



LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE

AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS “AGRIHORTS”

Projekta

**Alternatīvās kaitīgo organismu ierobežošanas
iespējas auzu un rudzu sējumos**

Nr. 10.9.1-11/25/1525-e
zinātniskā atskaite

Projekta vadītāja: Līga Zemeca

Jelgava, 2025

Projekta izpildītāji:

LBTU Augu aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”:

Līga Zemeca, pētniece, Mg. biol.

Inga Moročko-Bičevska, vadošā pētniece, Dr. agr.

Inta Jakobija, pētniece, Mg. agr.

Otīlija Baltmane, Bc. biol.

Maksims Fiļipovičs, pētnieks, Mg. biol.

AREI Stendes pētniecības centrs Dižstendē

Saturs

Kopsavilkums	5
Ievads	7
1. Lauka izmēģinājumi auzu sējumos	9
1.1. Izmēģinājumu iekārtošanas, apstrādes un uzskaišu metodika auzu sējumos	9
Izmēģinājumu vieta un apstākļi	9
Mākslīgās inficēšanas metodika	14
Laukdīdzības novērtēšana	15
Lapu zaļā laukuma novērtēšana	15
Slimību uzskaites	15
Ražas novākšana, kvantitatīvo un kvalitatīvo parametru noteikšana	16
Datu statistiskā analīze	16
Augu aizsardzības pasākumu ekonomiskā pamatojuma aprēķināšana	17
1.2. Rezultāti un diskusija	17
1.2.1. Sēklu apstrādes izmēģinājums	17
1.2.2. Integrētais izmēģinājums auzu sējumā	19
1.2.3. Bioloģiskais izmēģinājums auzu sējumā	21
1.3. Secinājumi	24
2. Lauka izmēģinājumi rudzu sējumos	24
2.1. Izmēģinājumu iekārtošanas, apstrādes un uzskaišu metodika rudzu sējumos	24
Izmēģinājumu vieta un apstākļi	24
Mākslīgās inficēšanas metodika	28
Slimību uzskaites	29
Ražas novākšana, kvantitatīvo un kvalitatīvo parametru noteikšana	29
2.2. Rezultāti un diskusija	30
2.2.1. Rudzu izmēģinājums	30
2.3. Secinājumi	32
3. Mikotoksīnu noteikšana	33
3.1. Mikotoksīnu analīžu veikšanas metodika	33
3.2. Mikotoksīnu analīžu rezultāti un diskusija	33
3.3. Secinājumi	35
4. Siltumnīcas izmēģinājumi	36
4.1. Izmēģinājuma metodika	36
Auzu siltumnīcas izmēģinājumi	36
Rudzu siltumnīcas izmēģinājumi	38

4.2. Rezultāti	39
Auzu siltumnīcas izmēģinājumu rezultāti.....	39
Rudzu siltumnīcas izmēģinājumi	44
4.3. Secinājumi.....	44
5. Alternatīvo ierobežošanas metožu ekonomiskais un saimnieciskais pamatojums	45
5.1. Izmaksu aprēķins sēklu apstrādes, integrētajā un bioloģiskajā izmēģinājumā veiktajiem iekārtošanas pasākumiem.....	45
5.2. Bruto seguma aprēķins sēklu apstrādes izmēģinājumā.....	47
5.3. Bruto seguma aprēķins integrētajā izmēģinājumā	48
5.4. Bruto seguma aprēķins bioloģiskajā izmēģinājumā	49
5.5. Bruto seguma aprēķins rudzu izmēģinājumā	50
5.6. Secinājumi.....	51
6. Patogēno sēņu daudzveidības izpēte auzām	52
6.1. Metodika	52
PCR amplifikācija, gēla elektroforēze	52
6.2. Rezultāti	53
6.3. Secinājumi.....	53
7. Patogēno sēņu daudzveidības izpēte rudziem.....	54
7.1. Metodika rudzu dīgstu un vārpu ievākšanai	54
Rudzu dīgstos konstatētās bojājumu pazīmes.....	54
Rudzu vārpās konstatētās bojājumu pazīmes.....	56
7.2. Metodika patogēno sēņu izdalīšanai no rudziem	56
Parauga sagatavošana.....	56
Parauga sterilizācija, likšana uz barotnēm un inkubācija	57
Tīrkultūru saudzēšana, sākotnējā identifikācija un saglabāšana kolekcijā	57
Patogēnu identifikācija pēc morfoloģiskām pazīmēm.....	57
7.3. Rezultāti	58
7.3. Secinājumi.....	59
8. Literatūras saraksts.....	60

Kopsavilkums

2025. gadā (projekta trešajā izpildes gadā), lai sasniegtu projekta mērķi – izvērtēt alternatīvās kaitīgo organismu ierobežošanas metodes, lai samazinātu sintētisko augu aizsardzības līdzekļu lietojumu auzu un rudzu sējumos, vienlaikus iegūstot augstas kvalitātes ražu, turpināti pētījumi lauka un laboratorijas apstākļos.

2025. gadā turpināti lauka izmēģinājumi integrētajā un bioloģiskajā auzu sējumā (**1. projekta uzdevums**). Sēklu apstrādes izmēģinājumā, tāpat kā iepriekšējās divās izmēģinājuma sezonās, apstiprinājās ķīmiskās kodināšanas pozitīvā ietekme uz auzu brūnplankumainības attīstību veģetācijas perioda sākumā. Ražas daudzums būtiski neatšķīrās ne salīdzinājumā ar kontroles variantu, ne starp variantiem. Arī 2023. gadā būtiskas atšķirības starp variantiem nekonstatēja. Savukārt 2024. gada sezonā būtiski augstāku ražu salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem ieguva sēklas apstrādes variantā ar biostimulantu Bactoforce. Taču vienā gadā iegūti rezultāti tomēr ir nepietiekami, lai audzētājiem varētu pārlicinoši ieteikt konkrētu alternatīvo sēklu apstrādes līdzekli.

Integrētajā izmēģinājumā būtiski lielāku lapu zaļo laukumu salīdzinājumā ar kontroli konstatēja ar ķīmiski sintezētajiem fungicīdiem apstrādātajā variantā. Šeit ir svarīgi piebilst, ka iepriekšējos pētījuma gados, atšķirībā no šī gada, lapu zaļo laukumu veiktie pasākumi neietekmēja. Tāpat uzskaites laikā pirms pēdējo variantu smidzinājumiem, būtiski zemāku brūnplankumainības attīstības pakāpi, salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem konstatēja tikai variantā ar ķīmiski sintezēto fungicīdu apstrādi. Šī gada auzu raža integrētajā izmēģinājumā tomēr bija bez būtiskām atšķirībām starp variantiem. Tas neapstiprināja iepriekš iegūto rezultātu stabilitāti – 2024. gadā būtiski augstāku ražu ieguva 3., 5. un 6. variantā, tas nozīmēja, ka šajos variantos veiktie pasākumi bijuši efektīvi.

Brūnplankumainības attīstības pakāpe bioloģiskajā sējumā nevienā no uzskaites reizēm 2025. gada sezonā būtiski neatšķīrās starp variantiem, ieskaitot kontroli. Tātad var secināt, ka pie augsta slimības attīstības līmeņa, mikrobioloģisko preparātu efektivitāte lapu plankumainību ierobežošanā ir zema un pēc šī gada datiem labāko ierobežošanas līdzekli neizdodas ieteikt.

Papildus iekārtots lauka izmēģinājums integrētajā rudzu sējumā (šķirne Elias) ar mērķi noskaidrot efektīvākos augu aizsardzības līdzekļus rudzu slimību, īpaši fuzariozes, ierobežošanai (**1. projekta uzdevums**). Būtiski lielāku zaļo laukumu salīdzinājumā ar kontroli un 2. variantu (divas reizes Preparāts Nr.3) konstatēja 6. variantā, kur divas reizes veikta apstrāde ar ķīmiskajiem fungicīdiem. Visos variantos veiktie pasākumi samazināja stiebrzaļu gredzenplankumainības attīstības pakāpi, bet, izcelt kāda alternatīvā varianta īpašu nozīmi šīs slimības ierobežošanai, pēc pirmā gada pētījuma nevar. Tāpat secinājumu par veikto pasākumu ietekmi uz ražas daudzumu un kvalitāti no šī gada datiem nav iespējams izdarīt, jo ražas daudzums un kvalitātes rādītāji savstarpēji būtiski neatšķīrās, tajā skaitā arī no kontroles.

Projekta laikā noteikts mikotoksīnu ZEN, T-2/TH-2, DON daudzums auzu un rudzu graudos. Auzās visos izmēģinājuma variantos mikotoksīnu daudzums nepārsniedza pieļaujamo koncentrāciju (ES regulā 2023/915). Sēklu apstrādes izmēģinājumā DON netika konstatēts nevienā no projekta izpildes gadiem (2023.-2025.). Rudzu izmēģinājumā, integrētajā sējumā, ZEN un DON mikotoksīni atsevišķos izmēģinājuma variantos pārsniedza ES regulā 2023/915 noteiktās normas. Paaugstināts mikotoksīnu daudzums bija neapstrādātā izmēģinājuma

variantā, kā arī variantā ar Polyversum (*Pythium oligandrum* M1, 1000000 oosporas/g) apstrādi. Tāpat, DON daudzums pārsniedza pieļaujamo normu izmēģinājuma 3. variantā (apstrāde ar mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4, apstrāde pirms maksīgās inficēšanas). Meteoroloģiskie apstākļi 2025. gada sezonā bija īpaši labvēlīgi *Fusarium* ģints sēņu attīstībai, bija silts, nokrišņu daudzums pārsniedza ilggadīgo normu.

2025. gadā turpināti laboratorijas izmēģinājumi (rudziem un auzām) hiperspektrālās kameras metodikas aprobācijai mikotoksīnus izdalošo patogēno sēņu agrīnajai noteikšanai (**2. projekta uzdevums**). Auzas un rudzi tika maksīgi inficēti ar *Fusarium* ģints patogēniem, vēlāk vizuāli vērtēta slimības attīstības gaita, kā arī fotografētas vārpas ar hiperspektrālo kameru. Veikta arī dīdžības uzskaitē, pēc graudu izveidošanās noteikts mikotoksīnu saturs. Šogad būtiski uzlabojumi ieviesti tieši hiperspektrālo attēlu analīzē – slimības attīstības pakāpes vērtēšana balstīta uz *head blight index*, (Bauriegel u.c., 2011). *Phyton* platformā izstrādātais modelis HS attēlos ir spējīgs klasificēt slimos un veselos graudus (to daļas) tādējādi aprēķinot slimības attīstības pakāpi. Izmantotā slimības noteikšanas modeļa efektivitāte tika salīdzināta ar vizuālās vērtēšanas rezultātiem un noteikta korelācija starp mikotoksīnu saturu graudos un hiperspektrālā modeļa noteikto slimības attīstības pakāpi.

Alternatīvo ierobežošanas metožu izvēles ekonomiskai un saimnieciskai pamatošanai aprēķināja Bruto segumu katram no izmēģinājumos veiktajiem pasākumiem (**3. projekta uzdevums**). Bruto aprēķins sēklu apstrādes izmēģinājumā jau otro gadu pēc kārtas liecina, ka sēklu apstrāde ar biostimulantu Bactoforce ar lielāko ūdens daudzumu (12 litri uz 1 graudu tonnu) sēklu apstrādes procesā, ir saimnieciski un ekonomiski pamatota, jo iegūts augstākais bruto segums. Šogad arī iegūtā raža ir augstākā, salīdzinājumā ar citiem variantiem.

Iepriekšējā gada bruto aprēķins integrētajā izmēģinājumā liecina, ka saimnieciski noderīgākie pasākumi salīdzinājumā ar kontroli veikti 3. un 6. variantā, kur lietots mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4 un ķīmisko fungicīdu lietošanas variants. Taču 2025. gada rezultāti to neapstiprina un liecina, ka veiktie pasākumi nav bijuši ekonomiski pamatojami, jo kontroles bruto segums ir lielāks nekā variantos.

Lai gan ražas daudzums vairākos bioloģiskā izmēģinājuma variantos bija augstāks nekā kontrolē, taču bruto segums neparādīja veikto pasākumu lietderīgumu, tāpat kā iepriekšējā sezonā. Tomēr jāņem vērā, ka vairākos gadījumos mikrobioloģisko preparātu lietošana ir samazinājusi mikotoksīnu daudzumu auzu graudos, piemēram preparāts Nr.4, kas paredzēts tieši auzu vārpu izturības stiprināšanai pret sēņu ierosinātām infekcijām.

Lai gan bruto segums rudzu izmēģinājuma variantos ir līdzīgs vai zemāks nekā kontroles rezultātam, tomēr arī šeit jāņem vērā mikotoksīnu veidošanās risks. Tieši ķīmisko fungicīdu un preparāta Nr.4 lietošana pēc inficēšanās ar *Fusarium*, spēja novērst ZEN un DON mikotoksīnu veidošanos graudos. Tātad pasākums bija vērtīgs, neskatoties uz papildus ieguldījumiem.

Lai noskaidrotu *Fusarium* ģints sēņu daudzveidību auzu sējumos Latvijas teritorijā, laboratorijā turpināta sugu identifikācija (**4. projekta uzdevums**). PCR amplifikācija, izmantojot sugām specifiskus praimerus, sekmīgi veikta 445 izolātiem, darba gaitā konstatēta plaša *Fusarium* daudzveidība - identificētas 14 sugas. Starp izolātiem dominēja *F. poae*. Papildus, 155 *Fusarium* izolātiem sekmīgi veikta toksīnus kodējošo gēnu noteikšana un ķīmisko tipu profilēšana, izmantojot 11 marķierus.

2025. gadā no rudzu dīgšiem izdalītajām potenciāli patogēnajām sēnēm pēc morfoloģiskajām pazīmēm ģints līmenī identificēti 517 izolāti, no rudzu vārpa 557 izolāti. Starp paraugiem dominēja *Fusarium* un *Alternaria* ģints sēnes.

Ievads

Auzas (*Avena sativa* L.) un rudzi (*Secale cereale* L.) ir Latvijā audzēti kultūraugi, kuri izsenis plaši lietoti uzturā. No rudziem cepta maize ir ne tikai pamatprodukts latviešu virtuvē, bet tai ir arī kultūrvēsturiska vērtība. Savukārt, auzas zināmas ar savu augsto uzturvērtību – tās satur dzīvības procesiem nozīmīgas aminoskābes, šķiedrvielas (β -glikānu), minerālvielas, vitamīnus, antioksidantus (Rasane et al., 2015). Līdz ar sabiedrības interesi par veselīgu dzīvesveidu un uzturu, pieprasījums pēc auzu un rudzu produktiem palielinās. Īpaša uzmanība tiek pievērsta bioloģiskajai pārtikai, sevišķi bērnu.

Auzu ražību, kā arī graudu kvalitāti ietekmē dažādas slimības, piemēram, auzu lapu brūnplankumainība (ier. *Pyrenophora chaetomioides*), auzu vainagrūsa (ier. *Puccinia coronata*), bet rudzos bieži sastopama stiebrzāļu gredzenplankumainība (ier. *Rhynchosporium secalis*) un brūnā rūsa (ier. *Puccinia recondita*). Ražību un graudu kvalitāti krasi var samazināt arī *Fusarium* un *Alternaria* ģints sēnes, kuras zināmas kā toksīnu producētājas (Gavrilova et al., 2016). Plašāk pētītie *Fusarium* spp. ražotie mikotoksīni ir deoksinivalenols, nivalenols, zeralenols, T-2 toksīns, fumonizīns B1 (Ji et al., 2019). Arī *Alternaria* spp. veido patērētāju veselībai kaitīgus toksīnus, piemēram, tenuazonkābes, alternariolus, alvertoksīnus (Logrieco et al., 2009). Informācija par auzu un rudzu patogēnu daudzveidību integrētajos un bioloģiskajos sējumos Latvijā ir fragmentāra, nav veikti ilgstoši pētījumi. Rudzu slimības līdz šim noteiktas tikai lauka apstākļos (Bankina et al. 2013).

Lai nodrošinātu augstvērtīgu ražu, veģetācijas sezonas laikā ir svarīgi ierobežot slimību ierosinātājus, tāpat pirms izmantošanas pārtikā jānoskaidro, vai mikotoksīnu daudzums graudos nepārsniedz pieļautās normas (ES regula 2023/915, Eiropas Komisijas ieteikums 2013/165/ES). Īpaši izaicinoša patogēnu ierobežošana ir bioloģiskajos sējumos, jo bioloģiskas izcelsmes augu aizsardzības līdzekļu iedarbība uz auzu un rudzu slimību ierosinātājiem Latvijā nav pārbaudīta. Tāpat nozīmīgi ir veikt alternatīvo ierobežošanas metožu ekonomisko un saimniecisko pamatojumu.

2025. gadā projekta ietvaros turpināti iepriekšējos gados uzsāktie pētījumi lauka un laboratorijas apstākļos.

Projekta mērķis: Izvērtēt alternatīvās kaitīgo organismu ierobežošanas metodes, lai samazinātu sintētisko augu aizsardzības līdzekļu lietojumu auzu un rudzu sējumos, vienlaikus iegūstot augstas kvalitātes ražu.

Pētījuma rezultātus varēs pielietot praksē integrētie un bioloģiskie audzētāji, konsultanti, kā arī citi lauksaimniecības nozares pārstāvji.

Projekta uzdevumi 2024. gadam:

1. Veikt lauka izmēģinājumus auzu un rudzu sējumos, pamatojoties uz noteikto sēņu daudzveidību, lai noskaidrotu efektīvākos kaitīgo organismu alternatīvos ierobežošanas līdzekļus.
2. Veikt laboratorijas izmēģinājumus (rudziem un auzām) hiperspektrālās kameras metodikas aprobācijai mikotoksīnus izdalošo patogēno sēņu agrīnajai noteikšanai.
3. Pamatojoties uz izmēģinājumus iegūtajiem rezultātiem un literatūras izpēti sagatavot alternatīvo ierobežošanas metožu ekonomisko un saimniecisko pamatojumu.

4. Veikt patogēno sēņu daudzveidības izpēti auzu un rudzu sējumos, īpašu uzmanību pievēršot bioloģiskajām audzēšanas sistēmām un mikotoksīnus veidojošām sēņu sugām.

1. Lauka izmēģinājumi auzu sējumos

1.1. Izmēģinājumu iekārtošanas, apstrādes un uzskaišu metodika auzu sējumos

Izmēģinājumu vieta un apstākļi

2025. veģetācijas periodā sadarbībā ar Stendes pētniecības centru Dižstendē, Lībagu pagastā, Talsu novadā tika iekāroti divi izmēģinājumi integrētajā (skat. 1.1. att.) un viens bioloģiskajā auzu sējumā.



1.1. attēls. Izmēģinājumi integrētajā auzu sējumā.

Sēklu/augsnes apstrādes un integrētais izmēģinājums iekārtots auzu šķirnē ‘Lelde’ velēnu glejotā, mālsmilts augsnē, pH 6.3; organisko vielu saturs 3.4%; kustīgais kālijs 160 mg kg⁻¹ (augsts); kustīgais fosfors 144 mg kg⁻¹, priekšaugi – ziemas rapsis un rudzi kā uztvērējaugi. Bioloģiskais izmēģinājums tāpat iekārtots auzu šķirnes “Lelde” sējumā velēnu glejotā, mālsmilts augsnē, pH 5.3, org. v. 2.6, K₂O-62.6 mg kg⁻¹, P₂O 24.9 - mg kg⁻¹, Mg 163.5 mg kg⁻¹, priekšaugi – ziemas kvieši.

Augsnes apstrādes tehnoloģiskās operācijas visu izmēģinājuma laukos – aršana rudenī, šļūksana un kultivēšana pavasarī.

Integrētajā sējumā, kur ierīkots sēklu apstrādes un integrētais izmēģinājums, pamatmēslojumam pirms sējas 11. aprīlī izmantots NPK 7-20-30 400 kg ha⁻¹, un AXAN N27-S5 22 kg ha⁻¹. Ārpussakņu mēslojums 14. jūnijā – Zoom 2 L ha⁻¹. Nezāles ierobežotas Starane 0.3 L ha⁻¹ (fluoksipirs, 333 g L⁻¹) + Nuance 0.02 kg ha⁻¹ (metil-tribenurons, 750 g kg⁻¹) 25. maijā. Smidzinājumi kaitēkļu ierobežošanai veikti 14. jūnijā ar Nexide 0.05 L ha⁻¹. Nezāles bioloģiskajā laukā ierobežotas 12. maijā un 21. maijā ar rotējošām ecēsām Einböck.

Sēklu/augsnes apstrādes izmēģinājumā sējas datums bija 12. aprīlis, integrētās audzēšanas sistēmas izmēģinājumā – 17. aprīlis, bioloģiskajā sējumā – 4. aprīlis. Auzu izsējas norma integrētajā un sēklu apstrādes izmēģinājumā – 400 dīgstošas sēklas uz kvadrātmtru (153 kg ha^{-1}), bioloģiskajā – 550 dīgstošas sēklas uz kvadrātmtru (344 kg ha^{-1}). Sēklu/augsnes apstrādes izmēģinājumu lauciņu platība $1,7 \times 7 \text{ m}$ (12 m^2), integrētajā izmēģinājumā – $2 \times 12 \text{ m}$ (24 m^2) un bioloģiskajā – $1 \times 10 \text{ m}$ (10 m^2).

Informācija par izmēģinājumos izmantotajiem preparātiem norādīta 1.1. tabulā. Mikrobioloģiskie preparāti Nr.1-4 izmantoti, kā mikrobioloģiskie mēslošanas līdzekļi, tikai, kā papildu faktors, novērtējot to potenciālo ietekmi uz lapu un vārpu slimību attīstību.

1.1. tabula

Izmēģinājumā izmatoto produktu aktīvās vielas un pielietojums

Preparāts	Darbīgā viela	Lietošanas mērķis	Apstrādātās auga daļas
Mikrobioloģiskais preparāts Nr.1	Subtimikss, Trihodermins, Vitmins	Mēslošana, mikrobioloģiskā daudzveidība	Sēklas
Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 2	Azotobakterīns, Subtimikss, Trihodermins		Augsne
Mikrobioloģiskais preparāts Nr.3	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amylogliquefaciens</i> , 1×10^9 katrs mikroorganisms		Lapas
Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> , 1×10^9 katrs mikroorganisms		Vārpas
Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i> M1, 1000000 oosporas/g	Fuzarioze (<i>Fusarium</i> spp.)	Lapas, vārpas
Bactoforce	<i>Bacillus mojavensis</i> MVY-007 ($1,2 \times 10^{12}$ KVV/l). Na – 1284 mg/l; K – 814 mg/l; P – 323 mg/l; S – 289 mg/l; Mg – 84 mg/l; Ca – 51 mg/l.	Biostimulants	Sēklas
Kinto Plus	Tritikonazols, 33.3 g/l, fluksapiroksāds, 33.3 g/l, fludioksonils, 33.3 g/l	Sakņu un dīgstu puves (<i>Fusarium</i> spp.)	Sēklas
Balaya	Mefentriflukonazols, 100 g/l, piraklostrobīns, 100 g/l	Auzu lapu brūnplankumainība, auzu vainagrūsa, graudzāļu miltresa	Lapas
Orius 250 EW	Tebukonazols, 250 g/l	Auzu vainagrūsa, graudzāļu miltresa, fuzarioze	Lapas, vārpas

Integrētajā auzu sējumā viens no izmēģinājumiem iekārtots, veicot sēklas apstrādi ar dažādiem mikrobioloģiskajiem preparātiem un sintētisko kodni vai apstrādājot augsnei pirms sējas. Šī izmēģinājuma mērķis bija noteikt dažādu preparātu efektivitāti fuzariozes (*Fusarium* spp.) ierobežošanai un noskaidrot to ietekmi uz lapu slimību attīstību (1.2. tabula) (turpmāk – sēkļu apstrādes izmēģinājums).

1.2. tabula

Informācija par veiktajiem pasākumiem sēkļu apstrādes izmēģinājumā

Nr.	Variants	Deva, L vai kg/t vai ha	Sēkļu apstrāde	Augsnes apstrāde pirms sējas
1	Neapstrādāta kontrole	-	-	-
2	Mikrobioloģiskais preparāts Nr.1	10,25	X	
3	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 2	17		X
4	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 1	10,25	X	
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 2	17		X
5	Kinto Plus	1,5	X	
6	Bactoforce	1 L/t (6 L ūdens/t)	X	
7	Bactoforce	1 L/t (10 L ūdens/t)	X	

Divi izmēģinājumi iekāroti, lai noteiktu dažādu preparātu efektivitāti, veicot smidzinājumus veģetācijas laikā dažādos attīstības etapos, lai ierobežotu fuzariozi (*Fusarium* spp.), kā arī potenciālās lapu slimības. Integrētajā sējumā izmantoti gan mikrobioloģiskie preparāti, gan sintētiskie fungicīdi (1.3. tabula) (turpmāk – integrētais izmēģinājums).

1.3. tabula

Fungicīdu smidzinājumu laiks, augu attīstības etaps (AE) un izmantotie preparāti integrētajā auzu sējumā

Nr.	Variants	Deva, L vai kg/ha	A 12.06. AE 23-32	B 12.06. AE 23-32	C 17.06. AE 39	D 26.06. AE 55-59	E 11.07. AE 63-65
1	Neapstrādāta kontrole	-	-	-	-	-	-
2	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10		X	X		
3*	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10				X	
4**	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10					X
5	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10		X			
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10			X		
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4						X
6	Balaya	0,5			X		
	Orius 250 EW	1,0					X
7	Polyversum	0,1	X			X	

* Pirms mākslīgās inficēšanas ar *Fusarium* spp.

** Pēc mākslīgās inficēšanas ar *Fusarium* spp.

A, B, C, D, E – apstrādes kodi

Bioloģiskajā sējumā (turpmāk – bioloģiskais izmēģinājums) lietoti tikai mikrobioloģiskie preparāti (1.4. tabula).

1.4. tabula

Fungicīdu smidzinājumu laiks, augu attīstības etaps (AE) un izmantotie preparāti bioloģiskajā auzu sējumā

Nr.	Variants	Deva, L vai kg/ha	A 12.06. AE 17- 21	B 17.06. AE 32- 39	C 26.06. AE 39- 55	D 26.06. AE 39- 55	E 11.07. AE 63- 65
1	Neapstrādāta kontrole	-	-	-	-	-	
2	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10		X			
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3				X		
3	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10				X*	
4	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10					X**
5	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10		X			
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10			X		
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10					X**
6	Polyversum	0,1	X			X*	

* Pirms mākslīgās inficēšanas ar *Fusarium* spp.

** Pēc mākslīgās inficēšanas ar *Fusarium* spp.

A, B, C, D, E – apstrādes kodi

Izmēģinājumu varianti (1.1., 1.2., 1.3. tabulas) iekāroti randomizēti pēc nejaušības principa 4 atkārtojumos. Bioloģiskajā un integrētajā izmēģinājumā smidzinājumi veikti piecos dažādos apstrādes laikos (A-E). Bioloģiskajā sējumā auzas iesēja apmēram divas nedēļas agrāk, tādēļ, uzsākot smidzinājumus pa variantiem, augu attīstības etaps abos izmēģinājumos bija līdzīgs. A apstrādi izmēģinājumos veica cerošanas sākumā, lai pasargātu augu lapas no primārās infekcijas, augu augšanas sākumā. B apstrādi veica stiebrošanas jeb laikā AE 32-39, kad augi stiepjās garumā un slimības izplatās no apakšējām lapām uz augšu. Savukārt C un D apstrādi, lai pasargātu karoglapu un vārpa pirms inficēšanas, veica vienā datumā – 26.06, jo augi šajā laikā sējumos bija dažādos augu augšanas etapos – no attīstītas karoglapas līdz vārpošanas vidum AE 39-55. Īpaši nevienmērīga augu attīstība bija vērojama bioloģiskajā sējumā. E apstrādi veica ziedēšanas laikā AE 63-65, jeb fuzariozes attīstības kritiskajā periodā.

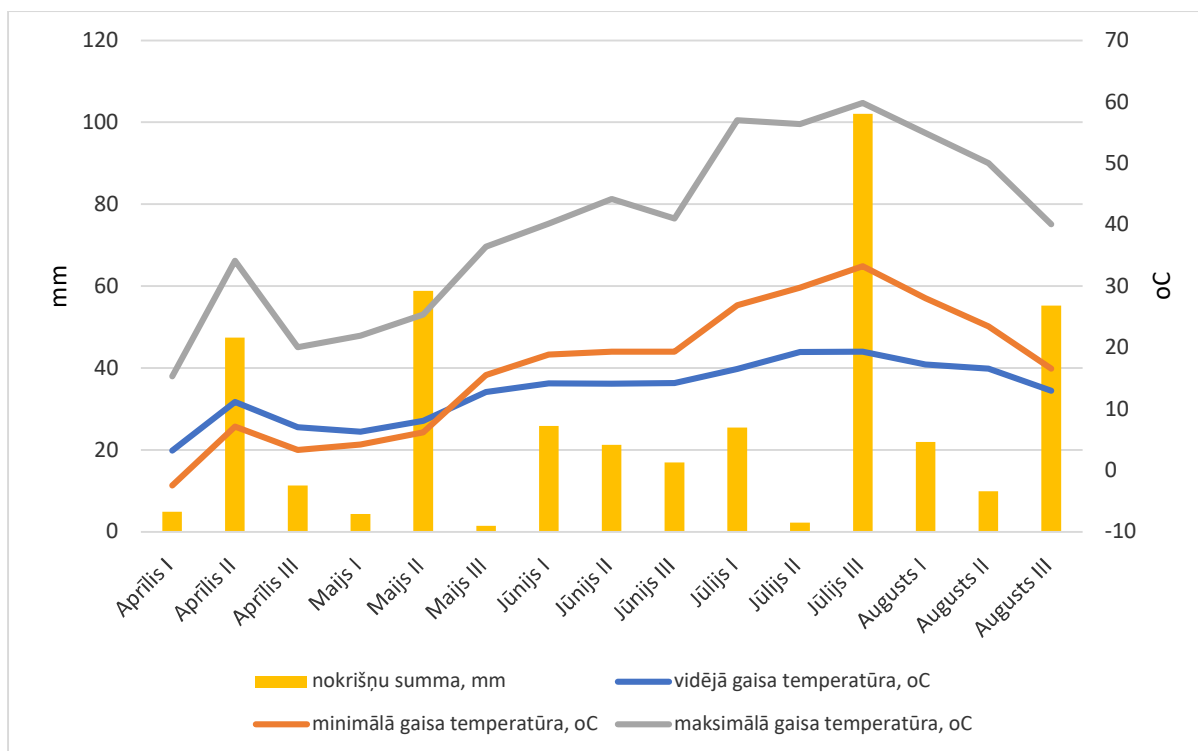
Apstrāde ar mikrobioloģiskajiem preparātiem un fungicīdiem izmēģinājumos veikta ar riteņa smidzinātāju “Euro-Pulve” ar horizontālo smidzināšanas stieni un regulējamu darba platumu atbilstoši lauciņa izmēriem, kurš darbojas ar saspiesta gaisa palīdzību un aprīkots ar augu aizsardzības līdzekļa lietošanai atbilstošām sprauslām. Smidzināšanai izmantotais ūdens daudzums 200 l/ha.

Meteoroloģiskie apstākļi smidzināšanas datumos parādīti 1.5. tabulā.

Meteoroloģiskie apstākļi smidzināšanas laikā

Noteiktais rādītājs	Datums				
	12.06.	17.06.	26.06.	09.07. (mākslīgā inficēšana)	11.07.
Gaisa temperatūra, °C	12.0	18.0	21.4	19	17.0
Augsnes mitruma režīms	Mitra	Mitra	Sausa	Mitra	Mitra
Relatīvais gaisa mitrums, %	88	65	63	80	90
Vēja ātrums (m/s)	4.0	4.0	3.0	4.0	3.1
Augu virsma	Mitra	Viegli mitra	Sausa ar turgoru	Mitra	Mitra
Nokrišņi (mm) 6 h pēc apstrādes	1.1	0	0	0	0.5
Nokrišņi (mm) nedēļu pēc apstrādes	10.7	15.4	4.0	6.4	2.0

Meteoroloģiskie apstākļi 2025. gada veģetācijas periodā, īpaši jūlija trešajā dekādē, bija labvēlīgi slimību attīstībai (1.2.att.), kopējais nokrišņu daudzums (izņemot jūnija mēnesī) pārsniedza ikgadējo normu. 2025. gada aprīlis, īpaši otrā dekādē bija silta (1.32 °C virs ilggadīgās aprīļa klimatiskās normas), nokrišņu daudzums sasniedza 63.60 mm jeb 167% no normas, kas kopumā radīja labvēlīgus apstākļus sēklu sadīgšanai un augu augšanai. 2025. gada maijā, gaisa temperatūra bija par 2.07 °C zemāka nekā norma, savukārt nokrišņu daudzums pārsniedza kopējo ilggadīgo jūlija nokrišņu normu par 40.2%. 2025. gada jūnijā mitruma daudzums bija nedaudz zem normas – kopumā nolija 63.6 mm, bet gaisa temperatūra bija nedaudz zem ilggadīgās normas (-0.55 °C). Jūlijā vidējā gaisa temperatūra sasniedza 18.36 °C, par 1.06 °C pārsniedzot normu. Nokrišņu daudzums mēneša pirmajās dekādēs, īpaši otrajā, bija neliels, taču trešajā jūlija dekādē nolija 102.10 mm, tādējādi mēnesī pārsniedzot kopējo ilggadīgo jūlija nokrišņu normu par 66.1%. Kopumā paaugstinātais mitruma daudzums auzu ziedēšanas un graudu veidošanās laikā (AE 60-77) veicināja vārpu slimību attīstību. Augustā gaisa temperatūra bija par 1.03 °C zemāka nekā norma, taču nokrišņu daudzums – par 4.3% augstāks nekā ilggadīgi novērotais.



1.2. attēls. Meteoroloģiskie apstākļi 2025. gada veģetācijas periodā. Dati no Stendes HMS.

Ražu sēkļu apstrādes un integrētajā izmēģinājumā novāca 16. augustā, bioloģiskajā izmēģinājumā 22. augustā ar izmēģinājumu kombainu Wintersteiger Delta (aprīkots ar HarvestMaster™ Grain Gage®), nosakot katra lauciņa ražu (kombaina svāri); mitrumu noteica ar analizatoru MC2000 (OHAUS®) (intervāls 3-45%, precizitāte 0.1%, kalibrēta Stendes PC Graudu tehnoloģijas un agroķīmijas laboratorijā).

Graudu paraugus tīrīja uz garenacu sietiem 1.8 x 20 mm, graudu frakcijas nosvēra uz elektroniskajiem svāriem A&D EK-6100i (6000g x 0.1g) un aprēķināja preču produkcijas iznākumu (%). 1000 graudu masu (TGM) noteica ar graudu skaitītāju Contador Pfeuffer un nosvēra uz laboratorijas svāriem Scaltec (200 x 0.01g). Ar Infratec Nova, noteikts graudu mitrums (%), kopproteīna saturs (%), cietes saturs (%), Beta glikānu saturs (%), tauku saturs (%) un tilpummasa (kg hl⁻¹).

Mākslīgās inficēšanas metodika

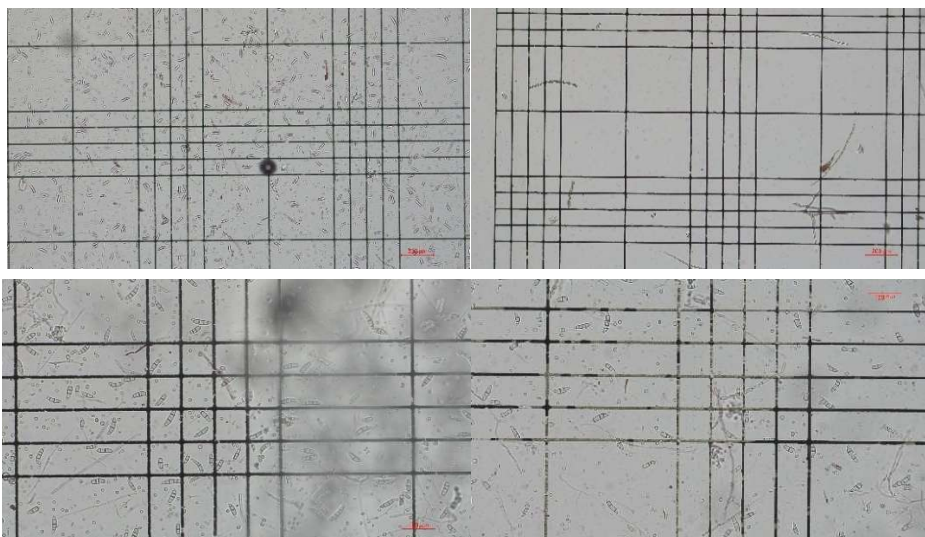
Mākslīgo inficēšanu ar *Fusarium* ģints sēnēm, kas ir potenciālas mikotoksīnu veidotājas, integrētajā un bioloģiskajā izmēģinājumā veica 9. jūlijā auzu ziedēšanas laikā (AE 61-63) – infekcijas materiāla sagatavošanas dienā. Pirms inficēšanas izmēģināju nosmidzināja ar ūdeni (300 L ha⁻¹), labvēlīgu apstākļu slimības attīstībai radīšanai.

Mākslīgajai infekcijai izmantoja molekulāri-ģenētiski identificētus *Fusarium graminearum*, *F. poae*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichioides* un *F. culmorum* izolātus, kas iegūti no auzām iepriekšējā pētījuma projekta ietvaros.

Petri platē ar sēnes izolātu ielēja apmēram 10 mL sterilu ūdeni. Ar plastmasas karoti vai spatulu saudzīgi nokasīja sēnes micēliju (bez barotnes). Nokasīto micēliju ar visu šķidrumu no Petri plates ielēja vārglāzē, papildināja ar destilētu ūdeni (minimālais daudzums 150 mL), un blenderēja.

Caur četrkārtīgi salocītu sterilu marli izkāsa visu šķidrumu. Marlē palikušo micēliju nokasīja, vēlreiz caur šo marli izkāsa šķidrumu un sablenderēja. Pēc tam vēlreiz izkāsa šķidrumu caur 8 kārtās salocītu tīru marli. Kāšanas procesu atkārtoja, līdz micēlija atliekas nepalika marlē.

Noteica koloniju veidojošo vienību (turpmāk – KVV) skaitu, izmantojot Gorjajeva skaitāmo kameru (skat. 1.3. att.). Auzu inficēšanai kopumā ieguva 250 mL inficēšanas šķidrumu ar KVV $650 \cdot 10^5 \text{ mL}^{-1}$. Infekcijas materiālu atšķaidīja ar nepieciešamo ūdens daudzumu, lai apsmidzinātu visu Integrētā un Bioloģiskā izmēģinājumu platību. KVV izsmidzinātajā šķīdumā bija pietiekams, lai notiktu infekcija, t.i., $10 \cdot 10^5$ uz 1 mL.



1.3. attēls. *Fusarium* ģints sēņu infekcijas materiāla koncentrācijas jeb KVV noteikšana Gorjajeva kamerā.

Laukdīdzības novērtēšana

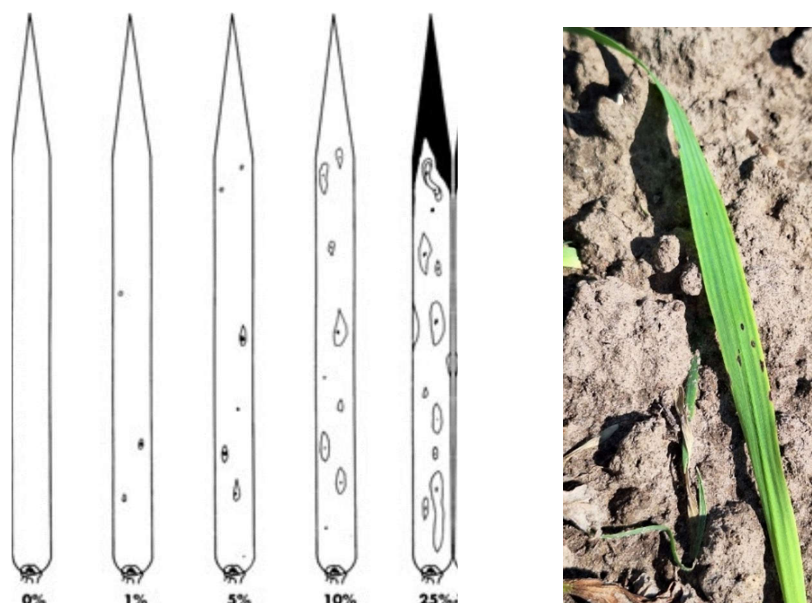
Laukdīdzības vērtēšanu veica pamatojoties uz EPPO standartu PP1/019(4) par sēklas izcelsmes graudaugu slimībām. Vērtēšanu veica vienu reizi sezonā auzu 2 līdz 5 lapu stadijā (AE 12-15). Šim nolūkam nejauši izvēlējās desmit 1 metru garas rindiņas katrā izmēģinājumu lauciņā. Noteica uzdīgušo augu skaitu katrā izvēlētajā rindiņā.

Lapu zaļā laukuma novērtēšana

Lapu zaļās virsmas laukumu vērtēja uz 10 randomizēti izvēlētu augu karoglapām (F1) un uz otrās lapas (F2) katrā lauciņā. Noteica vizuāli – %. Uzskaiti veica vienu reizi sezonā auzu piengatavības beigās – dzeltengatavības sākumā (AE 75-85).

Slimību uzskaites

Lai novērtētu mikrobioloģisko preparātu un sintētisko fungicīdu stratēģiju, kā arī potenciālo sēkļu apstrādes efektivitāti lapu slimību ierobežošanai, visos auzu izmēģinājumos uzskaitīja auzu lapu brūnplankumainību, ier. *Pyrenophora chaetomioides* (iepriekšējais nosaukums *Pyrenophora avenae*), kuras rezultātā uz lapām sākumā veidojas nelieli tumši brūni plankumi ar gaišāku vidu. Ap plankumiem veidojas sarkanbrūnas apmales, palielinoties tie saplūst, veidojot atmirušu audu plankumus. Uzskaitē veikta atbilstoši EPPO vadlīnijai PP 1/26(4) par lapu un vārpu slimību uzskaiti (1.4. att.). Uzskaitīja arī auzu vainagrūsu, ier., *Puccinia coronata* un vārpu fuzariozi, ier. *Fusarium* spp., ja šādas pazīmes konstatēja. Līdz otrā mezgla etapam (AE 32) uzskaites veica uz 25 augiem, vēlākos attīstības etapos – uz 10 augiem lauciņā, uz trīs dažādiem lapu līmeņiem.



1.4. attēls. Auzu lapu slimību vērtēšanas skala (pa kreisi) un auzu lapu brūnplankumainības pazīmes (pa labi).

Vidējo slimības attīstības pakāpi (%) aprēķināja šādi: konstatēto attīstības pakāpju summu dalīja ar visu uzskaitē iekļauto augu skaitu. Izplatību (%) aprēķināja šādi: inficēto augu skaitu dalīja ar uzskaitē iekļauto augu skaitu un reizināja ar 100.

Pavisam veica 4 slimību uzskaites ar intervālu 14 dienas, sākot ar auzu stiebrošanas etapu (AE 32-37) līdz agrajai piengatavībai (AE 73). Pirmā uzskaitē veikta tikai kontroles variantos pirms pirmā smidzinājuma, lai konstatētu slimību pirmās pazīmes un sākotnējo slimību attīstības līmeni izmēģinājumā.

Ražas novākšana, kvantitatīvo un kvalitatīvo parametru noteikšana

Raža novākta ar izmēģinājumu kombainu Wintersteiger Delta (darba platums 2.3 m, aprīkots ar Harvest Master TM Grain Gage®) kultūraugu gatavības fāzē, nosakot katra lauciņa ražu (kombaina svāri) un mitrumu noteica ar analizatoru MC2000 (OHAUS®) (intervāls 3-45%, precizitāte 0.1%, kalibrēta Stendes PC Graudu tehnoloģijas un agroķīmijas laboratorija). Graudu paraugus tīrīja uz garenacu sietiem 1.8 x 20 mm, graudu frakcijas nosvēra uz elektroniskajiem svāriem A&D EK-6100i (6000g x 0.1g) un aprēķināja preču produkcijas iznākumu (%). TGM noteikšanai graudus skaitīja ar graudu skaitītāju Contador Pfeuffer un nosvēra uz laboratorijas svāriem Scaltec (200 x 0.01g). Ar Infratec Nova, noteikts graudu mitrums (%), kopproteīna saturs (%), cietes saturs (%), Beta glikānu saturs (%), tauku saturs (%) un tilpummasa (kg hl^{-1}).

Datu statistiskā analīze

Lauku izmēģinājumu datu statistiskajai analīzei izmantoja ARM 2022.5 datorprogrammu. Ierobežošanas stratēģijas analizētas, izmantojot viena faktora dispersijas analīzi (ticamība līmenis 95%), bet šo stratēģiju efektivitātes atšķirību būtiskums noteikts, izmantojot MBS testu (*LSD post-hoc test*).

Augu aizsardzības pasākumu ekonomiskā pamatojuma aprēķināšana

Ekonomiskā pamatojuma aprēķināšanai izmantoja LLKC izstrādātu bruto seguma aprēķina metodoloģiju¹. Bruto segums izteikts kā starpība starp ieņēmumiem un izdevumiem un aprēķināts katram izmēģinājumu variantam. Ieņēmumiem pievienots maksimāli iespējamais atbalsta maksājumu apjoms konkrētam gadījumam. Aprēķinos izmantotās pakalpojumu un materiālu cenas galvenokārt izvēlētas pēc LLKC parauga, atsevišķos gadījumos konsultējoties ar graudkopības nozares speciālistiem un augu aizsardzības līdzekļu un bioproduktu izplatītājiem. Tehnikas izmaksās iekļauti izdevumi par degvielu un tehnikas amortizāciju. Bruto segums visiem izmēģinājumu variantiem pārrēķināts uz 1 ha lauksaimniecības zemes un izteikts Eiro valūtā bez PVN.

1.2. Rezultāti un diskusija

1.2.1. Sēklu apstrādes izmēģinājums

Laukdīdzība

Laukdīdzība noteikta 21. maijā. Sadīgušo augu skaits visos variantos variēja no 45 līdz 48 augiem 1 m garā rindiņā. Būtiskas atšķirības starp variantiem netika konstatētas. Tas nozīmē, ka sēklu apstrādes ietekme uz sadīgšanu netika konstatēta, līdzīgi kā iepriekšējās pētījuma sezonās.

Lapu zaļais laukums

Lapu zaļo laukumu novērtēja 22. jūlijā auzu piengatavības vidū (AE 71-75). Kontrolē karoglapas (F1) zaļais laukums bija 69%, apstrādātajos variantos 53-73%, bez būtiskas atšķirības starp variantiem un kontroli. Tomēr nevar droši secināt, ka sēklu apstrāde varētu būt atstājusi tiešu ietekmi uz lapu zaļo laukumu, jo no sējas brīža līdz uzskaites veikšanai bija pagājuši vairāk nekā 2 mēneši.

Auzu lapu brūnplankumainības attīstība izmēģinājumā

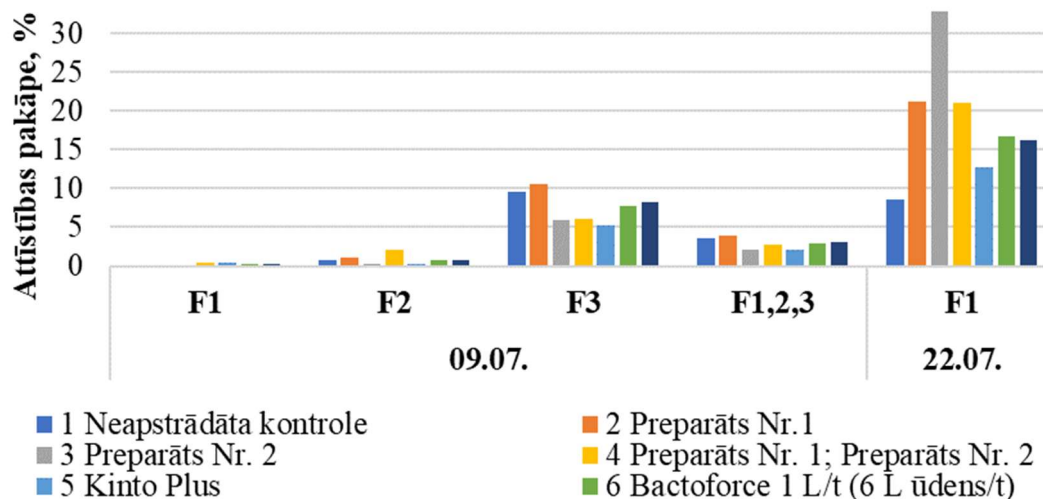
Pirmās auzu lapu brūnplankumainības pazīmes konstatēja agrāk nekā iepriekšējās divās sezonās (12. jūnijā līdz cerošanas sākumam). Salīdzinājumam ar iepriekšējiem veģetācijas periodiem: 2023. gadā pirmās slimību pazīmes uz lapām parādījās tikai jūlija beigās auzu agrās piengatavības (AE 73) laikā, 2024. gadā – auzu otrā mezglā attīstības laikā (AE 32).

Pirmās uzskaites laikā (2 mēnešus pēc sējas) auzu lapu brūnplankumainības attīstība bija viennērīga visos variantos (0.4-0.33%). Nākamās uzskaites reizē (26. jūnijā - 2 nedēļas pēc pirmās uzskaites) slimības attīstības pakāpe kontrolē bija 2.03%, sēklu apstrādes variantos tā variēja no 0.45-1.7% robežās. Būtiski zemāku attīstības pakāpi salīdzinājumā ar kontroli konstatēja ar ķīmisko kodni apstrādātajā variantā. Tāpat kā iepriekšējās divās izmēģinājuma sezonās, apstiprinājās ķīmiskās kodināšanas pozitīvā ietekme uz slimības attīstību. Slimības attīstības pakāpe turpmākajā veģetācijas periodā sasniedza nozīmīgu attīstības līmeni – pēdējās uzskaites laikā, kad apakšējās lapas bija atmirušas, uz karoglapas attīstības pakāpe bija no 8,5-32,88% (skat. 1.5. att.).

Kopumā brūnplankumainības attīstības pakāpe bija manāmi augstāka salīdzinot ar 2023. un 2024. gada sezonu, kad tā nerasniedza 2%. Brūnplankumainības attīstības pakāpe pēdējo uzskaiti laikā variēja starp variantiem, bet būtiskas atšķirības starp tiem netika konstatētas.

¹ <https://new.llkc.lv/lv/nozares/ekonomika/bruto-segumi>, skat.10.11.2025.

Auzu vainagrūsu šajā gadā konstatēja vēlu – tikai jūlija beigās uz augšējām lapām un tās attīstība nevarēja būtiski ietekmēt auzu ražas veidošanos. Vārpu fuzariozes pazīmes uz skarām lauka apstākļos nebija vērojamas.



1.5. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe uz dažādiem lapu līmeņiem sēklu apstrādes izmēģinājumā. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa, F3 – trešā lapa, F – 1,2,3 – uz visām lapām kopā.

Ražas rezultāti

Ražu izmēģinājumā vāca 16. augustā. Auzu raža 2025. gadā variēja no 4,22 t ha¹ kontrolē līdz 4,09-4,39 t ha⁻¹ sēklu/augsnes apstrādes variantos (skat. 1.6.tab.). Ražas daudzums būtiski neatšķīrās ne salīdzinājumā ar kontroles variantu, ne starp variantiem. Arī 2023. gadā būtiskas atšķirības starp variantiem nekonstatēja. Savukārt 2024. gada sezonā būtiski augstāku ražu (4,42 t ha⁻¹) salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem ieguva sēklas apstrādes 7. variantā ar Bactoforce1 L/t (10 L ūdens/t). Auzu graudu kvalitātes rādītāju lielums starp variantiem bija atšķirīgs, taču šogad bez būtiskām atšķirībām.

Ražas parametri sēklu apstrādes izmēģinājumā

Variants	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopro teīns, %	Ciete, %	Tilpum masa, kg hl ⁻¹	β - glikāns, %	Tauki, %
1 Neapstrādāta kontrolē	4.22	33.02	10.07	48.32	54.01	3.29	8.09
2 Preparāts Nr.1 (sēkla)	4.36	33.18	10.07	48.6	53.67	3.32	4.83
3 Preparāts Nr. 2 (augšne)	4.19	33.21	9.96	47.61	53.8	3.28	5.19
4 Preparāts Nr. 1 (sēkla); Preparāts Nr. 2 (augšne)	4.42	32.92	10.05	48.36	53.49	3.33	5.14
5 Kinto Plus	4.21	32.41	10.09	47.26	53.25	3.28	5.11
6 Bactoforce 1 L/t (6 L ūdens/t)	4.09	33.13	9.76	48.22	53.96	3.34	5.24
7 Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t)	4.39	32.61	10.24	48.53	53.44	3.33	5

Salīdzinot trīs gadu rezultātus, kas ir ļoti atšķirīgi, var secināt, ka konkrētus alternatīvus pasākumus sēklu apstrādes veikšanai nav iespējams rekomendēt.

1.2.2. Integrētais izmēģinājums auzu sējuma

Laukdīdžība

Laukdīdžība noteikta 21. maijā. Sadīgušo augu skaits visos variantos bija no 51-55 augiem uz 1 metru garu rindu bez būtiskām atšķirībām, tāpat kā iepriekšējos divos pētījuma gados.

Lapu zaļais laukums

Lapu zaļais laukums integrētajā izmēģinājumā novērtēts 22. jūlijā auzu piengatavības vidū (AE 71-45). Kontrolē karoglapas zaļais laukums bija 52% (2023. gadā – 87%, 2024. – 35%). Būtiski lielāku lapu zaļo laukumu salīdzinājumā ar kontroli konstatēja ar ķīmiski sintezētajiem fungicīdiem apstrādātajā 6. variantā (84%). Arī 3. (preparāts Nr.4) un 5. (3 reizes lietoti Preparāts Nr.3 un 4) variantā lapu zaļais laukums bija lielāks nekā kontrolē (attiecīgi 76 un 71%), tas būtiski neatšķīrās no 6. varianta, taču bez būtiskas atšķirības salīdzinājumā ar kontroli. Šeit ir svarīgi piebilst, ka iepriekšējos pētījuma gados, atšķirībā no šī gada, lapu zaļo laukumu veiktie pasākumi neietekmēja. Tas nozīmē, ka ir nepietiekami dati, lai pamatoti izceltu kāda alternatīvā pasākuma (piemēram, apstrāde ar mikrobioloģiskajiem preparātiem – 3. un 5. variants) nozīmi.

Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe izmēģinājumā

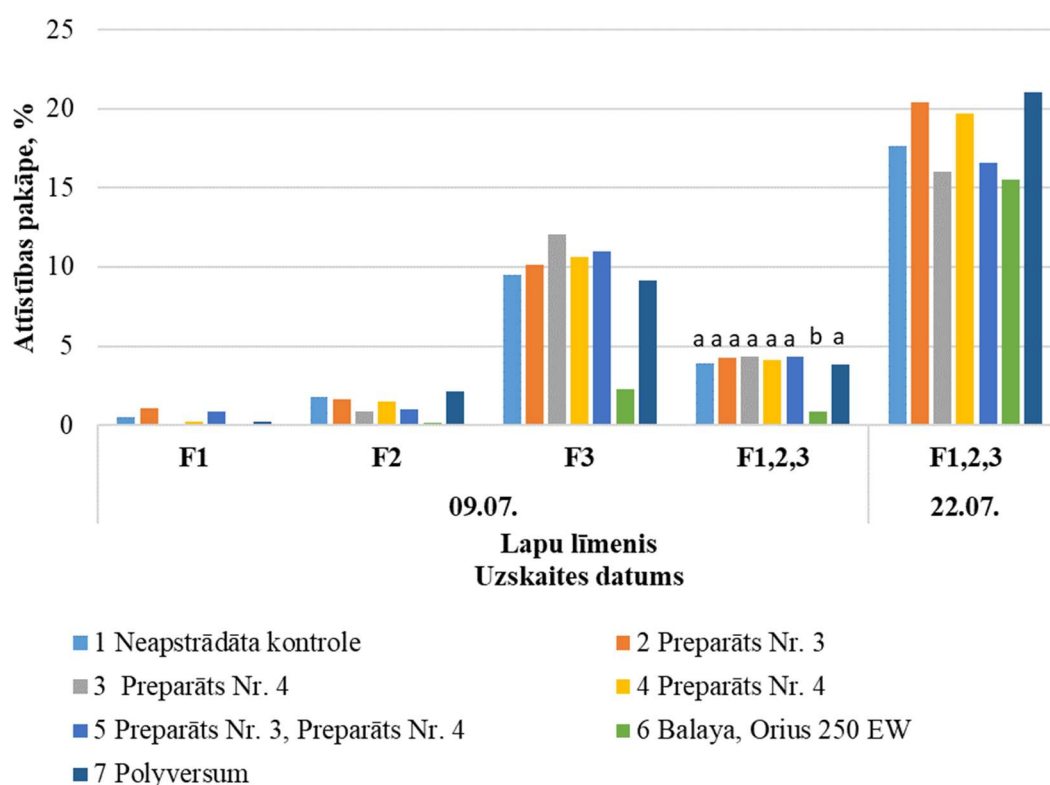
Pirmās auzu lapu brūnplankumainības 2025. gadā parādījās agrāk nekā iepriekšējos gados – līdz cerošanas sākumam. Savukārt 2024. gada sezonā tās parādījās samērā stiebrošanas sākumā. Savukārt 2023. gada vēso un sauso laika apstākļu ietekmē auzu lapu brūnplankumainības pirmās pazīmes parādījās vēl – jūnija beigās.

Uzskaites laikā 26. jūnijā slimības attīstības pakāpe dažādos variantos bija robežās no 0.6-1.2% bez būtiskām atšķirībām. Straujāka brūnplankumainības attīstība bija vērojama jūlija sākumā auzu ziedēšanas sākumā, kad tās attīstības pakāpe tuvojās agronomiski nozīmīgam līmenim (5%). Uzskaites laikā 9. jūlijā pirms pēdējo variantu (4., 5., 6., 7. varianta)

smidzinājumiem, būtiski zemāku brūnplankumainības attīstības pakāpi, salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem konstatēja tikai 6. variantā (ķīmiski sintezēto fungicīdu apstrādes) (skat. 1.6.attēlā). Pēdējās uzskaites laikā, kad auzas bija sasniegušas piengatavības fāzi, brūnplankumainības attīstības pakāpe sasniedza augstu līmeni (15-21%), bet būtiski neatšķīrās pa variantiem.

Salīdzinājumam – arī 2024. gadā pirmās būtiskās atšķirības starp variantiem parādījās 4. jūlijā (ziedēšanas vidus līdz beigas jeb AE 65-69) uzskaitē, kad uz 3. lapas slimības attīstības pakāpe sasniedza nozīmīgu līmeni gan kontroles (6.03%), gan 2. variantā (5.57%) (kur 2 reizes stiebrošanas sākumā un karoglapas veidošanās laikā bija veikti smidzinājumi ar preparātu Nr.3). Tāpat kā šogad, būtiski zemāka slimības attīstības pakāpe bija vērojama variantā, kur bija smidzināti ķīmiskās izcelsmes fungicīdi. Līdzīgi rezultāti iegūti arī 2023. gada sezonā, kas gan raksturojās ar ļoti zemu slimību attīstības līmeni.

Auzu vainagrūsu arī šajā izmēģinājumā konstatēja vēl – tikai jūlija beigās uz augšējām lapām un tās attīstība nevarēja būtiski ietekmēt auzu ražas veidošanos. Vārpu fuzariozes pazīmes uz skarām lauka apstākļos nebija vērojamas.



1.6. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe uz dažādiem lapu līmeņiem integrētajā izmēģinājumā. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa, F3 – trešā lapa, F – 1,2,3 – uz visām lapām kopā. Dažādi burti apzīmē būtisku atšķirību.

Ražas rezultāti

Ražu izmēģinājumā vāca 16. augustā. Atkarībā no varianta auzu raža bija robežās no 6.63 līdz 6.67 t ha⁻¹, bez būtiskām atšķirībām starp variantiem. Iepriekšējo gadu ražas bija zemākas: 2023. gadā – 2,81-3, t ha⁻¹ bez būtiskām atšķirībām starp variantiem tāpat kā šogad un 2024. gadā – 3,68 līdz 4,16 t ha⁻¹. Taču 2024. gadā konstatēja būtiskas atšķirības starp variantiem. Tad būtiski augstāku ražu ieguva 3., 5. un 6. variantā, tas nozīmēja, ka šajos variantos veiktie

pasākumi bijuši efektīvi. Šī gada iegūtie ražas daudzuma rezultāti tomēr neparāda veikto pasākumu efektivitāti.

Šajā pētījuma sezonā un 2023. gadā būtiskas atšķirības starp ražas kvalitātes rādītājiem nekonstatēja. Taču 2024. gadā konstatēja būtiski pozitīvu veikto pasākumu ietekmi uz proteīna saturu graudos salīdzinājumā ar kontroli un dažiem apstrādes variantiem – 6. (ķīmiski sintezētie fungicīdi) un 7. (Polyversum, mikroorganismu saturošs līdzeklis) variantos, kas gan savā starpā būtiski neatšķīrās. Tāpat pagājušajā sezonā (2024. gadā) β – glikāna jeb šķīstošu šķiedrvielu saturu auzu graudos būtiski pozitīvi (salīdzinājumā ar kontroli) ietekmēja gan auzu apstrāde ar Preparātu Nr.3, gan ķīmisku fungicīdu smidzinājums slimību ierobežošanai. Preparāts Nr.3 2024. gadā uzrādīja labus rezultātus arī ietekmē uz tauku saturu. Tā kā šādi rezultāti iegūti tikai vienā no trim gadiem, ir nepieciešami vairāku gadu rezultāti, lai varētu ieteikt konkrētas alternatīvas ķīmiskajiem fungicīdiem.

1.7. tabula

Ražas parametri integrētajā izmēģinājumā

Varianti	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopro teīns, %	Ciete, %	Tilpums masa, kg hl ⁻¹	β - glikāns, %	Tauki, %
1 Neapstrādāta kontrole	6.74	32.91	10.02	48.37	54.56	3.29	5.29
2 Preparāts Nr.3	6.74	33.18	10.07	46.92	54.56	3.35	5.2
3 Preparāts Nr. 4	6.68	32.49	9.72	48.31	54.92	3.3	4.97
4 Preparāts Nr. 4	6.67	33.08	9.84	47.55	54.42	3.37	5.09
5 Preparāts Nr. 3 un Preparāts Nr. 4	6.57	32.74	9.89	47.3	54.59	3.3	5.59
6 Balaya, Orius 250 EW	6.77	33.76	9.81	48.22	55.02	3.33	5.42
7 Polyversum	6.63	33.08	9.95	47.8	54.5	3.33	5.56

1.2.3. Bioloģiskais izmēģinājums auzu sējumā

Laukdīdzība

Laukdīdzība noteikta 21. maijā. Sadīgušo augu skaits uz 1 m rindas bija robežās no 48-52 atkarībā no varianta bez būtiskām atšķirībām, tāpat kā iepriekšējos pētījuma gados.

Lapu zaļais laukums

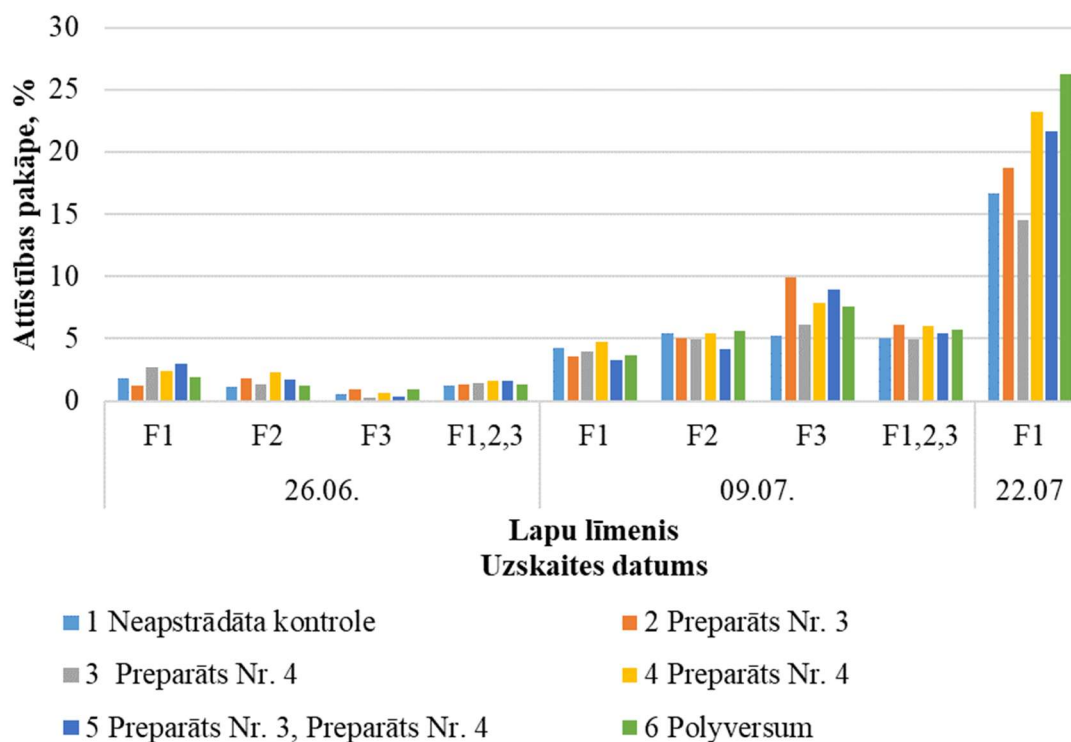
Lapu zaļais laukums bioloģiskajā izmēģinājumā novērtēts 22. jūlijā. Lapu zaļais laukums variēja no 68-72% atkarībā no varianta. Lielākais lapu zaļais laukums (78 un 81%) konstatēts attiecīgi 2. un 3. variantā (apstrāde ar preparātu Nr.3 2 reizes stiebrošanas beigās un pirms ziedēšanas) un ar preparātu Nr.4 pirms ziedēšanas), bet bez būtiskām atšķirībām no kontroles un citiem variantiem. Būtiskas atšķirības starp variantiem nekonstatēja arī iepriekšējos pētījuma gados. Šī gada rezultāti pa variantiem atšķīrās no 2024. gada sezonas, kad lielāko zaļo laukumu uz karoglapas (48%), konstatēja 5. variantā (divas reizes apstrāde ar mikrobioloģiskajiem preparātiem Nr.3 un 4).

Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe un auzu vainagrūsas sastopamība izmēģinājumā.

Bioloģiskajā izmēģinājumā auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe un izplatība 2024. gadā bija ievērojami augstāka, nekā iepriekšējās 2023. gada sezonas laikā (attīstības pakāpe nepārsniedza 1%). 2025. gada sezonā auzu lapu brūnplankumainības pakāpe kopumā bija vēl augstāka nekā iepriekšējos gados.

Pirmās brūnplankumainības pazīmes bioloģiskajā auzu sējumā parādījās agri – līdz stiebrošanas sākumam, sākumā ar nelielu attīstības pakāpi (17. jūnijā 0.03-0.18%). Agronomiski nozīmīgu attīstības pakāpi virs 5% slimības attīstības pakāpe sasniedza jūlija sākumā (09.07.) visos variantos un izplatība šajā laikā pārsniedza 50%. Pēdējās uzskaites laikā brūnplankumainības pazīmes bija atrodamas uz visiem augiem, t.i., izplatība bija 100%. Arī attīstības pakāpe bija augsta – 14,5 līdz 26, 25% atkarībā no varianta bez būtiskas atšķirības no kontroles variantā. Tikai 3. variantā (Preparāts Nr.4 pirms ziedēšanas) tā bija nedaudz zemāka salīdzinājumā ar kontroli (skat.1.7.att.). Savukārt 2024. gada sezonā brūnplankumainības attīstības pakāpe nevienā no variantiem nepārsniedza 10%.

Brūnplankumainības attīstības pakāpe nevienā no uzskaites reizēm 2025. gada sezonā būtiski neatšķīrās starp variantiem, ieskaitot kontroli. Tātad var secināt, ka pie augsta slimības attīstības līmeņa, mikrobioloģisko preparātu efektivitāte lapu plankumainību ierobežošanā ir zema un pēc šī gada datiem labāko ierobežošanas līdzekli neizdodas ieteikt.



1.7. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe uz dažādiem lapu līmeņiem bioloģiskajā izmēģinājumā. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa, F3 – trešā lapa, F – 1,2,3 – uz visām lapām kopā.

2025. gadā auzu vainagrūsas pazīmes parādījās vēlāk (jūlija beigās) nekā iepriekšējos gados un nozīmīgu attīstības pakāpi nesasniedza (0,95-3,57%) nevienā no variantiem. Būtiskas atšķirības starp dažādiem apstrādes veidiem nekonstatēja tādējādi nebija iespējams novērtēt veikto pasākumu ietekmi uz auzu vainagrūsas attīstību. Savukārt 2024. gadā auzu vainagrūsa bija sastopama biežāk nekā 2023. un 2025. gada veģetācijas periodos. 2024. gadā pirmās rūsas pazīmes parādījās jūlija sākumā, un jūlija otrajā pusē rūsas attīstības pakāpe bija sasniegusi nozīmīgu līmeni (kontrolē virs 10%). Būtiskas slimības attīstības pakāpes atšķirības starp variantiem pagājušajā sezonā netika konstatētas, taču veiktie pasākumi visos gadījumos samazināja rūsas attīstības pakāpi salīdzinājumā ar kontroli. Turklāt smidzinājumi ar Polyversum (6. variants) būtiski samazināja auzu vainagrūsas attīstības pakāpi uz auzu karoglapas, taču šis rezultāts būtiski neatšķīrās starp pārējiem apstrādes variantiem. Tāpat būtiski zemāku slimības attīstības pakāpi salīdzinājumā ar kontroli uz otrās lapas (F2) konstatēja 3. variantā (Preparāts Nr.4). Vērā ņemami rezultāti par auzu vainagrūsas attīstības ierobežošanas iespējām iegūti tikai vienā no trīs pētījuma gadiem, tādēļ šobrīd nav iespējams pamatoti ieteikt konkrētas metodes tās ierobežošanai.

Ražas rezultāti

Ražu izmēģinājumā vāca 16. augustā. 2025. gadā iegūtais ražas daudzums bija 1.31-1.49 t ha⁻¹ atkarībā no varianta. Šī gada auzu ražība bija zemākā trīs gadu laikā – 2023. gadā kontrolē 2,59 t ha⁻¹, 2024. gadā kontrolē 2,12 t ha⁻¹, bet šogad 1.33 t ha⁻¹ kontrolē.

2025. gadā ražas daudzums būtiski neatšķīrās starp variantiem, tajā skaitā arī salīdzinājumā ar kontroli. Tomēr pozitīvu tendenci parādīja apstrāde ar Preparātu Nr.3 divas reizes (2. variants) un Polyversum (6. variants) – šajos variantos iegūta augstāka raža (attiecīgi 1.49 un 1.46 t ha⁻¹) nekā pārējos variantos (skat. 1.8.tabulā). Savukārt 2024. gadā būtiski augstāku ražu ieguva 5. variantā (apstrāde ar mikrobioloģiskajiem preparātiem 3 reizes). Arī 2023. gadā starp variantiem būtiskas ražas daudzuma atšķirības nekonstatēja, tomēr pozitīvu tendenci (augstākā raža starp variantiem) parādīja apstrāde 2. variantā (preparāts Nr.3 divas reizes), tāpat kā šajā gadā.

1.8. tabula

Ražas parametri bioloģiskajā izmēģinājumā

Varianti	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopproteīns, %	Ciete, %	Tilpums, kg hl ⁻¹	β - glikāns, %	Tauki, %
1 Neapstrādāta kontrole	1,33	35,04	10,58	3,31	45,03	5,45	5,45
2 Preparāts Nr.3	1,49	35,38	10,91	3,25	45,68	5,31	5,31
3 Preparāts Nr. 4	1,37	35,68	10,75	3,25	45,73	5,32	5,32
4 Preparāts Nr. 4	1,31	35,36	10,83	3,28	45,95	5,43	5,43
5 Preparāts Nr. 3 un Preparāts Nr. 4	1,36	35	10,56	3,25	45,96	5,42	5,55
6 Polyversum	1,46	35,07	10,51	3,25	45,13	5,42	5,42

1.3. Secinājumi

1. Auzu sēklu ķīmiska kodināšana samazināja auzu lapu brūnplankumainības attīstību veģetācijas periodā, savukārt sēklu apstrādes variantā ar biostimulantu Bactoforce tikai vienā no izmēģinājuma gadiem (2024.) ieguva būtiski augstāku ražu salīdzinājumā, ar citiem variantiem.

2. 2025. gadā, kad auzu lapu brūnplankumainības attīstība bija augsta, būtiski zemāku slimības pakāpi konstatēja ar ķīmiskiem fungicīdiem apstrādātajā variantā.

3. Bioloģiskajā auzu sējumā pie augsta slimības attīstības līmeņa, mikrobioloģisko preparātu efektivitāte lapu plankumainību ierobežošanā bija zema. Būtu nepieciešams turpināt izmēģinājumus auzu sējumos, izvēloties tikai līdz šim efektīgākos pasākumus. Papildus, bioloģiskajā sējumā vajadzētu iekļaut arī variantus laputu un labību lapgraužu ierobežošanas iespēju izpētei.

2. Lauka izmēģinājumi rudzu sējumos

2.1. Izmēģinājumu iekārtošanas, apstrādes un uzskaišu metodika rudzu sējumos

Izmēģinājumu vieta un apstākļi

2025. veģetācijas periodā sadarbībā ar Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centru Platones pagastā, Jelgavas novadā tika iekārots lauka izmēģinājums integrētajā (skat. 2.1. att.) rudzu sējumā.



2.1. attēls. Izmēģinājumi integrētajā rudzu sējumā.

Izmēģinājums iekārtots rudzu šķirnē ‘Elias’ velēnu glejotā, smilšmāla augsnē, pH 7.0; organisko vielu saturs 3.78%; K₂O 73 mg kg⁻¹ (augsts); P₂O₅ 38 mg kg⁻¹, priekšaugš – papuve. Augsnes apstrādes tehnoloģiskās operācijas – aršana rudenī, šļūksna un kultivēšana pavasarī. Pamatmēslojumam 8.10.2024. izmantots NPK 10-13-25+7 220 kg ha⁻¹, papildmēslojumam YV Kombiphos 2.0 L ha⁻¹ 8.10.2024., AN 34.4% 250 kg ha⁻¹ 28.03.2025., amonija sulfāts N21 S26 250 kg ha⁻¹ 29.04.2025. Nezāles ierobežotas ar Mateno Duo 0.35 L ha⁻¹ 14.10.2024., MCPA 1.0 L ha⁻¹ 19.04.2025., Calibre un Quelex 0.03 L ha⁻¹ 1.05.2025. Izmantots augšanas regulators Medax Max 0.53 L ha⁻¹ 19.04.2025.

Rudzu izsējas norma – 247 kg ha⁻¹, sējas datums – 2. maijs, izmēģinājumu lauciņu platība 2.5 x 9 m (22.5 m²).

Informācija par izmēģinājumā izmantotajiem preparātiem norādīta 2.1. tabulā.

2.1. tabula

Izmēģinājumā izmatoto produktu aktīvās vielas un pielietojums

Preparāts	Darbīgā viela	Lietošanas mērķis	Apstrādātās auga daļas
Mikrobioloģiskais preparāts Nr.3	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , 1x10 ⁹ katrs mikroorganisms	Mešošana	Lapas
Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> , 1x10 ⁹ katrs mikroorganisms		Vārvas
Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i> M1, 1000000 oosporas/g	Fuzarioze (<i>Fusarium</i> spp.)	Lapas, vārvas
Balaya	Mefentriflukonazols, 100 g/l, piraklostrobīns, 100 g/l	Auzu lapu brūnplankumainība, auzu vainagrūsa, graudzāļu mltrasa	Lapas
Orius 250 EW	Tebukonazols, 250 g/l	Auzu vainagrūsa, graudzāļu mltrasa, fuzarioze	Lapas, vārvas

Izmēģinājumā izmantoti gan mikrobioloģiskie preparāti, gan sintētiskie fungicīdi (2.2. tabula), smidzinājumi veikti veģetācijas laikā dažādos attīstības etapos, lai noskaidrotu to efektivitāti fuzariozes (*Fusarium* spp.) un potenciālo lapu slimību ierobežošanā.

**Fungicīdu smidzinājumu laiks, augu attīstības etaps (AE) un izmantotie preparāti
rudzu sējumā**

Nr.	Variants	Deva, L vai kg/ha	A 22.04. AE 32- 33	B 07.05. AE 39	C 29.05. AE 59	D 09.06. AE 65
1	Neapstrādāta kontrole	-	-	-	-	-
2	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10	X			
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3			X		
3	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10			X*	
4	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10				X**
5	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10	X			
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	10		X		
	Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	10				
6	Balaya	0,5		X		
	Orius	1,0				X**
7	Polyversum	0,1	X			
	Polyversum	0,1				X**

* Pirms mākslīgās inficēšanas ar *Fusarium* spp.

** Pēc mākslīgās inficēšanas ar *Fusarium* spp.

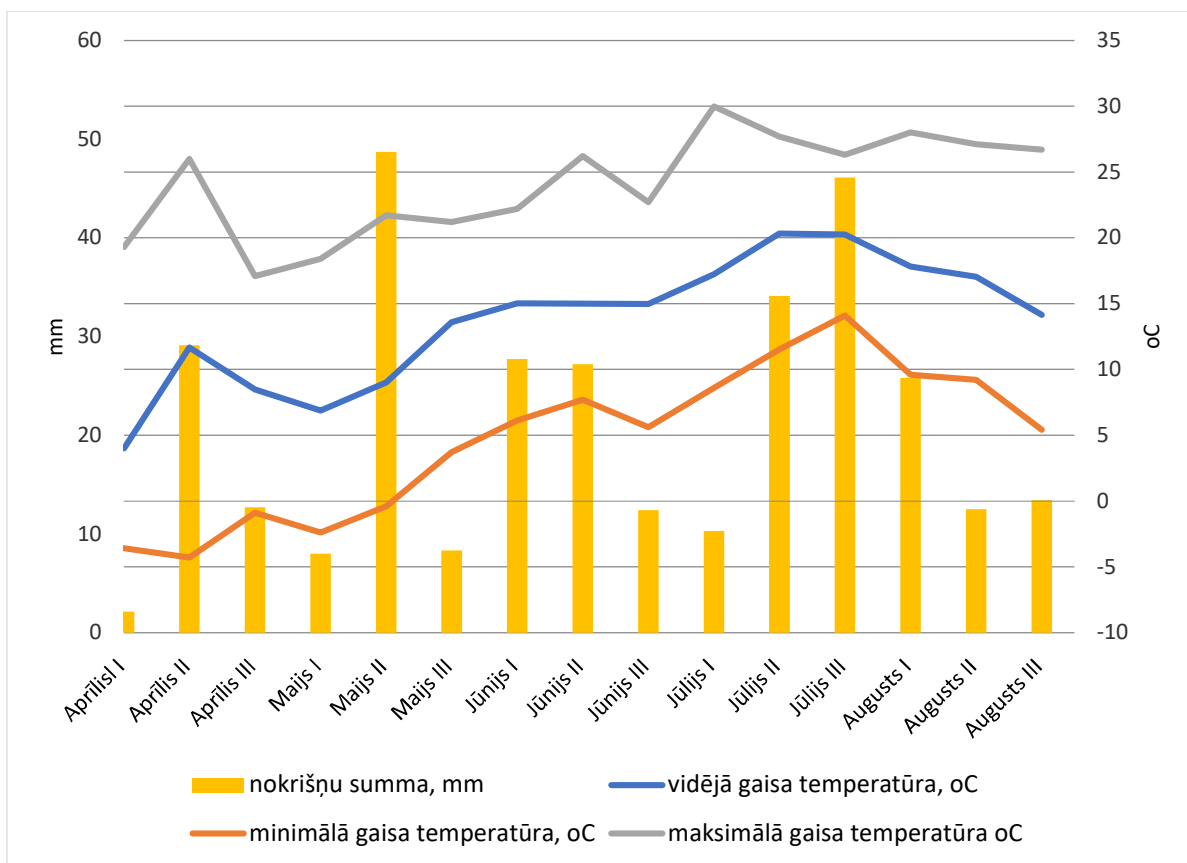
A, B, C, D, E – apstrādes kodi

Meteoroloģiskie apstākļi smidzināšanas datumos parādīti 2.3. tabulā.

2.3. tabula

Meteoroloģiskie apstākļi smidzināšanas laikā

Noteiktais rādītājs	Datums				
	22.04.	7.05.	29.05.	04.06. (mākslīgā inficēšana)	09.06.
Gaisa temperatūra, °C	13.0	6.0	19.4	20.1	13.4
Augsnes mitruma režīms	Mitra	Mitra	Sausa	Mitra	Mitra
Relatīvais gaisa mitrums, %	68	62	60	70	90
Vēja ātrums (m/s)	4.0	4.0	3.5	3.5	4.0
Augu virsma	Sausa ar turgoru	Sausa ar turgoru	Sausa ar turgoru	Viegli mitra	Mitra
Nokrišņi (mm) 6 h pēc apstrādes	2.0	0	0	0	0.5
Nokrišņi (mm) nedēļu pēc apstrādes	2.5	3,5	8.4	34.2	15.3



2.2. attēls. Meteoroloģiskie apstākļi 2025. gada veģetācijas periodā. Dati no Jelgavas HMS.

Meteoroloģiskie apstākļi 2025. gada veģetācijas periodā parādīti 2.2. attēlā.

2025. gada aprīlī vidējā gaisa temperatūra sasniedza 8.1 °C (1.4 °C virs ilggadīgās klimatiskās normas), arī nokrišņu daudzums sēklu dīgšanai bija pietiekošs – 43.9 mm. 2024. gada maijā bija nedaudz vēsāks nekā ierasts, vidējā mēneša gaisa temperatūra sasniedza 9.8 °C, kas bija par 2.0 °C zemāka nekā norma, savukārt nokrišņu daudzums maijā sasniedza 65.0 mm jeb 124% no normas. Vidējā gaisa temperatūra jūnija mēnesī bija nedaudz zem ilggadīgās normas (–0.5 °C), bet mitruma apstākļi bija tuvu ilggadīgo novērojumu datiem – 67.3 mm jeb 92 % no normas. Gaisa temperatūra jūlijā par 1.4 °C pārsniedza ilggadīgo normu, arī nokrišņu daudzums bija pietiekošs – pārsniedza kopējo ilggadīgo jūlija nokrišņu normu par 10%. Augustā gaisa temperatūra bija par 0.7 °C zemāka nekā norma, nokrišņu daudzums – par 26% mazāks nekā ilggadīgi novērotais. Kopumā 2025. gada veģetācijas sezona bija silta un mitra, tā bija labvēlīga gan augu, gan dažādu to slimību ierosinātāju attīstībai.

Mākslīgā inficēšana ar *Fusarium* ģints sēnēm, laukdīdzības novērtēšana, slimību uzskaites, hlorofila satura mērījumi, lapu zaļā laukuma novērtēšana, datu statistiskā analīze un augu aizsardzības pasākumu ekonomiskā pamatojuma aprēķināšana veikta pēc identiskas metodikas kā auzu izmēģinājumos.

Mākslīgās inficēšanas metodika

Skatīt pie metodikas auzu izmēģinājumiem atskaites 1.1. punktā. Rudzu inficēšanai ieguva 460 mL inficēšanas šķīdumu ar KVV 320*10⁵ 1mL⁻¹. KVV izsmidzinātajā šķīdumā bija pietiekams, lai notiktu infekcija, t.i., 10⁵ uz 1 mL.

Veldres novērtēšana

Veldri novērtēja katram lauciņam atsevišķi, reģistrējot verdēšanās leņķi (kur 0° nozīmē – veldres nav) un laukumu %, ko aizņem veldre. Aprēķināja veldres indeksu veldres leņķi reizinot ar laukumu un dalot ar 100.

Slimību uzskaites

Lai novērtētu mikrobioloģisko preparātu un sintētisko fungicīdu stratēģiju, kā arī potenciālo sēkļu apstrādes efektivitāti lapu slimību ierobežošanai, rudzu izmēģinājumā uzskaitīja stiebrzāļu gredzenplankumainības, ier. *Rhynchosporium secalis* sastopamību. Uzskaitīja arī brūno rūs, ier., *Puccinia recondita* un vārpu fuzariozi, ier. *Fusarium* spp., ja šādas pazīmes konstatēja. Līdz otrā mezgla etapam (AE 32) uzskaites veica uz 25 augiem, vēlākos attīstības etapos – uz 10 augiem lauciņā, uz trīs dažādiem lapu līmeņiem.



2.3. attēls. Stiebrzāļu gredzenplankumainības pazīmes uz rudzu lapas

Stiebrzāļu gredzenplankumainības attīstības pakāpi noteica %, kā slimības pazīmes aizņemto lapas laukumu attiecībā pret lapas virsmu.

Vidējo slimības attīstības pakāpi (%) aprēķināja šādi: konstatēto attīstības pakāpju summu dalīja ar visu uzskaitē iekļauto augu skaitu. Izplatību (%) aprēķināja šādi: inficēto augu skaitu dalīja ar uzskaitē iekļauto augu skaitu un reizināja ar 100.

Pavisam veica 4 slimību uzskaites ar intervālu 7-14 dienas, sākot stiebrošanas etapu (AE 32-37) līdz agrajai piengatavībai (AE 73).

Ražas novākšana, kvantitatīvo un kvalitatīvo parametru noteikšana

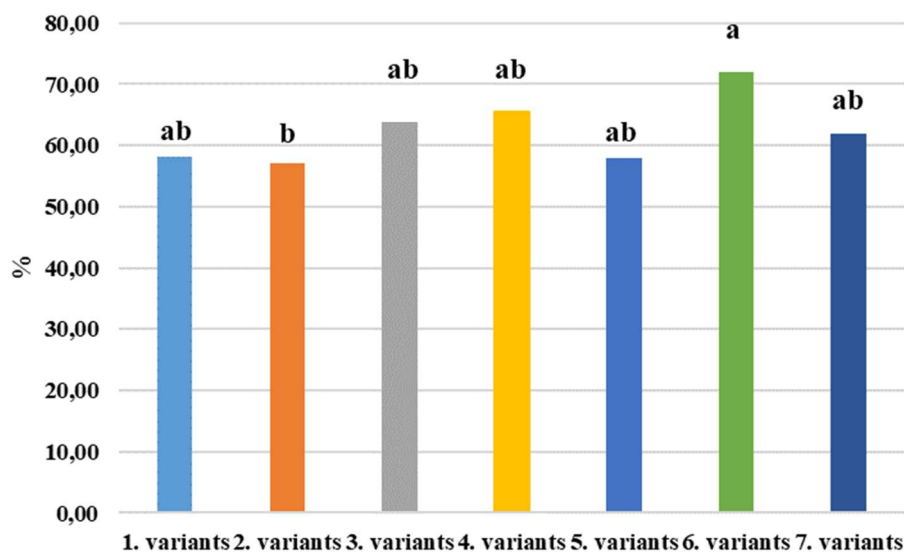
Raža novākta ar izmēģinājumu kombainu Sampo Rosenlew SR2010 (darba platums 2 m), nosakot katra lauciņa ražu (kombaina svari TR200) un mitrumu (analizators CMM100). TGM noteikšanai izmantoja graudu un sēkļu analizatoru MARViN 6. Kopproteīna saturs (%) un tilpummasa (kg hl^{-1}) noteikta ar Granolyser HL.

2.2. Rezultāti un diskusija

2.2.1. Rudzu izmēģinājums

Lapu zaļais laukums

Lapu zaļais laukums izmēģinājumā novērtēts 1. jūlijā rudzu piengatavības sākumā (AE 73). Lapu zaļais laukums variēja no 58-72% atkarībā no varianta. Būtiski lielāks zaļais laukums (72%) salīdzinājumā ar kontroli (58%) un 2. variantu (divas reizes Preparāts Nr.3)(57%) bija 6. variantā, kur divas reizes veikta apstrāde ar ķīmiskajiem fungicīdiem (skat. 2.4. att.).



2.4. attēls. Lapu zaļais laukums rudzu sējumā 01.07.2025. Dažādi burti apzīmē būtiskas atšķirības.

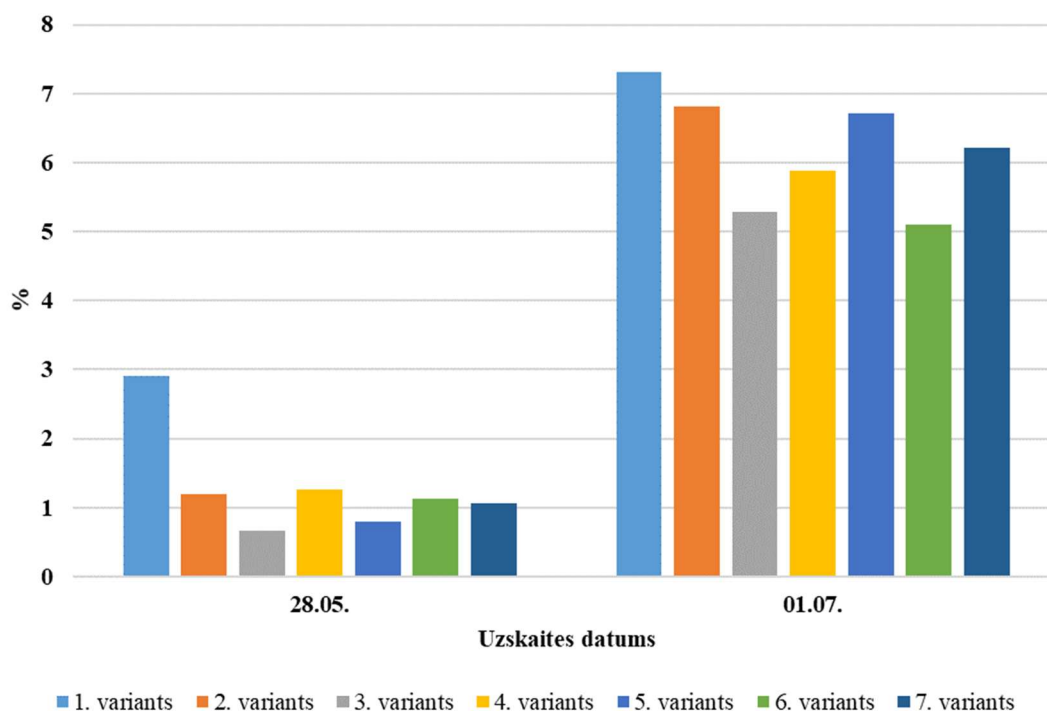
Veldre

Rudzu sējumā jūnija sākumā ziedēšanas laikā konstatēja veldrēšanos. Veldres indekss atkarībā no varianta variēja no 6-11 un būtiski neatšķīrās starp variantiem. Līdz ražas novākšanai veldrēšanās neturpinājās. Tas nozīmē, ka veldrēšanās process nevarēja būtiski ietekmēt izmēģinājumā iegūtos datus, ieskaitot ražu.

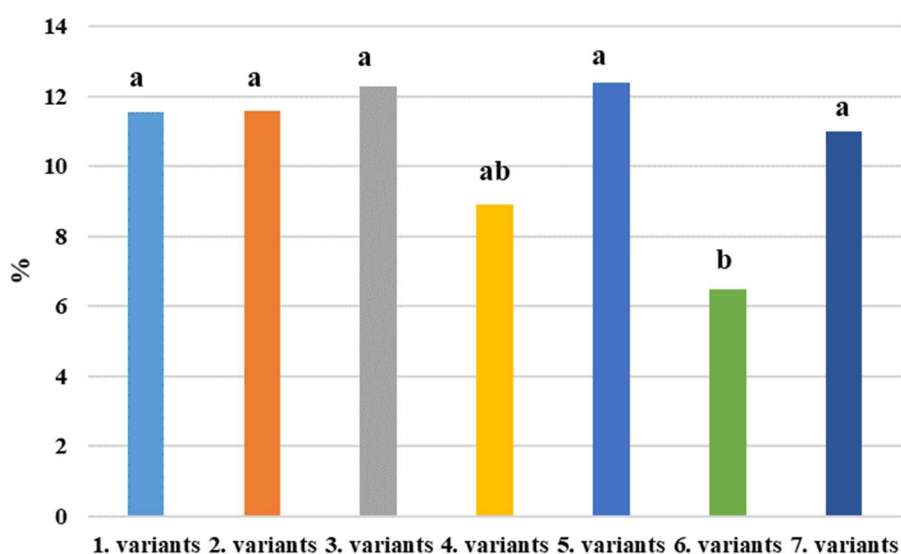
Stiebrzāļu gredzenplankumainības attīstības pakāpe un brūnās rūsas sastopamība izmēģinājumā.

Pirmās stiebrzāļu gredzenplankumainības pazīmes konstatēja atsevišķos variantos maija sākumā (karoglapas parādīšanās – vārpošanas sākumā AE 37-51). Slimības izplatīšanās notika samērā lēni. Trīs nedēļas pēc pirmās uzskaites slimības pazīmes bija sastopamas visos variantos. Augstāko attīstības pakāpi (2,91%) konstatēja kontrolē (skat. 2.5.att.), taču tā būtiski neatšķīrās no apstrādes variantiem. Pēdējās uzskaites laikā 1. jūlijā slimības attīstības pakāpe bija sasniesusi 5% attīstības pakāpi visos variantos (5,9 -7,21%). Visos apstrādātajos variantos konstatēja zemāku slimības attīstības pakāpi salīdzinājumā ar kontroli, taču būtisku atšķirību starp variantiem nebija (skat. 2.5.att.). Tas nozīmē, ka visi veiktie pasākumi samazināja gredzenplankumainības attīstības pakāpi, bet, izcelt kāda varianta īpašu nozīmi šīs slimības ierobežošanai, pēc pirmā gada pētījuma neizdodas.

Brūnās rūsas pazīmes uz lapām konstatēja vēlu – tikai veģetācijas perioda otrajā pusē rudzu agrās piengatavības laikā (1. jūlija) (skat. 2.6.att.). Būtiski zemāku rūsas attīstības pakāpi konstatēja ķīmiski sintezētu fungicīdu lietošanas variantā (6. variantā). Lai gan pēdējais smidzinājums šajā variantā tika veikts 9. jūnijā, taču varēja atstāt zināmu ietekmi uz rūsas attīstības sākumu.



2.5. attēls. Stiebrzāļu gredzenplankumainības attīstības pakāpe rudzu izmēģinājumā.



2.6. attēls. Brūnās rūsas attīstības pakāpe rudzu izmēģinājumā 01.07.2025. Dažādi burti apzīmē būtiskas atšķirības.

Ražas rezultāti

Ražu rudzu izmēģinājumā novāca 19. augustā. Raža variēja starp variantiem no 5,7 līdz 6,57 t ha⁻¹ (skat. 2.4.tab.). Tomēr ražas daudzums un kvalitātes rādītāji savstarpēji būtiski neatšķīrās, tajā skaitā arī no kontroles. Secinājumu par veikto pasākumu ietekmi uz ražas daudzumu un kvalitāti no šī gada datiem nav iespējams izdarīt. Būtu nepieciešami dati no vairākiem veģetācijas periodiem.

2.4. tabula

Ražas parametri rudzu izmēģinājumā

Variants	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopproteīns, %	Tilpummasa, kg hl ⁻¹
1 Neapstrādāta kontrole	6,21	34,90	9,60	65,50
2 Preparāts Nr. 3 2x	6,34	36,35	9,08	67,68
3 Preparāts Nr. 4	5,70	35,40	9,48	66,19
4 Preparāts Nr. 4	6,15	36,29	9,45	67,43
5 Preparāts Nr. 3, Preparāts Nr. 4	6,14	35,88	9,20	68,37
6 Balaya, Orius 250 EW	6,02	37,34	9,25	68,86
6 Polyversum	6,57	34,14	9,93	65,35

2.3. Secinājumi

1. Rudzu sējumā visos variantos veiktie pasākumi samazināja stiebrzāļu gredzenplankumainības attīstības pakāpi, ieskaitot mikrobioloģiskos preparātus, tomēr ražas daudzums un kvalitātes rādītāji savstarpēji būtiski neatšķīrās, tajā skaitā arī no kontroles.
2. Pētījumu rudzu sējumos būtu nepieciešams turpināt, lai salīdzinātu iegūtos rezultātus vairākās sezonās, papildus iekārtojot izmēģinājumu arī bioloģiskajā rudzu sējumā.

3. Mikotoksīnu noteikšana

3.1. Mikotoksīnu analīžu veikšanas metodika

Pētījuma laikā noteikts toksīnu T2/HT2, deoksinivalenola (turpmāk – DON) un zearaleona (turpmāk – ZEN) daudzums auzu un rudzu graudos. Mikotoksīnu noteikšanai graudu paraugos izmantoti šādas testi: Rosa T2/HT2 Quantitative Test for Feed and Grain, Rosa WET-S5 Zearalenone Quantitative Test for Feed and Grain, Rosa WET-S5 DON Quantitative Test for Feed and Grain.

Auzu un rudzu graudi no katra izmēģinājuma varianta samalti līdz miltu konsistencei izmantojot šim nolūkam paredzētu ierīci - Laboratory mill 3100. Katra mikotoksīna analīžu veikšanai izmantoti 50g samalta graudu parauga.

Lai noteiktu ZEN daudzumu graudos, katram paraugam pievienota viena paciņa Wet-S Extraction Powder un 150ml destilēta ūdens. Paraugš maisīts 1,5 min, pēc tam filtrēts caur filtrpapīru. 1,5 ml no iegūtā šķīduma ielieti stobriņos un ievietoti centrifūgā uz 10s. 100µl no centrifugētā šķīduma sajaukti ar 900µl ZEARQ-WETS5 Dilution Buffer. 300µl iegūtā šķīduma uzpilināti uz ZEARQ-WETS5 testa sloksnes (strip), pēc tam tā ievietota ROSA inkubatorā 45 °C uz 5 minūtēm. Rezultāts nolasīts izmantojot ROSA-M-Reader.

T2/HT2 satura graudos noteikšanai, izmantoja līdzīgu metodiku kā ZEN, galvenās atšķirības: 1) ūdens vietā izmantoja 100ml 70% metanolu; 2) izmantoja citu buferi - 1000µl T2/HT2 Dilution Buffer. Turpmāk 300µl iegūtā šķīduma uzpilināja uz T2/HT2 testa sloksnes (strip), un ievietoja ROSA inkubatorā 45 °C uz 5 minūtēm. Rezultātu nolasīja izmantojot ROSA-M-Reader.

DON satura graudos noteica, izmantojot līdzīgu metodiku kā ZEN, galvenās atšķirības: 1) ūdens tilpums 150 ml; 2) izmantots cits buferis - 950µl DONQ-WETS5 Dilution Buffer. 300µl iegūtais šķīdums uzpilināts uz DONQ-WETS5 testa sloksnes (strip), un ievietots ROSA inkubatorā +45 °C uz 5 minūtēm. Rezultātu nolasīšanai izmantots ROSA-M-Reader.

3.2. Mikotoksīnu analīžu rezultāti un diskusija

Fusarium ģints sēņu metabolisma rezultātā graudos var veidoties - ZEN, T2, HT2, DON un citi mikotoksīni. Mikotoksīni, atkarībā no uzņemtā daudzuma, patērēšanas ilguma, patērētājiem var izraisīt dažādas veselības problēmas, sākot no gremošanas, nervu sistēmas bojājumiem līdz pat, smagākos gadījumos, nāvei.

Mikotoksīnu, smago metālu u.c. nekaitīguma rādītājus nosaka saskaņā ar ES regulas 2023/915 prasībām. Šī regula nosaka, ka **DON** saturs neapstrādātos **rudzu graudos**, nedrīkst pārsniegt **1000 µg kg⁻¹**, **auzu graudos** – **1750 µg kg⁻¹**. **ZEN** minimālais pieļaujamais saturs graudos savukārt ir **100 µg kg⁻¹**.

Eiropas Komisijas ieteikumā (2013/165/ES) par **T-2 un HT-2** toksīnu klātbūtni labībā un graudaugu produktos noteikts, ka šo toksīnu līmenis neapstrādātos **auzu graudos**, nedrīkstētu pārsniegt **1000 µg kg⁻¹**, bet **rudzos 100 µg kg⁻¹**.

Mikotoksīnu daudzums sēklu apstrādes, integrētajā un bioloģiskajā auzu lauka izmēģinājumā noteikts trīs pētījuma gados (3.1. tabula).

ZEN mikotoksīni auzu lauka izmēģinājumos 2023. gadā netika konstatēti, savukārt 2024. gadā tie noteikti bioloģiskajā izmēģinājumā pirmajos četros variantos. Šogad, 2025. gadā, ZEN konstatēts gan sēklu apstrādes, gan integrētajā un bioloģiskajā izmēģinājumā, kas varētu būt skaidrojams ar paaugstināto nokrišņu daudzumu veģetācijas sezonā - tas rada labvēlīgu vidi *Fusarium* spp. attīstībai. Nevienā no gadiem ZEN daudzums graudu paraugos nav pārsniedzis atļauto normu - 100 µg kg⁻¹.

Mikotoksīnu daudzums sēklu apstrādes, integrētajā un bioloģiskajā auzu lauka izmēģinājumā.

Variants	Zearalenone (ZEN), $\mu\text{g kg}^{-1}$			T2/TH2, $\mu\text{g kg}^{-1}$			Deoxinivalenol (DON), $\mu\text{g kg}^{-1}$		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Sēklu apstrādes izmēģinājums									
1 Kontrole	0	0	0	124	168	29	0	0	0
2 Mikrobioloģiskais preparāts Nr.1	0	0	0	41	153	28	0	0	0
3 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 2	0	0	19	25	174	20	0	0	0
4 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 1; Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 2	0	0	0	13	11	34	0	0	0
5 Kinto Plus	0	0	14	39	27	28	0	0	0
6 Bactoforce 1 L/t (6 L ūdens/t)	0	0	0	-	46	17	0	0	0
7 Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t)	0	0	13	-	66	8	0	0	0
Integrētais izmēģinājums									
1 Neapstrādāta kontrole	0	0	0	74	192	1	0	100	0
2 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	0	0	0	113	42	9	0	150	0
3 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	0	0	16	135	162	91	0	0	0
4 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	0	0	0	82	35	20	0	0	50
5 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3; Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	0	0	11	112	25	48	0	0	0
6 Balaya, Orius 250 EW	0	0	12	225	21	1	0	0	0
7 Polyversum	0	0	70	62	50	20	0	0	150
Bioloģiskais izmēģinājums									
1 Neapstrādāta kontrole	0	61	0	242	98	7	0	50	0
2 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	0	32	0	129	162	14	0	100	0
3 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	0	27	16	129	7	1	100	0	0
4 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	0	27	0	169	46	15	0	0	0
5 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3; Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	0	0	0	250+	147	5	0	50	0
6 Polyversum	0	0	0	181	16	6	0	100	0

T-2 un TH-2 mikotoksīni konstatēti visos pētījuma gados, visos auzu lauka izmēģinājumos, taču arī to daudzums nepārsniedza pieļaujamo koncentrāciju $1000 \mu\text{g kg}^{-1}$. T-2 un TH-2 mikotoksīni kopumā, salīdzinot ar DON un ZEN, auzu graudos bija visvairāk. Šos mikotoksīnus galvenokārt veido *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae*, *F. accuminatum*, kas skaitliski ir arī visvairāk identificētās sugas, kas izdalītas no auzu augu daļām.

DON mikotoksīni visos gados konstatēti atsevišķos auzu izmēģinājuma variantos, taču to daudzums atbilda ES regulas 2023/915 prasībām. 2025. gadā DON nav konstatēts sēklu apstrādes izmēģinājumā, kas parāda, ka sēklu kodināšana ir efektīvs atsevišķu *Fusarium* sugu ierobežošanas veids.

Nosakot mikotoksīnus integrētajā rudzu izmēģinājumā (3.2. tabula), konstatēts, ka ZEN un DON mikotoksīni atsevišķos izmēģinājuma variantos pārsniedza ES regulā 2023/915 noteiktās normas. ZEN un DON daudzums pārsniegts neapstrādātā variantā un variantā ar Polyversum apstrādi. Izvērtējot mikrobioloģiskā preparāta nr. 4 apstrādes laikus, secināts, ka efektīva ir bijusi apstrāde pēc mākslīgās inficēšanas, tādā gadījumā DON netika konstatēts. Savukārt apstrāde pirms mākslīgās inficēšanas nav sasniegusi vēlamo rezultātu – DON daudzums šajā variantā bija 1700 $\mu\text{g kg}^{-1}$, kas ievērojami pārsniedz ES regulā 2023/915 atļauto normu. Jāatgādina, ka graudus, kuros mikotoksīnu daudzums pārsniedz atļauto normu, pārtikā lietot nedrīkst, tas ilgtermiņā var kaitēt patērētāju veselībai. Lai noskaidrotu efektīvākos augu aizsardzības līdzekļus un noteiktu mikotoksīnu daudzumu, lauka izmēģinājumus integrētajā rudzu sējumā būtu jāturpina ierīkot arī turpmākajos pētījumu gados.

3.2. tabula

Mikotoksīnu daudzums integrētajā rudzu lauka izmēģinājumā 2025. gadā.

Variants	Zearalenone (ZEN), $\mu\text{g kg}^{-1}$	T2/TH2, $\mu\text{g kg}^{-1}$	Deoxinivalenol (DON), $\mu\text{g kg}^{-1}$
1 Neapstrādāta kontrole	170	43	1000
2 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3	0	23	50
3 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4 (apstrāde pirms mākslīgās inficēšanas)	56	3	1700
4 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4 (apstrāde pēc mākslīgās inficēšanas)	0	46	0
5 Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 3; Mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4	22	1	400
6 Balaya, Orius 250 EW	28	90	0
7 Polyversum	150	4	1600

3.3. Secinājumi

1. Auzu graudu paraugos 2023.–2025. gadā mikotoksīnu daudzums nepārsniedza ES regulas 2023/915, Eiropas Komisijas 2013/165/ES ieteikumā noteikto normu, tāpēc turpmāk to noteikšana nebūtu lietderīga.
2. Rudzos, 1., 3. un 7. izmēģinājuma variantā zearalenola un deoksinivalenola daudzums pārsniedza normu, tāpēc mikotoksīnu daudzumu būtu jānosaka arī turpmāk.

4. Siltumnīcas izmēģinājumi

4.1. Izmēģinājuma metodika

Jau otro gadu turpināja izmēģinājumus hiperspektrālās (turpmāk HS) analīzes metodikas izstrādei mikotoksīnus izdalošo patogēno sēņu agrīnajai noteikšanai auzās un rudzos. Līdzīgi kā iepriekš, auzas un rudzus mākslīgi inficēja ar *Fusarium* spp. patogēniem, slimības attīstības gaitu vērtēja vizuāli un veica vārpu bildēšanu ar HS kameru, izmēģinājumus veica kontrolētos siltumnīcas apstākļos. Pēc sēklu dīgšanas veica dīdzības uzskaiti, turpmāk noteica kopējo izdzīvotības rādītāju, savukārt izmēģinājumu beigās graudos noteica mikotoksīnu saturu. Šogad būtiski uzlabojumi ieviesti tieši HS attēlu analīzē – slimības attīstības pakāpes vērtēšana balstīta uz *head blight index* (turpmāk HBI), (Bauriegel u.c., 2011). *Phyton* platformā izstrādātais modelis HS attēlos ir spējīgs klasificēt slimos un veselos graudus (to daļas) tādējādi aprēķinot slimības attīstības pakāpi. Izmantotā slimības noteikšanas modeļa efektivitāte tika salīdzināta ar vizuālās vērtēšanas rezultātiem un noteikta korelācija starp mikotoksīnu saturu graudos un HS modeļa noteikto slimības attīstības pakāpi.

Auzu siltumnīcas izmēģinājumi

Siltumnīcas izmēģinājumus arī šogad sāka ar auzām, siltumnīcas ierobežotais telpu skaits un platība, neļauj vienlaicīgu abu izmēģinājumu ierīkošanu. Izmēģinājumos izmantoja trīs auzu šķirnes: 'Husky', 'Ivory' un 'Lelde'. Augu kultivēšanu veica podos (0,28 m × 0,28 m, tilpums aptuv. 15 l), substrāts kūdras un smilšu maisījums proporcijā 6:1. Katrā podā iesētas 10 sēklas, katram variantam četri atkārtojumi jeb 4 podi. Lai mazinātu citus patogēnu iespējamo ietekmi, visas sēklas pirms sēšanas 2 minūtes tika sterilizētas 1,5% NaOCl šķīdumā un trīs reizes skalotas sterilā dejonizētā ūdenī. Siltumnīcā podi tika izvietoti randomizēti, audzēšanas temperatūra 20±3 °C, mitrums 70±5%, dabiskā apgaismojuma apstākļi (jūnijs – oktobris). Katru otro nedēļu augi tika mēsloāti ar 0,2% mēslojuma šķīdumu (N:P:K – 18:18:18 + mikroelementi vai 15:30:15 + mikroelementi, atkarībā no attīstības stadijas).

Auzu izmēģinājumā izmantoja līdzīgu eksperimentālo shēmu kā iepriekšējā gadā (4.1. tabula), tomēr būtiskas izmaiņas ieviesa datu ievākšanas pieejā, t. sk. vadoties pēc iepriekšējā gada rezultātiem un secinājumiem. Izmēģinājumu gaitā ievāca sekojošos datus: i) uzskaitīja sēklu dīdzību; ii) uzskaitīja turpāko sējeņu izdzīvotību; iii) slimības attīstības pakāpi vērtēja vizuāli balstoties uz simptomiem (uz vārpām), ko veica trīs atkārtojumos, iv) arī HS bildēšanu veica trijos atkārtojumos, tajās pašās dienās, (kad vizuālā vērtēšana); v) veica sakņu kaklu un graudu mikrobioloģisko analīzi; vi) izmēģinājumu beigās ievāca graudus mikotoksīnu satura noteikšanai.

Auzu siltumnīcas izmēģinājuma eksperimentālie varianti.

N. P. K.	Varianta nosaukums	Šķirne	Mākslīgā inficēšanas stadija	Datu ievākšana
1.	Kontrole	'Lelde'; 'Ivory'; 'Husky'	-	<ul style="list-style-type: none"> • dīdzības uzskaitē; • turpmākās izdzīvotības uzskaitē; • slimības attīstības pakāpes vizuālā vērtēšana (3x);
2.	Sēklu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	'Lelde'; 'Ivory'; 'Husky'	Sēklas	<ul style="list-style-type: none"> • vārpu HS bildēšana (3x); • graudu un sakņu kaklus mikrobioloģiskā analīze;
3.	Vārpu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	'Lelde'; 'Ivory'; 'Husky'	BBCH 65	<ul style="list-style-type: none"> • mikotoksīnu noteikšana graudos; • RGB bildēšana

Abās apstrādēs izmantotais *Fusarium* spp. sporu materiāls saturēja *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichioides* un *F. poae* sporu maisījumu (attiecības 1:1:1:1:1) ar kopējo koncentrāciju 5×10^5 ml⁻¹. Sēklu inokulācijai sēklas uz 2 minūtēm iegremdēja 10 ml sporu suspensijā (vorteksējot), pēc tam žāvēja uz filtrpapīra un iesēja podos. Ziedošo vārpu inokulācijai izmantoja rokas smidzinātāju; katru podu (8–10 augi) apsmidzināja ar aptuveni 80 ml sporu suspensijas.

Vizuālo vārpu fuzariozes slimības attīstības pakāpes vērtēšana veica trijos atkārtojumos: i) ziedēšanas fāzes beigās (BBCH 69), ii) agrās piengatavības un piengatavības vidus fāzēs (BBCH 73-75) un iii) agrās dzeltengatavības un cietās dzeltengatavības fāzēs (BBCH 83-85). Slimības attīstības pakāpi jeb bojāto vai daļēji bojāto graudu procentuālo daudzumu uz katras vārvas vizuāli novērtēja ar 1%, 3%, 5%, 10% soli un robežās no 10% līdz 100% ar 10% soli (metodika ar nelielām izmaiņām aizgūta no Bauriegel u.c., 2011). Atkārtoto vizuālo vērtēšanu no katra poda veica trijiem brīvi izvēlētiem augiem, kurus t. sk. bildēja ar HS kameru un visiem augiem viena poda ietvaros.

Paralēli vizuālajai novērtēšanai veikta inokulēto un kontroles augu HS bildēšana. Augi novietoti tā, lai attālums no HS kameras objektīva līdz vārpai būtu 0,25–0,35 m. HS bildēšanai auzu vārvas vertikāli piestiprinātas pie melna paliktņa, lai izvairītos no vibrācijas un samazinātu fona ietekmi. Katrā HS attēlu uzņemšanas sesijā bildētas vismaz trīs vārvas no katra poda. Lai izsekotu slimības attīstības dinamiku, augi tika numurēti un tās pašas vārvas tika bildētas atkārtoti. Augu attīstības stadiju novērtēšanai tika izmantota BBCH skala. Paralēli veikta arī vārpu bildēšana ar digitālo (RGB) kameru.

Lai apstiprinātu, ka slimības simptomus uz graudiem izraisīja *Fusarium* spp. patogēni, veica graudu mikrobioloģisko testu. No tām pašām vārpām, kuras iepriekš tika vizuāli vērtētas un bildētas ar HS kameru, ievākti trīs graudi (no katras vārvas). Graudi sterilizēti 2 minūtes 1,5% NaOCl šķīdumā un pēc tam noskaloti sterilā, dejonizētā ūdenī. Eksplantu kultivēšanai izmantota kartupeļu dekstrozes agara (PDA) 39 g L-1 barotne ar papildu agaru 4 g L-1 un pievienotu antibiotiku streptomīcinu 50 μg ml⁻¹. Patogēno sēņu tīrkultūru jeb izolātu subkultivēšanai izmantota tā pati barotne bez antibiotikām. Pēc 2–4 nedēļām (atkarībā no patogēnu taksona) vērtēja platēs izaugušo sēņu micēliju un no tā paņemtos paraugus aplūkoja gaismas mikroskopā. *Fusarium* spp. taksonomiskā identifikācija balstīta uz sugai raksturīgajām morfoloģiskajām īpašībām, t. sk., konīdijām, hlamidosporām, u.tml. (Leslie un Summerell, 2006). Lai pārbaudītu patogēno sēņu saturu vadaudos, veica sakņu kakla

mikrobioloģisko analīzi, kas metodiski ir līdzīga graudu analīzei, atšķiras tikai eksplantu īsāks sterilizācijas laiks (viena minūte).

Deoksinivalenola (DON), T-2/TH-2 un zearalenona (ZEN) mikotoksīnu kvantitatīvā noteikšana veikta, izmantojot cietfāzes enzīmu imunosorbences testu (angļu: enzyme-linked immunosorbent assay) jeb ELISA. Atkarībā no mikotoksīna, izmantoti sekojošie ELISA kiti: i) RIDASCREEN®FAST DON; ii) RIDASCREEN® Zearalenon un iii) RIDASCREEN® T-2/HT-2 toksīns (R-Biopharm AG, Darmštate, Vācija). Parauga sagatavošana un turpmākie ELISA testa soļi veikti saskaņā ar ražotāja norādījumiem. Rezultātu nolasīšanai izmantoja Multiskan Sky mikroplašu spektrofotometru (Thermo Fisher Scientific LTD, Waltham, Massachusetts, ASV) mērījumi veikti pie absorbciju viļņa garuma 450 nm. Mikotoksīnu koncentrācijas aprēķinus paraugos veikta RIDASOFT Win.Net Food & Feed programmatūrā.

Hiperspektrālajai bildēšanai izmantoja HS kamera Specim IQ (Specim Spectral Imaging Ltd., Oulu, Somija). Kameras gaismas viļņu garumus reģistrēšanas diapazons no 400 līdz 1000 nm, vidējā spektrālā izšķirtspēja ir 7 nm, attēla izšķirtspēja ir 512 x 512 pikseli, spektrālo joslu skaits ir 204. Hiperspektrālā attēlveidošana notika siltumnīcā dabiskā apgaismojuma apstākļos dienas laikā no plkst. 10:00 līdz 17:00. HS datu vākšanai un grupēšanai izmantota Specim IQ Studio programmatūra. Iegūto HS datu pirmapstrādei, un turpmākā analīzei pielietoja Python platformā speciāli izstrādātu programmu. Vārpu fuzariozes slimības attīstības pakāpes novērtēšana (slimības skarto graudu % aprēķināšana pret kopējo graudu skaitu) balstīta uz *head blight index* (HBI) (Bauriegel u.c., 2011). Izvēlētā indeksa pamatā ir veselo un slimu graudu spektrālās atšķirības 550–560 un 665–675 nm diapazonā. Python balstītais modelis HS attēlā klasificē; i) fonu; ii) veselos graudus un to daļas; iii) slimības skartos graudus un to daļas. Lai novērtētu izvēlēt modeļa efektivitāti, salīdzināti HS analīzes rezultāti ar slimības attīstības pakāpes vizuālās vērtēšanas rezultātiem.

Siltumnīcā veikto izmēģinājumu datu analīzi veica RStudio 2023.09.1 statistiskās apstrādes programmā.

Rudzu siltumnīcas izmēģinājumi

Iepriekš jau tika pieminēts, ka siltumnīcas telpu ierobežotā platība neļāva realizēt izmēģinājumus abiem kultūraugiem vienlaicīgi, tāpēc rudzu siltumnīcas izmēģinājums uzsākts ar nelielu laika nobīdi (jūlija beigās). Izmēģinājumos izmantoja divas rudzu šķirnes (precīzāk vienu šķirni un vienu šķirnes kandidātu): ‘Stendes II, un ‘1015’. Augu kultivēšanu sākotnēji veica mazos 7,5x7,5x7,5 cm podiņos, kūdras substrātā, katrā iesējot 5 sēklas. Kad sasniegta divu līdz trīs lapu attīstības fāze (BBCH 12-13), jarovizācijas procesa nodrošināšanai podiņus novietoja aukstuma kamerā 5±1 °C uz 8. nedēļām. Pēc tam sējeņus pārstādīja lielajos podos (0,28 m × 0,28 m, tilpums aptuveni 15 l), substrāts kūdras un smilšu maisījums proporcijā 6:1. Katrā podā pārstādīja 10 sējeņus, katram variantam četri atkārtojumi jeb 4 podi. Lai mazinātu citus patogēnu iespējamo ietekmi, visas sēklas pirms sēšanas 2 minūtes tika sterilizētas 1,5% NaOCl šķīdumā un trīs reizes skalotas sterilā dejonizētā ūdenī. Siltumnīcā podi tika izvietoti randomizēti, audzēšanas temperatūra 20±3 °C, mitrums 70±5%, dabiskā apgaismojuma apstākļi. Katru otro nedēļu augi tika mēsloāti ar 0,2% mēslojuma šķīdumu (N:P:K – 18:18:18 + mikroelementi vai 15:30:15 + mikroelementi, atkarībā no attīstības stadijas).

Rudzu izmēģinājumā izmantoja līdzīgu eksperimentālo shēmu kā iepriekšējā gadā (4.2. tabula), svarīgākās izmaiņas tāpat, kā auzu izmēģinājumos, ieviesa datu ievākšanas pieejā. Izmēģinājumu gaitā ievāca sekojošos datus: i) uzskaitīja sēklu dīdžību; ii) novērtēja turpmāko sējeņu izdzīvotību; iii) slimības attīstības pakāpi vērtēja vizuāli balstoties uz simptomiem, ko veica trīs atkārtojumos, iv) arī HS bildēšanu veica trijos atkārtojumos, tajās pašās dienās, (kad vizuālā vērtēšana); v) veica sakņu kaklu un graudu mikrobioloģisko analīzi; vi) izmēģinājumu beigās ievāca graudus mikotoksīnu satura noteikšanai.

4.2. tabula.

Rudzu siltumnīcas izmēģinājuma eksperimentālie varianti.

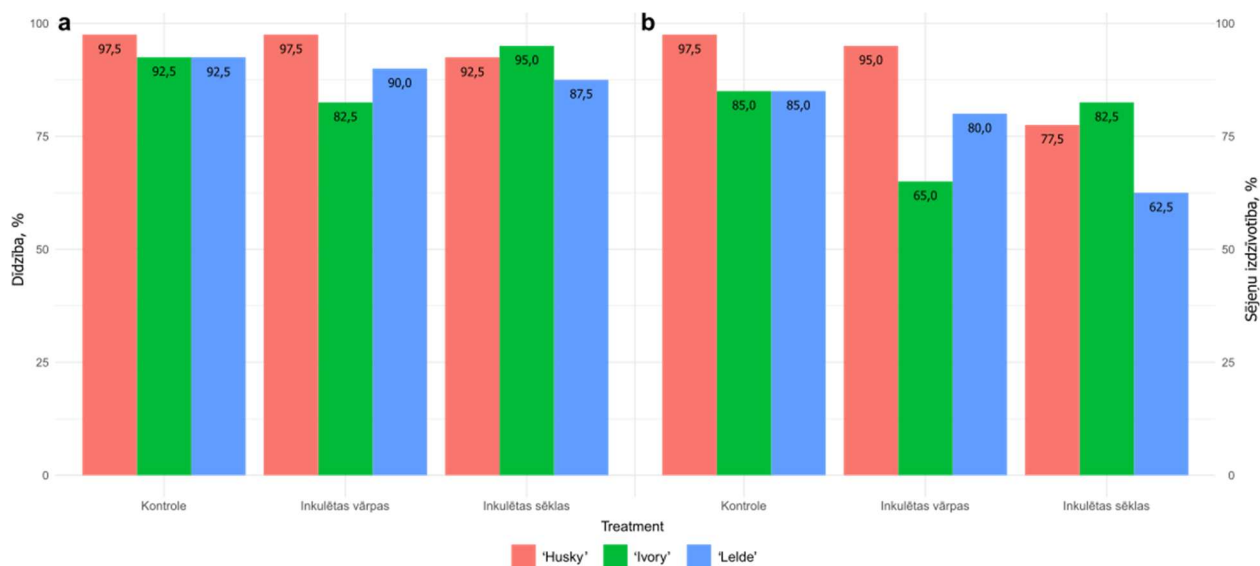
N. P. K.	Varianta nosaukums	Šķirne	Mākslīgā inficēšanas stadija	Slimības novērtēšanas metodes
1.	Kontrole	‘Stendes II’; ‘1015’	-	<ul style="list-style-type: none"> dīdžības uzskaitē; turpmākās izdzīvotības uzskaitē; slimības attīstības pakāpes vizuālā vērtēšana (3x);
2.	Sēklu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	‘Stendes II’; ‘1015’	Sēklas	<ul style="list-style-type: none"> vārpu HS bildēšana (3x); graudu un sakņu kaklus mikrobioloģiskā analīze;
3.	Vārpu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	‘Stendes II’; ‘1015’	BBCH 65	<ul style="list-style-type: none"> mikotoksīnu noteikšana graudos; RGB bildēšana

Rudzu siltumnīcas izmēģinājumos plānots izmantot identisku sēklu un vārpu mākslīgās inficēšanas metodiku, tādus pašus *Fusarium* spp. taksonus un sporu pavairošanas metodiku, kā arī datu ievākšanas metodes (dīdžības noteikšana, slimības vizuālā vērtēšana, HS bildēšana, graudu un sakņu kakla mikrobioloģiskā analīze un mikotoksīnu noteikšana) kā auzu siltumnīcas izmēģinājumos. Ar detalizētu metodikas aprakstu var iepazīties sadaļā: Auzu siltumnīcas izmēģinājumi.

4.2. Rezultāti

Auzu siltumnīcas izmēģinājumu rezultāti

Dīgtpējas (a) un dīgstu dzīvotspējas (b) rezultāti ir apkopoti 4.1. attēlā. Statistiskā analīze neuzrādīja būtiskas atšķirības starp apstrādēm. Tomēr tendences liecina, ka visaugstākā dīgtpēja un dzīvotspēja bija kontroles augos, bet abos inokulācijas variantos rezultāti bija tuvi. Salīdzinot šķirnes, arī netika konstatētas statistiski nozīmīgas atšķirības, lai gan ‘Husky’ uzrādīja augstāko dīgtpējas un dzīvotspēju. Iespējamais skaidrojums statistisku atšķirību neesamībai starp apstrādēm un šķirnēm varētu būt plašā datu izkliede un nelielais atkārtojumu skaits. Vēl viens faktors, ar iespējamu ietekmi uz iegūtajiem rezultātiem, ir sēklu kvalitātes atšķirības, jo tās iegūtas no dažādām vietām.



4.1. attēls. Dīgspējas (a) un dīgstu dzīvotspējas (b) rezultāti (izteikti %).

Vārpu fuzariozes slimības vizuālos simptomus varēja novērot tikai uz vārpām, līdzīgi kā citos pētījumu rezultātos (Hautsalo u.c., 2018). No pirmās vizuālās vērtēšanas reizes līdz pēdējai pagāja 19 dienas, kuru laikā slimība progresēja abiem inokulācijas variantiem, visām šķirnēm, kontroles augiem netika novērota strauja slimības attīstība. Vizuālās slimības attīstības pakāpes vērtēšanas rezultāti (izteikti procentos) apstiprināja, ka starp visiem variantiem iegūtas statistiski nozīmīgas atšķirības. Pēdējā vizuālā slimības attīstības pakāpes vērtēšanas rezultāti (BBCH 83-85) apkopoti 4.3. tabulā. Vislielākais slimības skarto graudu procentuālais sastāvs bija šķirnei 'Ivory', vārpu apstrādes variantā, vidējā vērtība starp atkārtojumiem sasniedza 33,9% ($\pm 9,53\%$), savukārt šķirnei 'Lelde' tajā pašā variantā slimības attīstības pakāpe bija attiecīgi 30,8% ($\pm 5,47\%$) un 'Husky' - 27,9% ($\pm 4,84\%$). Inokulēto sēklu apstrādē slimības attīstības pakāpe arī šķirnei 'Ivory' bija visaugstākā – 24,3% ($\pm 1,16\%$), tam sekoja 'Lelde' 16,4% ($\pm 6,12\%$) un 'Husky' 13,2% ($\pm 2,34\%$). Kontroles augos slimības attīstības pakāpes rādītāji ierindojās šādā secībā: 'Lelde' 1,9% ($\pm 0,65\%$), 'Husky' 1,8% ($\pm 0,65\%$) un 'Ivory' 1,5% ($\pm 0,52\%$).

Auzu siltumnīcas izmēģinājumos iegūtie slimības attīstības pakāpes novērtēšanas rezultāti (procentos), izmantojot vizuālo vērtēšanu un HS analīzi.

Augu attīstības fāze	Variants	Šķirne	Slimības attīstības pakāpe, %	
			Vizuālās vērtēšanas rezultāti	HS analīzes rezultāti
BBCH 69	Kontrole	'Lelde'	1,10	1,57
		'Ivory'	1,40	1,62
		'Husky'	1,50	1,38
	Inokulētas sēklas	'Lelde'	4,20	7,95
		'Ivory'	6,00	8,58
		'Husky'	6,50	8,76
	Inokulētas vārpas	'Lelde'	9,50	13,13
		'Ivory'	11,30	12,20
		'Husky'	10,20	12,70
BBCH 73	Kontrole	'Lelde'	1,50	3,93
		'Ivory'	2,00	5,31
		'Husky'	1,85	3,30
	Inokulētas sēklas	'Lelde'	12,20	15,26
		'Ivory'	8,10	10,60
		'Husky'	6,45	9,90
	Inokulētas vārpas	'Lelde'	13,75	12,67
		'Ivory'	20,20	22,73
		'Husky'	18,85	20,01
BBCH 85	Kontrole	'Lelde'	1,90	1,40
		'Ivory'	1,50	3,43
		'Husky'	1,75	2,60
	Inokulētas sēklas	'Lelde'	16,35	18,44
		'Ivory'	24,30	23,47
		'Husky'	13,20	12,85
	Inokulētas vārpas	'Lelde'	30,80	34,70
		'Ivory'	33,90	35,71
		'Husky'	27,85	30,49

Slimības attīstības pakāpes rezultāti, kas balstīti uz HS analīzi atspoguļoti 4.3. tabulā, kopumā tie ir līdzīgi kā vizuālā vērtēšanas gadījumā. Arī te statistiskā analīze apstiprināja, ka pastāv būtiskas atšķirības starp visiem variantiem. Pēdējā slimības attīstības pakāpes vērtēšanas piegājenā ieguva sekojošos HS analīzes rezultātus: visaugstākā slimības attīstības pakāpe bija šķirnei 'Ivory' vārpu inokulācijas variantā – 35,7% ($\pm 9,81\%$), 'Lelde' tajā pašā apstrādē uzrādīja rezultātu 34,7% ($\pm 5,75\%$) un 'Husky' 30,5% ($\pm 5,04\%$). Arī sēklu inokulācijas variantā šķirnei 'Ivory' bija visaugstākā slimības attīstības pakāpe – 23,5% ($\pm 2,92\%$), kam sekoja 'Lelde' 18,4% ($\pm 5,84\%$) un 'Husky' 12,9% ($\pm 2,36\%$). Kontroles augos

attiecīgais rādītājs ierindojās šādā secībā: ‘Ivory’ 3,4% ($\pm 1,02\%$), ‘Husky’ 2,6% ($\pm 0,93\%$) un ‘Lelde’ 1,4% ($\pm 0,32\%$).

Salīdzinot slimības attīstības pakāpes rādītājus starp šķirnēm, netika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības ($\alpha > 0,05$) ne tad, kad rezultāti iegūti vizuālajā vērtēšanā, ne HS attēlu analīzē, lai saglabājās tendence, ka šķirne ‘Husky’ uzrādīja labāku vārpu fuzariozes slimības rezistenci salīdzinājumā ar pārējām divām šķirnēm. Padziļināta iegūto rezultātu analīze plānota publikācijā.

Graudu mikrobioloģiskā testa rezultāti apstiprināja, ka vizuālos slimību simptomus uz vārpām izraisīja dažādas *Fusarium* sugas, pastāv būtiskas atšķirības starp visiem variantiem, iegūtie rezultāti apkopoti 4.4. tabulā. Savukārt sakņu kakla mikrobioloģiskā testa rezultāti norādīja uz būtiskām atšķirībām starp kontroli un abiem inokulētajiem variantiem. Analizējot konkrēto sugu sastopamību, ir vērts pieminēt, ka sakņu kakla eksplantos dominēja *F. culmorum*, kamēr graudos pārsvarā bija sastopams *F. sporotrichioides*. Padziļināta iegūto rezultātu analīze plānota publikācijā.

4.4. tabula.

Auzu graudu un sakņu kaklu mikrobioloģiskā testa rezultāti.

Variants	Eksplanta tips	Šķirne	<i>Fusarium</i> spp. sastopamība, %	Citi patogēni vai endofīti, %
Kontrole	sakņu kakls	‘Lelde’	40,0	60,0
		‘Ivory’	45,5	54,5
		‘Husky’	42,9	57,1
Inokulētas sēklas		‘Lelde’	100,0	0
		‘Ivory’	100,0	0
		‘Husky’	100,0	0
Inokulētas vārpas		‘Lelde’	100,0	0
		‘Ivory’	87,5	12,5
		‘Husky’	100,0	0
Kontrole	grauds	‘Lelde’	4,0	96,0
		‘Ivory’	4,2	95,8
		‘Husky’	6,5	93,5
Inokulētas sēklas		‘Lelde’	31,3	68,8
		‘Ivory’	36,7	63,3
		‘Husky’	28,9	71,1
Inokulētas vārpas		‘Lelde’	61,7	38,3
		‘Ivory’	74,2	25,8
		‘Husky’	66,7	33,3

Vārpu fuzariozes slimības attīstības pakāpes rezultātiem tika noteikta korelācija starp rezultātiem, kas iegūti no HS attēlu analīzes un vizuālās vērtēšanas rezultātiem, korelācijas koeficients $R = 0,969$ ($\alpha < 0,05$), norāda uz augsto izvēlēta modeļa precizitāti. Modeļa precizitātes skaidrojuma pamatā varētu būt tas, ka slimības attīstības pakāpes vizuālā

novērtēšana ir balstīta uz slimības labi saskatāmiem simptomiem (uz vārpām), savukārt izmantotajā *Python* modeļa pamatā bija HBI (indekss), kas arī izmanto redzamās gaismas spektra diapazonu (550-560 un 665-675 nm). Ir vērts atzīmēt, ka vārpu bildēšana veikta siltumnīcas apstākļos, mazinot vai pilnībā izslēdzot dažādus traucējošus faktorus, piemēram vēju, citu slimību un abiotisko stresu ietekmi u.tml., reālos lauka apstākļos, pieminēto u.c. faktoru ietekme būs daudz izteiktāka, līdz ar to modeļa precizitāte visdrīzāk samazināsies. Detalizēta iegūto rezultātu analīze par siltumnīcas izmēģinājumiem plānota zinātniskajā rakstā (šī iemesla dēļ vairākus rezultātu grafikus, korelācijas līknes u.c. grafiskos materiālus šajā atskaitē neiekļāva).

Iegūtie mikotoksīnu rezultāti apkopoti 4.5. tabulā, kurā redzams, ka paraugos netika konstatēti zearalenons (ZEN); deoksinivalenols (DON) novērots tikai inokulētu vārpu variantā visām šķirnēm, bet samērā zemā līmenī, savukārt T-2/TH-2 konstatēts gan inokulētu sēklu, gan inokulētu vārpu variantos, visām šķirnēm, tomēr visvairāk šķirnei ‘Ivory’. Mikotoksīnu T-2 un HT-2 saturs starp variantiem un šķirnēm variēja no 139,9 līdz 542,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$, nevienā gadījumā šis rādītājs tomēr nepārsniedz pieļaujamo ES regulas normu par maksimālo T-2 un HT-2 mikotoksīnu saturu auzu miltos (kas satur t. sk. graudu plēksnes) – 1250 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (COMMISSION REGULATION (EU) 2024/1038). Mikotoksīnu dažādību var izskaidrot ar rezultātiem, kas iegūti no auzu graudu mikrobioloģiskās analīzes, tātad gan inokulēto sēklu variantā, gan inokulēto vārpu variantā dominēja *F. sporotrichioides* (Nazari u.c., 2016), kuram raksturīga pārsvarā tieši T-2 un HT-2 mikotoksīnu izdalīšana graudos, DON un ZEN izdalīšiem taksoni bija būtiski mazākā proporcijā.

4.5. tabula.

Auzu graudu mikotoksīnu ELISA testa analīzes rezultāti ($\mu\text{g kg}^{-1}$).

Variants	Šķirne	DON, $\mu\text{g kg}^{-1}$	ZEN, $\mu\text{g kg}^{-1}$	T-2/HT-2, $\mu\text{g kg}^{-1}$
Kontrole	‘Lelde’	0	0	0
	‘Ivory’	0	0	0
	‘Husky’	0	0	0
Inokulētas sēklas	‘Lelde’	0	0	206,7
	‘Ivory’	0	0	488,1
	‘Husky’	0	0	139,9
Inokulētas vārpas	‘Lelde’	25,3	0	509,5
	‘Ivory’	24,9	0	542,1
	‘Husky’	10,8	0	517,0

Visbeidzot aprēķināja korelāciju starp slimības attīstības pakāpi, kas noteikta izmantojot HS analīzi un iegūtajiem T-2 un HT-2 rādītājiem, iegūtais ļoti augstais korelācijas koeficients $R = 0,971$ ($\alpha < 0,05$), norāda uz izmantotās metodes augsto efektivitāti slimības vērtēšanā ne tikai pēc vizuāliem simptomiem, bet arī pēc mikotoksīnu satura graudos. Iegūtie rezultāti, ļauj secināt, ka iespējama vārpu fuzariozes slimības noteikšanas HS metodes potenciālā mērogošana un pielietošana lauksaimniecības praksē, šim mērķim nepieciešams veikt turpmākos uzlabojumus, kas galvenokārt sevī ietver pēc iespējas precīzāka un stabilāka

slimības noteikšanas modeļa izvēli, metodes atkārtotu pārbaudi siltumnīcas apstākļos, bet galvenais metodes pielāgošanu un pārbaudi lauka apstākļos. Detalizēta iegūto rezultātu analīze plānota zinātniskajā publikācijā.

Rudzu siltumnīcas izmēģinājumi

Šobrīd rudzu sējeņi sasnieguši stiebrošanas vidusfāzi (BBCH 34-36), līdz ar to vēl paredzēta vārpu inokulācija ar *Fusarium* spp., slimības attīstības pakāpes vērtēšana (vizuāli un izmantojot HS analīzi), mikrobioloģiskā analīze un mikotoksīnu noteikšana graudos.

4.3. Secinājumi

1. Vārpu fuzariozes attīstības pakāpe statistiski būtiski atšķīrās starp visiem siltumnīcas izmēģinājuma variantiem, visaugstākā attīstības pakāpe visām šķirnēm bija vārpu inokulācijas variantā.
2. Starp šķirnēm nebija statistiski būtiskas atšķirības, tomēr abos inokulācijas variantos saglabājās vienādas tendences, ka visaugstākā slimības attīstības pakāpe bija šķirnei 'Ivory', kam sekoja 'Lelde' un 'Husky'.
3. Lai gan tika iegūta ļoti cieša korelācija starp slimības attīstības pakāpes vizuālās vērtēšanas rezultātiem un slimības attīstības pakāpes HS (hiperspektrālās) analīzes rezultātiem, korelācijas koeficients $R = 0,969$ ($\alpha < 0,05$), tomēr atsevišķos mērījumos HBI (Head Blight Index) balstītā modeļa precizitāte nebija augsta, īpaši vāji izteiktu slimības simptomu gadījumos, piemēram, kontroles variantā.
4. ELISA mikotoksīnu analīzes rezultāti visām šķirnēm abos inokulācijas variantos uzrādīja samērā augstu T-2/HT-2 līmeni (kas tomēr nepārsniedz ES regulas 2024/1038 pieļaujamo normu) un ļoti zemu DON līmeni arī visām šķirnēm, bet tikai variantā, kad tika inokulētas vārpas. Dotie rezultāti saskan ar mikrobioloģijas testa rezultātiem, kur graudos dominēja *F. sporotrichioides*, kam raksturīga galvenokārt tieši T-2/HT-2 mikotoksīnu izdalīšana.
5. Iegūta ļoti cieša korelācija starp slimības attīstības pakāpes HS analīzes rezultātiem un T-2/HT-2 mikotoksīnu saturu graudos, korelācijas koeficients $R = 0,971$ ($\alpha < 0,05$).
6. Iegūtie rezultāti pieļauj iespēju par dotās metodi potenciālo izmantošanu lauksaimniecībā vārpu fuzariozes un iespējamā mikotoksīnu kontaminācijas monitorēšanai graudaugos sējumos izmantojot HS vai MS (multispektrālo) kameru un dronu tehnoloģijas, tomēr līdz praktiskajai pielietošanai nepieciešams gan uzlabot HBI modeļa precizitāti, gan pielāgot metodi lauka apstākļiem.

5. Alternatīvo ierobežošanas metožu ekonomiskais un saimnieciskais pamatojums

Pirmajā pētījuma gadā (2023. gadā) veica literatūras analīzi par citās valstīs veiktu pētījumu rezultātiem auzu un rudzu sējumos, kuros izmantotas alternatīvas slimību ierobežošanas metodes auzu un rudzu sējumos. Savukārt 2024. un 2025. gadā ir veikts praktisks Bruto seguma aprēķins auzu sējumos visu izmēģinājumu variantos iekļauto metožu salīdzināšanai ar kontroles variantiem un savā starpā, kā arī to ekonomiskai un saimnieciskai izvērtēšanai un 2025. gadā arī rudzu izmēģinājumā.

5.1. Izmaksu aprēķins sēklu apstrādes, integrētajā un bioloģiskajā izmēģinājumā veiktajiem iekārtošanas pasākumiem

Gan sēklu apstrādē, gan integrētajā izmēģinājumā veiktie augsnes apstrādes, mēslošanas, nezāļu un kaitēkļu ierobežošanas pasākumi bija vienādi, jo abi izmēģinājumi atradās vienā auzu sējumā. Tādēļ sējumu iekārtošanas un kopšanas izmaksas šiem izmēģinājumiem bija vienādas (skat. 5.1. tab.).

5.1. tabula

Sējumu iekārtošanas un kopšanas izmaksas sēklu un integrētajā izmēģinājumā visos izmēģinājumu laucīņos

<i>Izejvielas</i>	Izmaksas EUR ha⁻¹
Sēkla	67.32
Mēslojums NPK 7-20-30, 400 kg ha ⁻¹	316.00
Mēslojums N27-S5, 22 kg ha ⁻¹	17.38
Mēslojums ZOOM, 2 L ha ⁻¹	15.00
Herbicīds 1	105.90
Herbicīds 2	3.62
Insekticīds	3.74
<i>Tehnikas izmaksas</i>	
Aršana	63.56
Šļūksana	18.12
Kultivēšana	18.12
Sēja	28.72
Mēslojuma izkliede ar Amazone ZA-M 1201, 2 reizes	19.94
Smidzināšana ar Amazone UF 901, 3 reizes	26.40
Ražas novākšana ar kombainu	114.72
Kopā	818.54

Bioloģiskajā sējumā netika lietoti augu aizsardzības līdzekļi un mēslojums, tādējādi sējuma iekārtošanas un kopšanas izmaksas bioloģiskajā auzu sējumā atšķīrās no integrētās audzēšanas sējuma (skat. 5.2. tab.).

Sējumu iekārtošanas un kopšanas izmaksas bioloģiskajā izmēģinājumā visos izmēģinājumu laucīņos

<i>Izejvielas</i>	Izmaksas EUR ha⁻¹
Sēkla	120.40
<i>Tehnikas izmaksas</i>	
Sējumu ecēšana 2 reizes nezāļu ierobežošanai	70.80
Aršana	63.56
Šļūkšana	18.12
Kultivēšana	18.12
Sēja	28.72
Ražas novākšana ar kombainu	114.72
Izmaksas kopā visiem variantiem	434.44

5.2. Bruto seguma aprēķins sēklu apstrādes izmēģinājumā

Bruto aprēķins sēklu apstrādes izmēģinājumā liecina, ka lielākā peļņa salīdzinājumā ar kontroles variantu (1. variants) iegūta variantos, kur sēkla bija apstrādāta ar Preparātu Nr. 1 (Subtimikss 5 Lt⁻¹ + Trihodermins Lt⁻¹ + Vitmīns 0.25 Lt⁻¹) (2.variants) un biostimulantu Bactoforce ar lielāko ūdens daudzumu (12 litri uz 1 graudu tonnu) sēklu apstrādes procesā (7.variants) – attiecīgi par 48.10 un 57.30 EUR ha⁻¹ (skat. 5.3.tab.). Turklāt iegūtā peļņa ir vislielākā variantā, kur sēklas apstrāde veikta ar alternatīvu preparātu ķīmiskajam. Jau otro gadu pēc kārtas 7. variantā konstatēja augstāko bruto segumu, salīdzinājumā ar pārējiem variantiem. Vērā ņemamus rezultātus ir parādījis arī Preparāts Nr. 1, jo arī pagājušajā gadā apstrāde ar to deva pozitīvu bruto segumu. Tāpat šajos divos pieminētajos variantos šogad iegūta lielākā raža salīdzinājumā ar citiem variantiem, kaut gan bez būtiskā atšķirībām.

5.3.tabula

Bruto seguma salīdzinājums sēklu apstrādes izmēģinājuma dažādos variantos

	1.variants	2.variants	3.variants	4.variants	5.variants	6.variants	7.variants
Izmaksas (mainīgas pa variantiem)	Izmaksas EUR ha⁻¹						
Graudu kaltēšana	14.77	15.26	14.67	15.47	14.74	14.32	15.37
Graudu tīrīšana (pēc Dobeles dzirnavnieka)	10.55	10.90	10.48	11.05	10.53	10.23	10.98
Transports	34.35	35.49	34.11	35.98	34.27	33.29	35.73
Sēklas kodināšana	0	2.44	0	2.44	2.44	2.44	2.44
Augsnes apstrāde ar preparātu	0	0	8.80	8.80	0	0	0
Preparāts Nr.1 (Subtimikss 5 L/t + Trihodermins 5 L/t + Vitmīns 0.25 L/t)	0	8.63	0	8.63	0	0	0
Preparāts Nr.2 (Azotobakterīns 7 L/ha + Subtimikss 5 L/ha + Trihodermins 5 L/ha)	0	0	76.50	76.50	0	0	0
Kinto Plus	0	0	0	0	7.65	0	0
Bactoforce	0	0	0	0	0	2.35	4.70
Kopā variantos	59.67	72.72	144.55	158.87	69.62	62.63	69.22
Kopā ar iekārtošanas un sējumu kopšans izmaksām (skat. 5.1.tab.)	878.21	891.26	963.09	977.41	888.16	881.17	887.76
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹						
T ha ⁻¹ pa variantiem	4.22	4.36	4.19	4.42	4.21	4.09	4.39
Graudu pārdošanas cena	801.80	828.40	796.10	839.80	799.90	777.10	834.10
Atbalsta maksājumi	110.96	110.96	110.96	110.96	110.96	110.96	110.96
Kopā ieņēmumi	912.76	939.36	907.06	950.76	910.86	888.06	945.06
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	34.55	48.10	-56.03	-26.65	22.70	6.89	57.30
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem	-80.19	-66.64	-170.77	-141.39	-92.04	-107.85	-57.44

5.3. Bruto seguma aprēķins integrētajā izmēģinājumā

Bruto aprēķins integrētajā izmēģinājumā 2025. gadā (skat. 5.4. tab.) pamanāmi atšķirās no 2024. gada sezonas. Pagājušā gada aprēķinos vairāki alternatīvie pasākumi nebija saimnieciski pamatojami, tie parādīja negatīvu bruto segumu. Šogad visos gadījumos bruto segums bija pozitīvs, taču vairumā gadījumos neatšķīrās no kontroles varianta un bija pat mazāks nekā neapstrādātajā kontrolē. Vismazāko peļņu nodrošināja 7. variants (apstrāde ar Polyversum, 2 reizes). Tomēr ķīmiski sintezēto fungicīdu lietošanas variantā bruto segums bija līdzvērtīgs vairāku citu alternatīvo variantu nodrošinātajam.

5.4.tabula

Bruto seguma salīdzinājums integrētā izmēģinājuma dažādos variantos

	1.variants	2.variants	3.variants	4.variants	5.variants	6.variants	7.variants
Izmaksas (mainīgas pa variantiem)	Izmaksas EUR ha⁻¹						
Graudu tīrīšana	16,85	16,85	16,70	16,68	16,43	16,93	16,58
Transports	53,79	53,79	53,31	53,23	52,43	54,02	52,91
Smidzināšana	0	17,60	8,80	8,80	26,40	17,60	17,60
Preparāts 3	0	90,00			90,00	0	0
Preparāts 4	0	0	39,00	39,00	39,00	0	0
Balaya	0	0	0	0	0	20,15	0
Orius	0	0	0	0	0	22,40	0
Polyversum	0	0	0	0	0	0	347,60
Kopā variantos	70,64	178,24	117,81	117,70	224,25	131,09	434,68
Kopā ar iekārtošanas un sējumu kopšans izmaksām (skat. 5.1.tab.)	889,18	996,78	936,35	936,24	1042,79	949,63	1253,22
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹						
T ha ⁻¹ pa variantiem	6,74	6,74	6,68	6,67	6,57	6,77	6,63
Graudu pārdošanas cena	1280,60	1280,60	1269,20	1267,30	1248,30	1286,30	1259,70
Atbalsta maksājumi	110,96	110,96	110,96	110,96	110,96	110,96	110,96
Kopā ieņēmumi	1391,56	1391,56	1380,16	1378,26	1359,26	1397,26	1370,66
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	502,38	394,78	443,81	442,02	316,47	447,63	117,44
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem	391,42	283,82	332,85	331,06	205,51	336,67	6,48

5.4. Bruto seguma aprēķins bioloģiskajā izmēģinājumā

Analizējot iegūtos rezultātus bruto aprēķinā bioloģiskajā izmēģinājumā, var secināt, ka tāpat kā 2024. gada sezonā, smidzinājums ar Polyversum (6. variants) nav bijis saimnieciski lietderīgs dēļ augstajā izmaksām uz hektāra, taču pārējo variantu bilance bijusi pozitīva (skat. 5.5.tab.). Tāpat kā 2024. gadā, augu apstrāde ar preparātu Nr.4 (3. variants) parādīja labākos rezultātus, salīdzinājumā ar citiem veiktajiem pasākumiem. Tomēr tas un citi veikto pasākumu varianti peļņas ziņā atpaliek no kontroles. Būtu nepieciešams izmēģinājumus turpināt, lai atmestu neefektīvos variantus un pārskatītu efektīvāko pasākumu lietošanas devas un laikus. Turklāt, salīdzinot bruto segumu ar un bez atbalsta maksājumiem, tāpat kā iepriekšējā gadā, redzama to nozīme bioloģiskās saimniekošanas atbalstīšanā (skat. 5.5.tab. pēdējā rindā). Ņemot vērā iegūtos bruto aprēķina rezultātus, būtu grūti ieteikt audzētājiem konkrētu pasākumu izvēli, taču šie rezultāti jāanalizē kompleksi ar citiem ražas kvalitātes parametriem un mikotoksīnu analīžu rezultātiem.

5.5.tabula

Bruto seguma salīdzinājums bioloģiskā izmēģinājuma dažādos variantos

	1.variants	2.variants	3.variants	4.variants	5.variants	6.variants
Izmaksas (mainīgas pa variantiem)	Izmaksas EUR ha⁻¹					
Graudu tīršana	3.33	3.73	3.43	3.28	3.40	3.65
Transports	10.61	11.89	10.93	10.45	10.85	11.65
Smidzināšana	0	17.60	8.80	8.80	26.40	17.60
Preparāts 3	0	90.00	0	0	90.00	0
Preparāts 4	0	0	39.00	39.00	39.00	0
Polyversum	0	0	0	0	0	347.60
Kopā variantos	13.94	123.22	62.16	61.53	169.65	380.50
Kopā ar iekārtošanas un sējumu kopšans izmaksām (skat. 5.2.tab.)	448.38	557.66	496.60	495.97	604.09	814.94
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹					
T ha ⁻¹ pa variantiem	1.33	1.49	1.37	1.31	1.36	1.46
Graudu pārdošanas cena	392.35	439.55	404.15	386.45	401.20	430.70
Atbalsta maksājumi	223.06	223.06	223.06	223.06	223.06	223.06
Kopā ieņēmumi	615.41	662.61	627.21	609.51	624.26	653.76
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	167.03	104.95	130.61	113.54	20.17	-161.18
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem	-53.81	-115.89	-90.23	-107.30	-200.67	-382.02

5.5. Bruto seguma aprēķins rudzu izmēģinājumā

Rudzu sējuma ierīkošanai un kopšanai izmantoto izejvielu un tehnikas izmaksas apkopotas 5.6. tabulā.

Kā redzams 5.7. tabulā, visi izmēģinājumā veiktie pasākumi, izņemot 7. variantā (Polyversum 2 reizes), ir nodrošinājuši pozitīvu bruto segumu. Tomēr augstāks bruto segums, salīdzinot starp visiem variantiem, konstatēts 3. un 6. variantos (attiecīgi, kur veikta apstrāde ar preparātu Nr.4 (pirms ziedēšanas) un variantā ar ķīmisko fungicīdu smidzinājumu 2 reizes). Var secināt, ka preparāts Nr. 4 atkarībā no vēlamā sasniedzamā mērķa, varētu būt kā alternatīva ķīmiskajiem fungicīdiem. Tomēr jāņem vērā, ka kontrolē iegūtā peļņa sasniedz nedaudz augstāku līmeni. Taču šie rezultāti citās šīs atskaites sadaļās tiks analizēti kompleksi ar mikotoksīnu rezultātiem un ražas kvalitātes rādītājiem, lai izdarītu noslēguma secinājumus.

5.6.tabula

Sējumu iekārtošanas un kopšanas izmaksas rudzu izmēģinājumā visos izmēģinājumu laucīņos

<i>Izejvielas</i>	Izmaksas EUR ha⁻¹
Sēkla	54.00
Mēslojums NPK rudens, 220 kg ha ⁻¹	125.40
Mēslojums Amonija nitrāts pavasaris, 250 kg ha ⁻¹	90.00
Mēslojums Amonija sulfāts N 21 S26, 250 kg ha ⁻¹	242.50
Herbicīds 1	8.40
Herbicīds 2	11.47
Herbicīds 3	22.72
Herbicīds 4	16.50
Herbicīds 5	6.75
Augšanas regulators	27.56
<i>Tehnikas izmaksas</i>	
Aršana	63.56
Šļūķšana	18.12
Kultivēšana	18.12
Sēja	28.72
Mēslojuma izkliede, 3 reizes	29.91
Smidzināšana, 3 reizes	26.4
Ražas novākšana ar kombainu	117.01
Kopā	907.14

Bruto seguma salīdzinājums rudzu izmēģinājuma dažādos variantos

	1.variants	2.variants	3.variants	4.variants	5.variants	6.variants	7.variants
Izmaksas (mainīgas pa variantiem)	Izmaksas EUR ha⁻¹						
Graudu kaltēšana	28.15	26.83	28.62	26.98	27.18	28.35	25.39
Graudu tīrīšana	19.72	18.79	20.05	18.90	19.04	19.86	17.79
Transports	51.60	49.19	52.48	49.46	49.83	51.98	46.56
Smidzināšana	0	17.60	8.80	8.80	26.40	17.60	17.60
Preparāts 3	0	90.00	0	0	90.00	0	0
Preparāts 4	0	0	39.00	39.00	39.00	0	0
Balaya	0	0	0	0	0	20.15	0
Orius	0	0	0	0	0	22.40	0
Polyversum	0	0	0	0	0	0	347.60
Kopā variantos	99.46	202.41	148.95	143.14	251.44	160.34	454.94
Kopā ar iekārtošanas un sējumu kopšans izmaksām (skat. 5.6.tab.)	1006.60	1109.55	1056.09	1050.28	1158.58	1067.48	1362.08
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹						
T ha ⁻¹ pa variantiem	6.34	6.04	6.45	6.08	6.12	6.39	5.72
Graudu pārdošanas cena	1204.46	1148.15	1224.91	1154.50	1163.07	1213.35	1086.69
Atbalsta maksājumi	110.96	110.96	110.96	110.96	110.96	110.96	110.96
Kopā ieņēmumi	1315.42	1259.11	1335.87	1265.46	1274.03	1324.31	1197.65
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	308.82	149.56	279.78	215.18	115.44	256.83	-164.43
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem	194.08	34.82	165.04	100.44	0.70	142.09	-279.17

5.6. Secinājumi

1. Lielāko peļņu sēklu apstrādes izmēģinājumā ieguva variantos, kur sēkla bija apstrādāta ar Preparātu Nr. 1 (Subtimikss 5 Lt⁻¹ + Trihodermins Lt⁻¹ + Vitmīns 0.25 Lt⁻¹) un biostimulantu Bactoforce ar lielāko ūdens daudzumu (12 litri uz 1 tonnu graudu). Būtu nepieciešams izmēģinājuma turpinājums, lai varētu pārliecinošāk audzētājiem ieteikt ne tikai alternatīvus preparātus ķīmiski sintezētai kodnei, bet arī izpētīt efektīvākās šo preparātu apstrādes devas.
2. Pagājušajā gadā integrētajā izmēģinājumā vairāki alternatīvie pasākumi parādīja negatīvu bruto segumu. Šogad visos gadījumos bruto segums bija pozitīvs, taču vairumā gadījumos neatšķīrās no kontroles varianta un bija pat mazāks nekā neapstrādātajā kontrolē. Ņemot vērā pretrunīgos rezultātus, būtu nepieciešams pētījumu turpināt vēl vismaz vienu sezonu.
3. Bioloģiskajā izmēģinājumā, tāpat kā 2024. gada sezonā, smidzinājums ar Polyversum nav bijis saimnieciski lietderīgs dēļ augstajā izmaksām uz hektāra, taču pārējo variantu bilance bijusi pozitīva. Būtu nepieciešams turpināt pētījumus, lai precizētu ienesīgākos variantus un izslēgt ekonomiski neizdevīgākos pasākumus no izmēģinājuma shēmas.
4. Visi rudzu izmēģinājumā veiktie pasākumi, izņemot variantā ar Polyversum apstrādi 2 reizes, ir nodrošinājuši pozitīvu bruto segumu. Būtu nepieciešams pētījumu rudzu sējumos turpināt, lai varētu salīdzināt rezultātus vairākos veģetācijas periodos.

6. Patogēno sēņu daudzveidības izpēte auzām

2024. gadā projekta ietvaros tika sekvencēti un sugas apstiprinātas 170 izolātiem, šogad noslēgta *Fusarium* sugu identifikācija visai izolātu kolekcijai, izmantojot specifiskus praimerus. Veikta arī genotipēšana un toksīnus kodējošo gēnu noteikšana *Fusarium* izolātiem, kas ļauj noteikt toksīnus producējošos genotipus jeb ķīmiskos tipus patogēna populācijā.

Iegūtie dati sniedz pilnīgāku informāciju par *Fusarium* sugu un toksīnus veidojošo genotipu sastopamību auzu sējumos Latvijā, tas ļauj prognozēt tālākos riskus un izvēlēties atbilstošus ierobežošanas pasākumus. Projekta laikā izveidotā *Fusarium* sugu kolekcija būs izmantojama turpmākajiem projektiem, piemēram, bioloģisko augu aizsardzības līdzekļu efektivitātes testiem vai šķirņu izturības pārbaudēm. Tāpat adaptētās metodikas *Fusarium* sugu identifikācijai izmantojot specifiskus praimerus un toksīnus veidojošo genotipu noteikšanai būs izmantojamas no citiem kultūraugiem izdalīto patogēnu identificēšanai.

6.1. Metodika

PCR amplifikācija, gēla elektroforēze

Fusarium sugu identifikācija veikta izmantojot *DreamTaq Green PCR 2x master mix* reaģentu maisījumu, PCR kvalitātes ūdeni, sugām specifiskus praimeru pārus (1. pielikums), kā arī iepriekš izdalītos patogēnu DNS. Tie izdalīti izmantojot Thermo Scientific *Phire Animal Direct PCR Kit* reaģentu komplektu vadoties pēc ražotāja norādījumiem. Sākotnēji katram praimeru pārim veikta metodikas adaptācija, vadoties pēc ražotāja noteiktajiem praimeru pārim nepieciešamajiem apstākļiem. Metodikas adaptācijā izmantotas iepriekš sekvencētu un identificētu izolātu DNS.

Toksīnus kodējošo gēnu noteikšana veikta pēc līdzīgas metodikas. Izmantoti toksīnus kodējošo gēnu noteikšanas praimeru pārus (1. pielikums) un tiem pielāgotus PCR apstākļus.

Elektroforēze veikta 1.0 % agarozes gēlā 10x TBE buferī, kam pievienots etīdija bromīda šķīdums. Gēlā ielikts 8 ul PCR produkta un 5 ul garuma marķieri. Aptuvenais fragmentu garums noteikts, izmantojot garuma standartu - GeneRuler™ 100 bp DNA ladder, ready-to-use, 100-1000 bp. Gēla attēli digitāli dokumentēti.

6.2. Rezultāti

Fusarium sugu identifikācija, kombinējot morfoloģijas, divu gēnu sekvenčēšanas un sugu specifisku PCR datus, sekmīgi veikta 425 izolātiem. Konstatēta plaša *Fusarium* daudzveidība - identificētas 14 sugas (*F. poae*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti*, *F. langsethiae*, *F. tricinctum*, *F. culmorum*, *F. torulosum*, *F. redolens*, *F. flocciferum*, *F. acuminatum*, *F. commune*). Starp izolātiem dominēja *F. poae*, *F. avenaceum* un *F. graminearum*, kas uzskatāmi par vieniem no nozīmīgākajiem, mikotoksīnus veidojošiem graudaugu patogēniem. Savukārt, *F. torulosum* zināms kā miežu (Bourdages et al., 2006), kartupeļu (Gachango et al., 2011), un citu kultūraugu patogēns, bet uz auzām līdz šim tas nav atrasts. Tāpat, *F. flocciferum* zināms kā pākšaugu (Šišić et al., 2019), nevis auzu patogēns.

Toksīnus kodējošo gēnu noteikšana un ķīmisko tipu profilēšana sekmīgi veikta 155 *Fusarium* izolātiem, izmantojot 11 marķierus. Starp *F. poae* izolātiem, kā dominējošais identificēts NIV (*nivalenol*) ķīmiskais tips. *F. avenaceum* izolātiem, kā dominējošie identificēti 3ADON, un ZEA (*zearalenone*) ķīmiskie tipi, tai skaitā lielākajai daļai izolātu apstiprināti abi toksīnus kodējošie gēni, kas liecina par šīs sugas populācijas augsto toksiskuma risku. *F. oxysporum* izolātiem dominē EN (*enniatin*) tips. Savukārt *F. sporotrichioides* un *F. culmorum* dominē ZEA ķīmiskie tipi. Kopumā iegūtie dati rāda, ka auzu sējumos ir izplatītas toksīnus producējošās *Fusarium* sugas. Ģenētiskās analīzes apliecina, ka patogēnu populācijās ir augsts toksīnus veidojošo īpatņu īpatsvars un graudu kontaminācijas riski ar toksīniem patogēniem piemērotos apstākļos ir ļoti augsti, kā to šogad uzrādīja ZEN analīzes rudzu graudos.

Detalizēta rezultātu daļa par *Fusarium* sugu sastopamību auzu sējumos Latvijā tiks publicēta zinātniskajā publikācijā (žurnāla reitings Q1-2).

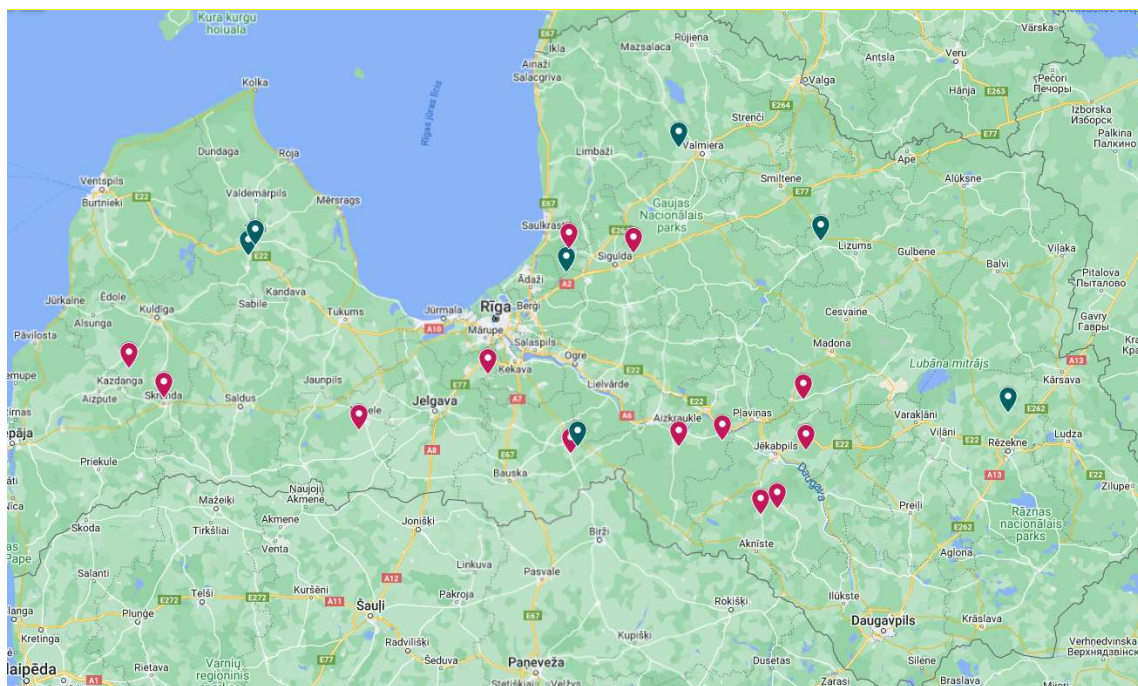
6.3. Secinājumi

1. Pētījuma laikā auzu paraugos konstatēta plaša *Fusarium* sugu daudzveidība, identificētas 14 sugas, tai skaitā arī mikotoksīnu veidojošie patogēni - *F. poae*, *F. avenaceum* un *F. graminearum*.
2. Liela daļa izolātu tika identificēti kā *F. poae*, kas ir zināmi kā mikotoksīnu T-2/HT-2 veidotāji. Visos pētījumu gados T-2/HT-2 bija visbiežāk noteiktie mikotoksīni.
3. Šis ir pirmais pētījums Latvijā, kura ietvaros tiek precīzi identificētas *Fusarium* sugas auzu sējumos, iegūtā informācija ir jauna un nozīmīga. Noskaidrojot slimības ierosinātājus, kā arī to veidojošos toksīnus, turpmāk būs iespēja izstrādāt efektīvus augu aizsardzības līdzekļus. Īpaši nozīmīgi tas ir bioloģiskajai lauksaimniecībai, kur šobrīd nav pieejami efektīvi līdzekļi vārpu fuzariozes ierobežošanai.

7. Patogēno sēņu daudzveidības izpēte rudziem

7.1. Metodika rudzu dīgstu un vārpu ievākšanai

Rudzu dīgstu un vārpu paraugi ievākti 19 saimniecībās, t.sk., 7 ar bioloģisku un 12 ar integrētu saimniekošanas veidu (7.1. attēls). Rudzu dīgstu paraugi ievākti 2023. gada rudenī, bet rudzu vārpas 2024. gada vasarā, pirms ražas novākšanas.



7.1. attēls. Monitoringā iekļautie rudzu sējumi. Ar sarkanu atzīmi – integrētas, ar tumši zaļu – bioloģiskas saimniekošanas sējumi.

No katra rudzu sējuma 10 vietās ievāca pa 10 dīgstiem vai vārpām (1 paraugs).

Paraugu ievietoja atsevišķos papīra maisiņos un marķēja ar saimniecībai piešķirto kodu un parauga numuru (piemēram, 1.1; 1.2 ...1.10 – saimniecības kods, parauga numurs pēc kārtas).

Rudzu dīgstos konstatētās bojājumu pazīmes

Kopā no visām monitoringā iekļautajām saimniecībām ievākti 2000 rudzu dīgstu paraugi (100 no katras saimniecības).

Aplūkojot rudzu dīgstus, atsevišķi atzīmēja lapu, sakņu kakla un graudu bojājumus, kas varētu būt fizioloģiska rakstura vai patogēnu ierosināti. Bojājumu sastopamība atšķīrās starp saimniecībām. No dažām saimniecībām paņemtajos paraugos pamanīti tikai atsevišķi fizioloģiska rakstura bojājumi vai visi augi paraugā bija pilnīgi veseli (skat. 7.2. att.).

Konstatēta lapu galu un visas lapas brūnēšana vai dzeltēšana, kas saistāma ar ārējās vides apstākļu – pazemināta gaisa temperatūra un pārliets mirums – nelabvēlīgo ietekmi. Violeto lapu krāsojumu savukārt izraisījusi kāda barības elementa nepietiekamība vai auga nespēja to uzņemt nelabvēlīgu laika apstākļu ietekmē (skat. 7.2. att.).



7.2. attēls. Pa kreisi: veseli augi, vidū: ar violeti sārtām lapām, pa labi: nodzeltējušas, nobrūnējušas lapas.

Atsevišķos gadījumos (mazāk kā 1% no kopējā paraugu skaita) uz lapām konstatētas arī infekciozas izcelsmes pazīmes – plankumi (skat. 7.3. att.), ko ierosinājušas sēnes. Uz 3 lapām (no visu saimniecību paraugiem) atrastas rūsas pustulas.

Sakņu kakla bojājumi izpaužas kā tumši plankumi vai puve, taču bija reti sastopami (2% no kopējā paraugu skaita) (skat. 7.3. att.).



7.3. attēls. Pa kreisi: plankumi uz lapām, pa labi: sakņu kakla bojājumi.

Bojājumu pazīmes uz graudiem var raksturot kā visa grauda vai tā daļas melnēšanu vai tumšošanu, taču vizuāli nav iespējams noteikt vai bojājums ir infekciozs, vai vides apstākļu ierosināts.

Rudzu vārpās konstatētās bojājumu pazīmes

Darba gaitā uzskaitītas visas vizuāli redzamās bojājuma pazīmes uz ievāktajām rudzu vārpām. Bojājumu sastopamība un pazīmju daudzveidība atšķīrās starp saimniecībām. No dažām saimniecībām ievāktajām vārpām vizuālas bojājumu pazīmes tika konstatētas minimāli, savukārt, no citām – visas vārpas bija ar izteiktām bojājumu pazīmēm (7.4. att.).

Vairumā gadījumu uz rudzu vārpu daļām – akotiem, konstatēta rozīga apsarme, kas liek domāt par iespējamu *Fusarium* spp. klātbūtni.

Atsevišķos gadījumos konstatēti melnie graudi, ko ierosina *Claviceps purpurea*. Tāpat uz rudzu vārpām novērots melnais sodrējums (ieros. *Cladosporium herbarum*). Konstatētas arī vārpas ar sikiem, neattīstītiem graudiem, kā arī vārpas, kurās esošie graudi bija ar brūnganiem plankumiem. Reizēm uz vienas vārpas novērotas dažādas bojājumu pazīmes.



7.4. attēls. Bojājumu pazīmes uz rudzu vārpām.

7.2. Metodika patogēno sēņu izdalīšanai no rudziem

Parauga sagatavošana

Ievāktie dīgsti līdz sagatavošanai likšanai uz barotnēm uzglabāti ledusskapī +5 °C (ne ilgāk kā 1-3 dienas), savukārt vārpas istabas temperatūrā.

Dīgsti sadalīti vairākos paraugos atkarībā no augu daļas (piem., graudi, stiebra apakšējā daļa, sakņu kakls), ievietoti Petri platē un attiecīgi numurēti, ievērojot vienotu sistēmu (piem. 1.1. G – 1. paraugs graudi; 1.2. Sk. – 1. paraugs sakņu kakls). Ja nepieciešams, pirms tam

noskaloti krāna ūdenī (piem. sakņu kakls vai stublāja apakšējā daļa). Ja bija redzamas bojājuma pazīmes, tad auga daļas uzlikšanai uz barotnes izvēlētas tā, lai būtu iekļauta robeža starp veselajiem un bojātajiem audiem.

No katras vārpas izvēlēti divi graudi ar vizuāli redzamām slimības pazīmēm, ievietoti Petri platē un attiecīgi numurēti (piem. 1.1. – 1. saimniecība, 1. ievākšanas vieta utt.), ievērojot vienotu sistēmu. Rezultātā no vienas saimniecības iegūtas 20 Petri plates, katra saturoša 10 rudzu graudus.

Parauga sterilizācija, likšana uz barotnēm un inkubācija

Darbs veikts sterilos apstākļos laminārajā boksā. Sagatavotās augu daļas laminārajā boksā sterilizētas 1.25 % nātrija hipohlorīta šķīdumā, 3 reizes noskalotas sterilā destilētā ūdenī (iemērcot vārglāzē ar sterilu ūdeni) un novietotas starp steriliem filtrpapīriem nosusināties. Sterilizācijas ilgums sakņu kaklam un lapu daļām bija 1 minūte, graudiem 2 minūtes. Pēc paraugu daļu apžūšanas uz kartupeļu dekstrozes agara (PDA) barotnes ar antibiotikām vienā platē ievietoti 3-6 augu daļu gabaliņi. Graudi pirms likšanas uz barotnes ar skalpeli sadalīti uz pusēm. Katrā saimniecībā ievāktu paraugu apstrādē izmantoti jauni šķīdumi un skalošanas trauki.

Plates inkubētas istabas temperatūrā līdz 10 dienām. Plates pārbaudītas regulāri, vismaz katru otro dienu, lai parādījušās kolonijas nekavējoties pārsētu tīrkultūrā.

Tīrkultūru saudzēšana, sākotnējā identifikācija un saglabāšana kolekcijā

Sterilos apstākļos laminārajā boksā no saaugušajām kolonijām ar sterilu mikrobioloģisko adatu izgriezti nelieli (3-5 mm diam.) kolonijas gabali un pārnesti jaunā platē ar PDA barotni, novietojot to plates vidū. Plates ar tīrkultūrām aptītas ar parafilmu un inkubētas istabas temperatūrā 1-3 nedēļas. Pēc 3 nedēļām sēņu kolonijas sagrupētas pēc koloniju morfoloģijas un veikta to aprakstīšana, katrai kolonijai piešķirts identifikācijas numurs.

Fusarium kolekcijas saglabāšana ilgstošai uzturēšanai

Sēņu izolāti, kas paredzēti ilgstošai uzglabāšanai, saglabāti 10% glicerīna šķīdumā - 80 °C. Glicerīnu atšķaida ar destilētu ūdeni, iepilda saglabājamās traukos līdz 2/3 tilpuma (piemēram, 7 mL tilpuma Bijou pudelītēs vai cita tilpuma autoklāvēšanai piemērotās stobriņos) un autoklāvē (121 °C 120 minūtes).

Katrā Bijou pudelītē ievieto 4-5 PDA gabaliņus ar micēliju, katram izolātam veido 2 eksemplārus, uz pudelītēm uzraksta izolāta numuru. Sagatavotās pudelītes ar izolātiem ievieto uzglabāšanai paredzētās kastītēs. Uzglabā ledusskapī 24 stundas, kastītes droši noslēdz un pēc tam novieto saldētavā -80 °C.

Pārskata periodā saglabāti 1200 potenciālo patogēnu izolāti (katrs 2 eksemplāros), kas izdalīti no rudzu dīgšiem un skarām.

Patogēnu identifikācija pēc morfoloģiskām pazīmēm

Mikroskopēšanā izmantots Zeiss Axiolab 5 sērijas mikroskops, attēlu dokumentēšanai un analīzei Zeiss Laboscope V 3.0 datorprogramma. Ar sterilu mikroskopijas adatu sēnes struktūras fragments no Petri plates ievietots destilēta ūdens pilienā uz priekšmetstikla, pēc nepieciešamības homogenizēts un noseigts ar segstiklu. Analizējamā sēnes struktūra izvēlēta atkarībā no taksona, priekšroka dota sporodohijiem vai micēlija fragmentam no kolonijas vidusdaļas. Sagatavotais paraugs novietots zem mikroskopa. Sākotnēji 10x palielinājumā izvēlēts labākais fragments, detalizēta analīze veikta 400x palielinājumā. Sēnes struktūras mērītas izmantojot okulāra mikrometru (viena iedaļa ≈ 2 μm). Lai varētu veikt precīzu sugu identifikāciju, darba procesā izmatoti dažādi palīgīdzekļi, piemēram, The Fusarium

Laboratory Manual². Sugas vai ģints noteikšanai izmantotas atslēgas pazīmes: micēlija koloniju morfoloģija (blīvums, izmērs, t. sk. augstums, vizuālais izskats, pigmentācija, atsevišķas (atšķirīgas) struktūras, krāsa, pigmentācija gaisa micēlijā un agarā, aromāts u.tml.), mikrokonīdiu un/vai makrokonīdiu īpašības (ir/nav, forma, izmēri, septu skaits, apikālās/bazālās šūnas forma (makrokonīdijām), sastopamības biežums u. tml.), hlamidosporu īpašības (ir/nav, forma, aptuvenie izmēri, krāsa, sakārtojums u. tml.), kā arī citas specifiskas īpašības. Nepieciešamības gadījumā atsevišķi izolāti mikroskopēti vairākkārt. Pēc katra parauga mikroskopēšanas, izmantotie instrumenti un virsma dezinficēta ar 70% etanola šķīdumu.

Parauga mikroskopēšanas gaitā, ar mikroskopā iebūvēto kameru uzņemti mikroskopijas fotoattēli, kuru turpmāko analīzi un saglabāšanu veica Zeiss Laboscope V3.0 programmā, katram izolātam uzņemti vismaz 4 fotoattēli.

Ja izolātiem nebija labi attīstījušās makrokonīdijas un/vai mikrokonīdijas, plates atstātas kultivēšanai vēl aptuveni 3 līdz 5 nedēļas, pēc tam mikroskopēšana tiks atkārtota. Ja izolātiem netika konstatēta sporulācija, tie pārsēti SNA (synthetic nutrient-poor agar) barotnē un kultivēti, kā arī mikroskopēti pēc identiskas metodikas, kā izolāti PDA barotnē.

7.3. Rezultāti

Projekta laikā no rudzu dīgstiem izdalītajām potenciāli patogēnajām sēnēm pēc morfoloģiskajām pazīmēm ģints līmenī identificēti 517 izolāti, no rudzu vārpām 557 izolāti (7.1. tabula).

Starp paraugiem dominēja *Fusarium* un *Alternaria* ģints sēnes, kas pēc literatūras datiem (Frelund et al., 2013; Orina et al. 2021) veido dažādus toksīnus un var radīt kaitējumu patērētāju veselībai. Identificētas arī dažādas citas sēnes. Visplašākā sēņu daudzveidība konstatēta rudzu dīgstos, daļa no tām, piemēram, *Mortierella* spp., *Trichoderma* spp. ir augsnē mītošie sēņu valsts mikroorganismi. Tā kā tikai pēc morfoloģiskajām pazīmēm ir grūti, reizēm neiespējami identificēt sēņu sugas, precīzai diagnostikai tika nolemts izmantot molekulārās metodes.

Visām *Fusarium* ģints sēnēm izdalīts DNS, veikta *tefl-α* gēna PCR amplifikācija. Sagatavotie paraugi nosūtīti Latvijas biomedicīnas pētījumu un studiju centram sekvencēšanas veikšanai. Patogēnu identifikācija sugu līmenī ar molekulārajām metodēm un rezultātu analīze tiks turpināta 2026. gadā.

Salīdzinot ar potenciāli patogēno sēņu spektru, kas izdalīts no auzu augu daļām, rudzos daudz plašāk bija sastopamas *Alternaria* ģints sēnes. Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams detalizētāk pievērsties *Alternaria* spp. izpētei, gan identificēt sugas, gan noteikt to veidojošo toksīnu daudzumu rudzu graudos.

² Leslie, J.F. and Summerell, B.A. (2006) The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing, Hoboken, 1-2. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>

Pēc morfoloģiskajām pazīmēm identificētās sēņu ģintis rudzu dīgstos un graudos.

Sēņu ģints	Dīgsti	Graudi
	Izolātu skaits	
<i>Fusarium</i>	193	224
<i>Alternaria</i>	157	269
<i>Mortierella</i>	55	0
<i>Penicillium, Aspergillus, u.c.</i>	47	3
<i>Eppicoccum</i>	26	38
<i>Trichoderma</i>	14	0
<i>Chaetomium</i>	10	0
<i>Colletotrichum</i>	5	0
<i>Cladosporium</i>	3	3
<i>Bipolaris</i>	3	0
<i>Pyrenophora</i>	1	15
<i>Botrytis</i>	1	0
<i>Gaeumannomyces</i>	1	0
<i>Claviceps</i>	1	0
<i>Stemphylium</i>	0	3
<i>Sclerotinia</i>	0	1
<i>Rhizoctonia</i>	0	1
Neidentificētas	48	75
Kopā	565	632

7.3. Secinājumi

1. Rudzu paraugos ievērojami dominēja *Fusarium* un *Alternaria* ģints sēnes, tādēļ turpmāk būtu vēlams noteikt alternariola daudzumu rudzu graudos. Alternariols ir zināms kā viens no *Alternaria* ģints sēņu metabolītiem, kas lielos daudzumos var atstāt negatīvu ietekmi uz patērētāju veselību.
2. Informācija par rudzu patogēnu sugu spektru sniegs iespēju izvēlēties efektīvākus augu aizsardzības līdzekļus, tādējādi uzlabojot gan ražību, gan graudu kvalitāti.

8. Literatūras saraksts

Aoki T.; O'Donnell K.L. 1999: Morphological and molecular characterization of *Fusarium pseudograminearum* sp. nov., formerly recognized as the Group 1 population of *F. graminearum*. *Mycologia* 91(4): 597-609.

Bauriegel E., Giebel A., Geyer M., Schmidt U., Herppich W.B. (2011). Early detection of *Fusarium* infection in wheat using hyper-spectral imaging, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 75, Issue 2, , Pages 304-312, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.006>

Bourdages J. V., Marchand S., Rioux S., Belzile F.J., 2006. Diversity and prevalence of *Fusarium* species from Quebec barley fields. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 28(3) 419-425. <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/tcjpp/plant.html>

Fredlund E., Gidlund A., Sulyok M., Börjesson T., Krska R., Olsen M., Lindblad M. (2013) Deoxynivalenol and other selected *Fusarium* toxins in Swedish oats — Occurrence and correlation to specific *Fusarium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 167: 276-283. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.026>

Gachango E, Kirk W, Hanson L, Rojas A, Tumbalam P, 2011. First report of *Fusarium torulosum* causing dry rot of seed potato tubers in the United States. *Plant Disease*, 95(9):1194. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>

Hautsalo J., Jalli M., Manninen O., Veteläinen M. (2018) Evaluation of resistance to *Fusarium graminearum* in oats. *Euphytica* 214:139.

Koncz Z., Huszti K., Naár Z., Kiss A. and Szécsi Á. (2008) PCR Identification of *Fusarium graminearum* Isolated from Wheat Grain. *Cereal Research Communications* 36(4), pp. 623–630 DOI: 10.1556/CRC.36.2008.4.11

Leslie J. F. and Summerell, B. A. (2006) *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, Hoboken, 1-2. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>

Logrieco A., Moretti A., Solfrizzo M. (2009). *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin, occurrence and risks. *World Mycotoxin Journal*, Vol. 2, No. 2, p. 129 – 140.

Nazari L., Manstretta V., & Rossi V. (2016). A non-linear model for temperature-dependent sporulation and T-2 and HT-2 production of *Fusarium langsethiae* and *Fusarium porotrichioides*. *Fungal Biology*, 120, 562–571.

Orina, A.S., Gavrilova, O.P., Gogina, N.N., Gannibal P.B., and Gagkaeva T.Yu.. 2021. "Natural Occurrence of *Alternaria* Fungi and Associated Mycotoxins in Small-Grain Cereals from The Urals and West Siberia Regions of Russia" *Toxins* 13, no. 10: 681. <https://doi.org/10.3390/toxins13100681>

Parry D. W. & Nicholson P. (1996) Development of a PCR assay to detect *Fusarium poae* in wheat. *Plant Pathology*, 45, 383–391.

- Rasane P., Jha A., Sabikhi L. et al. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods – a review. *J. Food Sci. Technol.*, Vol. 52, No. 2, p. 662 – 675.
- Schilling A.G., Moller E.M., Geiger H.H. (1996) Polymerase chain reaction-based assays for species-specific detection of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, and *F. avenaceum*. *Molecular Plant Pathology*, 86: 515-522.
- Šišić, Adnan & Baćanović-Šišić, Jelena & Schmidt, Harald & Finckh, Maria. (2019). First Report of *Fusarium flocciferum* Causing Root Rot of Pea (*Pisum sativum*) and Faba Bean (*Vicia faba*) in Germany. *Plant Disease*. 104. 10.1094/PDIS-06-19-1302-PDN.
- Starkey D.E., Ward T.J., Aoki T., Gale L.R., Kistler H.C., Geiser D.M., Suga H., Toth B, Varga J., O'Donnell K. (2007) Global molecular surveillance reveals novel *Fusarium* head blight species and trichothecene toxin diversity. *Fungal Genetics and Biology*, 44: 1191–1204. doi:10.1016/j.fgb.2007.03.001
- Turner A.S., Lees A.K., Rezanoor H.N. and Nicholson P. (1998) Refinement of PCR-detection of *Fusarium avenaceum* and evidence from DNA marker studies for phenetic relatedness to *Fusarium tricinctum*. *Plant Pathology*, 47, 278–288.
- Ward T.J., Bielawski J.P., Kistler H.C., Sullivan E., and O'Donnell K. (1990). Ancestral polymorphism and adaptive evolution in the trichothecene mycotoxin gene cluster of phytopathogenic *Fusarium*. *PNAS*, vol.99: 9278–9283
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.142307199
- Williams, K.J., Dennis, J.I., Smyl, C. *et al.* (2002) The application of species-specific assays based on the polymerase chain reaction to analyse *Fusarium* crown rot of durum wheat. *Australasian Plant Pathology*, 31: 119–127. <https://doi.org/10.1071/AP01079>
- Wilson A., Simpson D., Chandler E., Jennings P., Nicholson P. (2014) Development of PCR assays for the detection and differentiation of *Fusarium sporotrichioides* and *Fusarium langsethiae*. *FEMS Microbiology Letters*, 233: 69-76. doi:10.1016/j.femsle.2004.01.040

Graudaugiem sastopamo *Fusarium* sugu un toksīnus kodējošo gēnu noteikšanas praimeris

Nosakāmā suga/ toksīnus kodējošais gēns	Praimeris	Sekvence, 5'- 3'	Lokuss, piezīmes	Amplikons (bp), Ta (°C)	Reference
<i>F. graminearum</i>	Fg16R	GGTAGGTATCCGACATGGCAA	Līnijas 1, 2, 6, 7	400-500	Koncz et al., 2008; Nicholson et al., 1998 (Orig.)
	Fg16F	CTACGGATATGTTGCGTCAA		Ta 55 °C	
	Fg11F	CTCCGGATATGTTGCGTCAA		400	Wisnewska et al., 2014
	Fg11R	GGTAGGTATCCGACATGGCAA		Ta 57 °C	
	Fg16NF	ACAGATGACAAGATTCAGGCACA		280	Koncz et al., 2008; Nicholson et al. 1998
	Fg16NR	TTC TTT GAC ATC TGT TCA ACC CA		Ta 59.5 °C	
<i>F. pseudograminearum</i>	Fp1-1	CGG GGT AGT TTC ACA TTT CCG		523	Aoki and O'Donnell 1999
	Fp1-2	GAG AAT GTG ATG ACG ACA ATA		Ta 55 °C	
<i>F. cerealis</i>	CroA R	CTCAGTGTCCCAATCAAATAGTCC		842	Wisnewska et al., 2014
	CroA F	CTCAGTGTCCACCGCGTTGCGTAG		Ta 60 °C	
<i>F. avenaceum</i>	JIAR	CTGTAATAGGTTATTTACATGGGCG	Nestrādā <i>F. trinctum</i>	Ta 57.5 °C	Turner et al., 1998
	JIAF	GCTAATTCTTAACCTACTAGGGGCC			
	FaF	AGCATTGTCGCCACTCTC		920	Wisnewska et al., 2014
	FaR	GTTTGGCTCTACCGGGACTG		Ta 56.3 °C	
	FA- ITSF	CCA GAG GAC CCA AAC TCT AA		272	Schilling et al. 1996
	FA- ITSr	ACC GCA GAA GCA GAG CCA AT		Ta 56.3 °C	

<i>F. culmorum</i>	C51F	ATGGTGAACCTCGTCGTGGC	=Fc01F	Ta 58 °C	Wisnewska et al., 2014; Nicholson et al. 1998
	C51R	CCCTTCTTACGCCAATCTCG	=Fc01R		
<i>F. langsethiae</i>	FlangF3	CAAAGTTCAGGGCGAAAAC		-	Fredlund et al., 2013; Wilson et al., 2004 (orig.)
<i>F. langsethiae/ sporotrichioides</i>	LanspoR1	TACAAGAAGACGTGGCGATAT		Ta 55.9 °C	
	Lanspo	TACAAGAAGAGCGTGCGATAT	Tas pats, kas LanspoR1, tikai divi nt samainīti vietām	300 Ta 55.9 °C	Wisnewska et al., 2014
<i>F. sporotrichioides</i>	FSporF1	CGCACAACGCAAACATCATC	=Fspo; kā reverso LanspoR1 vai Lanspo	300 Ta 57 °C	Wisnewska et al., 2014; Fredlund et al., 2013; Wilson et al., 2004 (orig.)
<i>F. poae</i>	FP82F	CAAGCAAACAGGCTCTCCACC		220	Wisnewska et al., 2014; Parry and Nicholson 1996
	FP82R	TGTTCCACCTCAGTGACAGGTT		Ta 63 °C	
<i>F. tricinctum</i>	tri1	CGTGTCCCTCTGTACAGCTTTGA		215	Wisnewska et al., 2014
	tri2	GTGGTTACCTCCCGATACTCT		Ta 60.5 °C	
<i>F. redolens</i>	Redolens-F	ATC GAT TTTCCC TTC GAC TC		386	Bogale et al., 2007
	Redolens-R	CAA TGA TGA TTGTGA TGA GAC		Ta 53,6 °C	
<i>F. oxysporum</i>	PFO3	CGG GGG ATA AAT GCG G		70	Edel et al. 2000
	PFO2	CCC AGG GTA TTA CAC GGT		Ta 56.1 °C	
<i>F. armeniacum (=F. acuminatum subsp. armeniacum)</i>	FarspF1	GGGATGGTAAGACGATCTAC	<i>phosphate phosphase gene</i>	313	Patent application KR1020150147129A
	FarspR1	CTTCCATCATCACCTCTGAG		Ta 54.2 °C	
<i>F. acuminatum</i>	FAC-F	GGG ATA TCG GGC CTC A		602	Williams et al. 2002

	FAC-R	GGG ATA TCG GCA AGA TCG		Ta 55 °C	
<i>F. equiseti</i>	FeF1	CATACCTATACGTTGCCTCG		389	Wisnewska et al., 2014
	FeR1	TTACCAGTAACGAGGTGTATG		Ta 54.1 °C	
<i>PKS4</i>	PKS4_F	AGACGGCGCAACAAGGGCTG		355	Wisnewska et al., 2014
	PKS4_R	GCAGTTGCCCGTGTCCGACA		Ta 64.6 °C	
<i>PKS13</i>	PKS13_1	CCCAGCCAAGCCCAGTACGC		532	Wisnewska et al., 2014
	PKS13_2	ACAGCGGCTGACCTGGGTCA		Ta 65.3 °C	
<i>TRI13</i>	TRI13DON-F	CATCATGAGACTTGTKRAGTTGGG		216	Wisnewska et al., 2014
	TRI13DON-R	GCTAGATCGATTGTTGCATTGAG		Ta 58 °C	
<i>TRI13</i>	TRI13NIV-F	CCAAATCCGAAAACCGCAG		308	Wisnewska et al., 2014
	TRI13NIV-R	TTGAAAGCTCCAATGTCGTG		Ta 55.5 °C	
<i>esyn1</i>	Esyn_1	GCCGTTGGCGAGCTGGTCAT		997	Wisnewska et al., 2014
	Esyn_2	GCAAAGCACGCGTCAACGCA		Ta 62.9 °C	
<i>esyn1</i> homologue	beas_1	TKGARCAGCGBCAYGAGACM		495	Wisnewska et al., 2014
	beas_2	GGWCGRGGGAARTCRGTDGG		Ta 55 °C	
<i>TRI3 3-AcDON</i>	TRI3F1325	GCATTGGCTAACACATGA		354	Wisnewska et al., 2014
	TRI3R1679	TT(AG)TAGTTTGCATCATT(AG)TAG		Ta 55 °C	
<i>TRI7</i>	TRI7F340	ATCGTGTACAAGGTTTACG		625	Wisnewska et al., 2014
	TRI7R965	TTCAAGTAACGTTTCGACAAT		Ta 51.9 °C	

<i>TRI3</i>	3CON	TGGCAAAGACTGGTTCAC	kopīgs visiem ķīmiskajiem tipiem <i>multiplex-PCR</i> kopā ar ķīmiskajam tipam specifisku praimeru		Starkey et al. , 2007; Ward et al., 2002
	3NA	GTGCACAGAATA TACGAGC	NIV	840 Ta 51.9 °C	
	3D15A	ACTGACCCAAGCTGCCAT C	15ADON	610 Ta 55.2 °C	
	D3A	CGCATTGGCTAACACATG-	3ADON	243 Ta 55 °C	
<i>TRI12</i>	12CON	CATGAGCATGGTGATGTC	kopīgs visiem ķīmiskajiem tipiem <i>multiplex-PCR</i> kopā ar ķīmiskajam tipam specifisku praimeru		Starkey et al. , 2007; Ward et al., 2002
	12NF	TCTCCTCGTTGTATCTG G	NIV	840 Ta 52.4 °C	
	12-15F	TACAGCGGTCGCAACTTC	15ADON	670 Ta 52.4 °C	
	12-3F	CTTTGGCAAGCCCGTGCA	3ADON	410 Ta 55 °C	

Piezīme: Ja praimeru pārim kalkulators uzrādīja Tm atšķirības lielākas kā 5 °C vai deģenerēto praimeru gadījumā, Ta norādīta 55 °C.