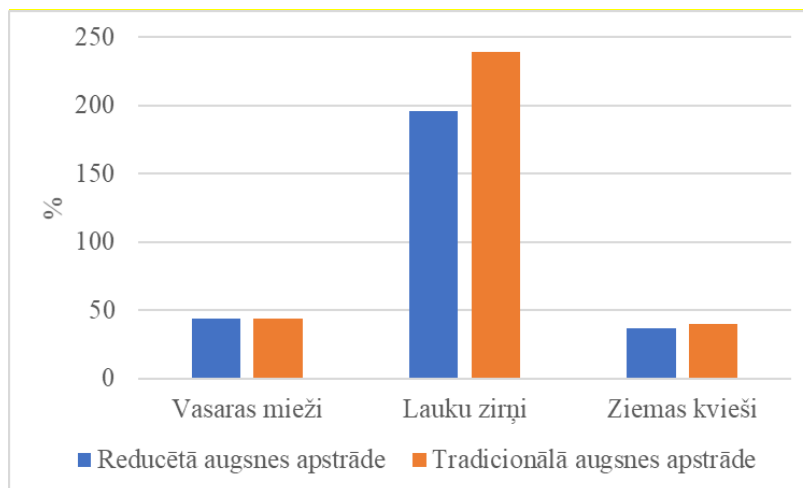
Vasaras miežu ražas novākšana veikta 2025. gada 15. augustā. Reducētās augsnes apstrādes laukos iegūtā raža vidēji sastādīja $2,31 \text{ t ha}^{-1}$, kas ir būtiski mazāk nekā tradicionālās augsnes apstrādes laukos, kur raža vidēji sasniedza $3,97 \text{ t ha}^{-1}$. Šie rezultāti norāda, ka tradicionālā augsnes apstrāde nodrošināja augstāku ražību, iespējams, pateicoties labākai augsnes aerācijai un ūdens režīmam (4.20. att.).

Miežu graudu mitruma saturs reducētās augsnes apstrādes laukā bija 15,21%, savukārt tradicionālajā – 13,43%. Zemāks mitrums tradicionālajā augsnes apstrādes variantā liecina par labākiem nogatavošanās apstākļiem un efektīvāku ūdens zudumu pirms kulšanas.

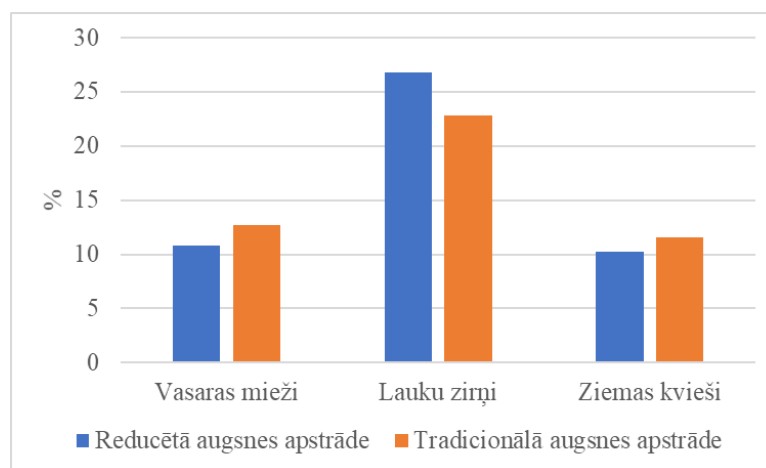
Cietes saturs graudos reducētās augsnes apstrādes gadījumā vidēji bija 60%, bet tradicionālajā – 59,58%, tātad abu variantu atšķirības šajā rādītājā ir nebūtiskas. Tilpumsa reducētajā augsnes apstrādes variantā sasniedza $64,79 \text{ kg hL}^{-1}$, bet tradicionālajā – $64,03 \text{ kg hL}^{-1}$, kas arī norāda uz līdzīgu graudu blīvumu un struktūru. Proteīna saturs graudos reducētās augsnes apstrādes laukos bija 10,85%, bet tradicionālajā – 12,73%. Augstāks proteīna saturs tradicionālajā augsnes apstrādē var būt saistīts ar labāku augu barības vielu uzņemšanu, kas sekmē intensīvāku augu attīstību. Tūkstoš sēklu masa (TSM) reducētajā augsnes apstrādē bija 44,00 g, savukārt tradicionālajā – 43,50 g, tātad šī rādītāja atšķirības ir minimālas. Kopumā tradicionālā augsnes apstrāde nodrošināja lielāku vasaras miežu ražu un augstāku proteīna saturu, savukārt tādi rezultāti kā ciete, tilpumsa un tūkstoš sēklu masa īpaši neatšķīrās starp augsnes apstrādes veidiem.



4.20. attēls. Vidējie kultūraugu ražas rādītāji (t ha^{-1}) laukos ar reducēto un tradicionālo augsnes apstrādi.



4.21. attēls. Vidējie tūkstoš graudu masas rādītāji (%) dažādiem kultūraugiem laukos ar reducēto un tradicionālo augsnes apstrādi.



4.22. attēls. Proteīna saturs sēklās (%) dažādiem kultūraugiem laukos ar reducēto un tradicionālo augsnes apstrādi.

Rezultāti ļauj secināt, ka šajā pētījuma sezonā augsnes apstrādes veids ir būtiski ietekmējis ne tikai ražas apjomu, bet arī graudu kvalitātes parametrus. Tomēr jāņem vērā, ka iegūtos rezultātus varēja būtiski ietekmēt arī 2025. gada vasarā novērotais lietavu biežums un kopumā mitrie laika apstākļi, kas varēja mainīt augsnes mitruma režīmu un barības vielu pieejamību. Tādēļ ir nepieciešama papildu datu ievākšana un analīze, lai precīzāk novērtētu augsnes apstrādes tehnoloģiju ietekmi, kā arī zirņu kā priekšaugu ietekmi uz nākamo kultūraugu ražu un graudaugu kvalitāti dažādos augsnes mitruma un temperatūras apstākļos.

4.2.6. Kopsavilkums

Iegūtie pirmā izmēģinājuma gada dati parādīja, ka zirņu audzēšana augu maiņā ar ziemas kviešiem būtiski uzlabo augsnes auglību un nākamā kultūrauga ražas potenciālu.

1. Samazinātā jeb reducētā augsnes apstrāde nodrošina labākus agroķīmiskos un bioloģiskos rādītājus salīdzinājumā ar tradicionālo augsnes apstrādi. Šajos laukos augsnē konstatēts augstāks augu barības elementu, īpaši augiem uzņemamā kālija un fosfora, saturs, kā arī lielāks organiskās vielas daudzums.
2. Izotopu analīze ($\delta^{15}\text{N}$ un $\delta^{13}\text{C}$) parādīja, ka reducētā augsnes apstrāde veicina gan slāpekļa, gan oglekļa saglabāšanos un uzkrāšanos augsnē. Zirņu laukos novērotass

zemākas $\delta^{15}\text{N}$ vērtības, kas apstiprina to spēju izmantot atmosfēras slāpekli, savukārt kviešu laukos šīs vērtības bija augstākas, liecinot par intensīvāku minerālā slāpekļa izmantošanu.

3. Visaugstākā minerālā slāpekļa uzkrāšanās augsnē bija vērojama zirņu laukos ar reducēto augsnes apstrādi, kur N_{min} pieaugums tika konstatēts gan virsējā (0–30 cm), gan dziļākajos augsnes slāņos (30–60 cm). Tas norāda uz efektīvu slāpekļa uzkrāšanos un mazākiem zudumiem. Savukārt tradicionālās augsnes apstrādes laukos novērota pretēja tendence – slāpekļa samazinājums dziļākos augsnes horizontos.
4. Augstākais oglekļa saturs starp kultūraugiem un augsnē tika konstatēts reducētās augsnes apstrādes laukos. Zirņu saknēs konstatēts ievērojami lielāks oglekļa daudzums nekā kviešos, kas saistīts ar pākšaugu sakņu sistēmu un simbiotisko baktēriju darbību.

Nākamajā sezonā, lai nodrošinātu nepārtrauktu zirņu rotāciju, pētījumā paredzēts iekļaut vēl vienu izmēģinājumu zirņi- ziemas kvieši un, lai izsekotu zirņu pēcietekmes iedarbības ilgumu ierīkot izmēģinājumu jauktu augu rotācijā (zirņi-z.kvieši-z.rapsis-v.mieži). Visi izmēģinājumi tiks ierīkoti divos atkārtojumos laukos gan ar minimālo, gan tradicionālo augsnes apstrādi.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Ma, L.; Chen, X.; Zhang, Q.; Lin, J.; Yin, C.; Ma, Y.; Yao, Q.; Feng, L.; Zhang, Z. & Lv, X. Estimation of Nitrogen Content Based on the Hyperspectral Vegetation Indexes of Interannual and Multi-Temporal in Cotton. *Agronomy* 2022, 12, 1319. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061319>
- Ahmed, A., Ali, M., Basir, A., Hussain, I., & Tiwari, T. P. (2024). Enhancing Wheat Productivity in Pakistan through Nitrogen Management and NDVI Monitoring with Green Seeker. *Journal of Applied Research in Plant Sciences*, 5(02), 355–363. <https://doi.org/10.38211/joarps.2024.05.291>
- Lykhovyd P.V. (2021). Seasonal dynamics of normalized difference vegetation index in some winter and spring crops in the South of Ukraine. *Agrology*, 4(4), 187–193. *AGROLOGY* Volume 4 Issue 4187, doi: 10.32819/021022
- Padilla F.M., Peña-Fleitas, M.T., Gallardo M. & Thompson R.B. (2017), Determination of sufficiency values of canopy reflectance vegetation indices for maximum growth and yield of cucumber. *Eur. J. Agron.*, 84 pp. 1-15, 10.1016/j.eja.2016.12.007
- Herrmann, I., Karnieli, A., Bonfil, D. J., Cohen, Y., & Alchanatis, V. (2010). SWIR-based spectral indices for assessing nitrogen content in potato fields. *International Journal of Remote Sensing*, 31(19), 5127–5143. <https://doi.org/10.1080/01431160903283892>
- Apan, A., Held, A., Phinn, S. & Markley, J. 2004. Detecting sugarcane “orange rust” disease using EO-1 hyperion hyperspectral imagery. *Int J Remote Sens.* 25 (2), 489-498.
- Peñuelas, J. Filella, I. (1998) Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science* 3, 151-156.
- Merzlyak, M.N., Gitelson, A.A., Chivkunova, O.B. & Rakitin, V. Y. 1999. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 106,135-141
- Schnürer, J.S., Rosswall, T. (1982) Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Appl. Environ. Microbiol.* 43, 1256- 1261.
- Bloem, J., Hopkins, D.W., Benedetti, A. (2005) *A Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, 2005, CABI Publishing, 307p.
- LVS ISO 14240-1:1997 standarta. Augsnes kvalitāte. Augsnes mikrobioloģiskās biomasas noteikšana. 1.daļa: Inducētā substrāta respirācijas metode.
- LVS EN ISO 16072. Augsnes kvalitāte. Laboratorijas metodes augsnes mikrobioloģiskās respirācijas noteikšanai (ISO 16072:2002).
- Anderson T.H., Domsch K.H. (1990) Application of Ecophysiological Quotients (qCO₂ and qD) on Microbial Biomasses from Soils of Different Cropping Histories. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 22, Issue 2, Pages 251–255. DOI 10.1016/0038-0717(90)90094-G
- Agafonova, L., Vigovskis, J., Švarta, A. (2011). Yields and quality of pea varieties in Latvian agroclimatic conditions for organic farming. *Vide. Tehnoloģija. Resursi, Rēzekne*, 287–289.
- Faligowska, A., Kalembsa, S., Kalembsa, D., Panasiewicz, K., Szymańska, G., Ratajczak, K., Skrzypczak, G. (2022). The Nitrogen Fixation and Yielding of Pea in Different Soil Tillage Systems. *Agronomy*, 12, 352.
- Céspedes, C., Espinoza, S., & Maass, V. (2022). Nitrogen transfer from legume green manure in a crop rotation to an onion crop using 15N natural abundance technique. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(1), 44–54. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000100044>

- Corre-Hellou, G., & Crozat, Y. (2005). N₂ fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy*, 22, 449-458.
- Hupei, A., Naether, F., Haase, T., Bruns, C., Heß, J., Dyckmans, J., Joergensen, R. G., & Wichern, F. (2024). I have the touch – evidence for considerable N transfer from peas to oats by rhizodeposition. *Plant and Soil*, 509, 987–998. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06904-3>
- Kelstrup, L., Rowarth, J. S., Williams, P. H., & Ronson, C. (1996). Nitrogen fixation in peas (*Pisum sativum* L.), lupins (*Lupinus angustifolius* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medik.). *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*, 26, 71–74. https://www.agronomysociety.nz/files/1996_12_N_fixation_in_peas_lupins_and_lentils.pdf
- Knight, J. D. (2012). Frequency of field pea in rotations impacts biological nitrogen fixation. *Canadian Journal of Plant Science*, 92, 1005–1011. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-274>
- Zhao, J., Chen, J., Beillouin, D. *et al.* Global systematic review with meta-analysis reveals yield advantage of legume-based rotations and its drivers. *Nat Commun* 13, 4926 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32464-0>