



LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE

AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS “AGRIHORTS”

Projekta

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

**Nr. Nr.10.9.1-11/24/1820-e
zinātniskā atskaite**

Projekta vadītājs: Maksims Fiļipovičs

Jelgava, 2024

Projekta izpildītāji:

LBTU Augu aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”:

Maksims Fiļipovičs, pētnieks, Mg. biol.

Inta Jakobija, pētniece, Mg. agr.

Regīna Rancāne, pētniece, Mg. agr.

Līga Zemeca, pētniece, Mg. biol.

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

Viktorija Zagorska, vadošā pētniece, Dr.sc.ing.

Aigars Šutka, pētnieks, Mg. agr.

Guna Bundzēna, Zinātniskā asistente, Mg. agr.

AREI Stendes pētniecības centrs Dižstendē

SATURS

Kopsavilkums	5
Ievads	6
1. Lauka izmēģinājumi auzu sējumos	8
1.1. Izmēģinājumu iekārtošanas, apstrādes un uzskaišu metodika auzu sējumos.....	8
Izmēģinājumu vieta un apstākļi	8
Mākslīgās inficēšanas metodika	13
Laukdīdzības novērtēšana.....	14
Lapu zaļā laukuma novērtēšana	15
Hlorofila satura (SPAD) mērījumi.....	15
Slimību uzskaites	15
Ražas novākšana, kvantitatīvo un kvalitatīvo parametru noteikšana.....	16
Datu statistiskā analīze.....	16
Augu aizsardzības pasākumu ekonomiskā pamatojuma aprēķināšana.....	16
1.2. Rezultāti un diskusija	16
1.2.1. Sēklu apstrādes izmēģinājums	16
1.2.2. Integrētais izmēģinājums auzu sējumā	19
1.2.3. Bioloģiskais izmēģinājums auzu sējumā	23
1.3. Secinājumi	26
2. Mikotoksīnu noteikšana	28
2.1. Mikotoksīnu analīžu veikšanas metodika	28
2.2. Mikotoksīnu analīžu rezultāti un diskusija.....	28
3. Siltumnīcas izmēģinājumi.....	31
3.1. Izmēģinājuma metodika	31
3.2. Rezultāti	34
4. Alternatīvo ierobežošanas metožu ekonomiskais un saimnieciskais pamatojums	37
4.1. Izmaksu aprēķins sēklu apstrādes, integrētajā un bioloģiskajā izmēģinājumā veiktajiem iekārtošanas pasākumiem.....	37
4.2. Bruto seguma aprēķins sēklu apstrādes izmēģinājumā.....	38
4.3. Bruto seguma aprēķins integrētajā izmēģinājumā	39
4.4. Bruto seguma aprēķins bioloģiskajā izmēģinājumā.....	40
4.5. Secinājumi un turpmākie uzdevumi alternatīvo augu aizsardzības metožu izpētē	41

5. Patogēno sēņu daudzveidības izpēte auzām	42
5.1. Metodika.....	42
5.2. Rezultāti	44
6. Rudzu patogēnu izpēte	46
6.1. Metodika rudzu dīgstu paraugu ievākšanai.....	46
Rudzu vārpās konstatētās bojājumu pazīmes.....	46
6.2. Metodika patogēno sēņu izdalīšanai no rudziem	47
6.3. Rezultāti	49
7.Literatūras saraksts.....	50

Kopsavilkums

2024. gadā (otrais pētījuma gads) LPTF LBTU Augu aizsardzības zinātniskais institūts turpināja pētījumus, 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.

Stendes pētniecības centrā Dižstendē iekārtoja trīs izmēģinājumus auzu sējumos, lai izvērtētu alternatīvu metožu pielietošanas iespējas auzu slimību (galvenais akcents uz *Fusarium* spp. patogēnu), ierobežošanai gan bioloģiskajos, gan integrētajos auzu sējumos (**1. projekta uzdevums**). Tāpat kā iepriekšējā sezonā, izmēģinājumu iekārtošanai izvēlējās auzu šķirni 'Lelde' kā sēklas materiālu. Divos izmēģinājumos mākslīgi inficēja augus ar iepriekšējos pētījumos iegūtiem un identificētiem *Fusarium* spp. izolātiem, lai izmēģinājumos nodrošinātu infekcijas fonu. 2024. gada veģetācijas perioda meteoroloģiskie apstākļi bija labvēlīgi slimību attīstībai, pretstatā 2023. gada sezonai.

Lai gan pirmās auzu lapu brūnplankumainības pazīmes parādījās agri, tomēr slimības attīstības pakāpe sēklu apstrādes izmēģinājumā visā veģetācijas perioda laikā noturējās zemā līmenī, līdzīgi kā 2023. gada sezonā un bez būtiskām atšķirībām starp variantiem. Tomēr variantā ar ķīmisku sēklas kodināšanu veģetācijas perioda vidū slimības izplatība bija viszemākā, salīdzinot ar pārējiem variantiem. Būtiski augstāku ražu ($4,42 \text{ t ha}^{-1}$) salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem ieguva sēklas apstrādes 7. variantā ar Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t). Savukārt ražas daudzums 4. variantā, kur bija veikta kombinēta sēklas un augsnes apstrāde ar mikrobioloģiskiem preparātiem, pārspēja ķīmiskās kodnes Kinto ietekmi uz ražas lielumu. Bactoforce un mikrobioloģisko preparātu piemērotība kā alternatīvai ķīmiskai kodnei, tomēr jāpierāda pēc vairāku sezonu pētījumu datiem.

Integrētajā izmēģinājumā tikai variantā, kur bija veikti smidzinājumi ar ķīmiskajiem fungicīdiem, slimības attīstības pakāpe bija būtiski zemāka par saimnieciskā nozīmīguma sliekšni (zem 5%) salīdzinājumā ar citiem variantiem. Šie rezultāti saskanēja ar 2023. gada rezultātiem. 2024. gada sezonā iegūtie dati parādīja, ka izmantotie mikroorganismus saturošie preparāti nesamazina auzu vainagrūsas attīstību. Tomēr augstāko ražu ($4,16 \text{ t ha}^{-1}$), kas pārspēja arī ķīmisko fungicīdu apstrādes variantā iegūto, konstatēja variantā, kur augi trīs reizes bija apstrādāti ar mikrobioloģiskajiem preparātiem.

Bioloģiskajā izmēģinājumā visos apstrādātajos variantos salīdzinājumā ar kontroli auzu lapas brūnplankumainības attīstības pakāpe bija zemāka, bet neatšķīrās būtiski. Jāturpina šo pasākumu turpmāka izpēte, lai iegūtu vairāk pa gadiem salīdzināmu rezultātu.

Pētījuma laikā 2024. gadā noteikts mikotoksīnu ZEN, T2, HT2, DON daudzums auzu graudos (**1. projekta uzdevums**). ZEN mikotoksīni auzu graudu paraugos konstatēti vien bioloģiskā izmēģinājuma 1.-4. variantā. Salīdzinoši lielāku ZEN daudzumu noteica ar mikrobioloģiskajiem preparātiem neapstrādātajā variantā. 2023. gadā savukārt ZEN netika konstatēti nevienā no trīs izmēģinājumu variantiem. T-2 un TH-2 mikotoksīni bija sastopami visu izmēģinājumu visos variantos. Savukārt DON konstatēja vien dažos bioloģiskā un integrētā

izmēģinājuma variantos. Visos mikotoksīnu konstatēšanas gadījumos to daudzums nepārsniedza likumdošanā noteikto devu.

Izmēģinājumu ierīkoja arī Agrihorts siltumnīcā ar mērķi noskaidrot slimības attīstību mākslīgi inficētajiem augiem kontrolētos apstākļos un aprobēt hiperspektrālās (turpmāk – HS) analīzes izmantošanu *Fusarium* ģints sēņu izraisīto slimību agrīnai noteikšanai (**2. projekta uzdevums**).

Lai skaidrotu auzu graudu kvalitāti negatīvi ietekmējošo un veselībai bīstamu mikotoksīnu veidojošo *Fusarium* ģints sēņu daudzveidību Latvijā, pārskata periodā turpināta kolekcijā saglabāto (vairāk nekā 500 *Fusarium* izolāti) izolātu daudzveidības raksturošana - turpināta sugu identifikācija un uzsākta toksīnus veidojošo genotipu noteikšana. Projekta laikā no rudzu dīgstiem izdalīti un saglabāti 586 sēņu izolāti, no rudzu vārpām – 624 izolāti. Konstatēta plaša sēņu daudzveidība. Tiek turpināts darbs pie DNS izdalīšanas, kā arī mikroskopēšanas. Nākamajā pētījuma periodā daļai rudzu izolātu plānota sugu identifikācija ar molekulārajām metodēm (**4. projekta uzdevums**).

Lai noskaidrotu sēņu daudzveidību rudzu sējumos (**1. un 4. projekta uzdevums**), turpināja rudzu sējumu monitoringu visos Latvijas novados, šajā pārskata periodā ievācot vārpu paraugus. Kopā, no visām monitoringā iekļautajām saimniecībām, ievāktas 1900 rudzu vārpas (100 no katras saimniecības). Uzsāka tīrkultūru iegūšana un kolekcijas saglabāšana tālākajiem pētījumiem. Pārskata periodā iegūti un saglabāti 250 sēņu izolāti, kas iegūti rudzu sējumu monitoringa laikā pirms ražas novākšanas.

Alternatīvo ierobežošanas metožu izvēles ekonomiskai un saimnieciskai pamatošanai aprēķināja Bruto segumu katram no izmēģinājumos veiktajiem pasākumiem (**3. projekta uzdevums**). Aprēķinu rezultātā iegūtā informācija liecināja, ka pozitīvas tendences alternatīvu atrašanai, kas varētu samazināt vai aizstāt ķīmisko fungicīdu lietošanu, ir atrodamas. Taču ir nepieciešami pētījumi vairāku veģetācijas periodu laikā, turklāt sezonās, kad augu slimību attīstība ir nozīmīga.

Ievads

Auzas (*Avena sativa* L.) un rudzi (*Secale cereale* L.) ir Latvijā populāri graudaugi gan audzētāju, gan patērētāju vidū. Līdz ar sabiedrības pieaugošu interesi par veselīgu uzturu, pieaug arī pieprasījums pēc produktiem, kas audzēti ar videi draudzīgām metodēm.

Izaicinājums ir graudaugu slimību ierobežošana ar videi draudzīgām metodēm, it īpaši bioloģiskajā saimniekošanas sistēmā. Slimību attīstība sējumos var negatīvi ietekmēt ne tikai ražas lielumu. Piemēram, *Fusarium* spp. veidotie mikotoksīni nozīmīgos daudzumos ir toksiski gan cilvēkiem, gan lauksaimniecības dzīvniekiem. Šādu graudu lietošana uzturā var radīt iekaisumus gremošanas sistēmā, negatīva ietekme ir arī uz aknu, sirds, smadzeņu, nieru un perifērās nervu sistēmas darbību.

Joprojām trūkst informācijas par patogēnu, piemēram, *Fusarium* spp. veidoto mikotoksīnu daudzumu auzu un rudzu graudos Latvijas apstākļos. Tāpat ir neskaidrs jautājums, kurā laikā un ar kādām metodēm iespējama efektīva fuzariozes ierobežošana auzu un rudzu sējumos.

LBTU zinātniskais institūts "Agrihorts" ar Zemkopības Ministrijas atbalstu 2020. gadā uzsāka pētījumu ar mērķi identificēt auzās sastopamos patogēnus. Šī projekta ietvaros turpinās iepriekš iegūto auzu patogēnu identifikācija. Tāpat rudzu slimības līdz šim noteiktas tikai lauka apstākļos (Bankina et al. 2013). Informācija par rudzu patogēnu daudzveidību integrētajos un bioloģiskajos sējumos Latvijā ir nepilnīga, nav veikti detalizēti un ilgstoši pētījumi. Tādēļ šī pētījuma ietvaros ir ievākti paraugi no Latvijas rudzu sējumiem un notiek to identifikācija.

2024. gadā turpināti iepriekš uzsāktie laboratorijas un lauka pētījumi. Iegūtā informācija par patogēno sēņu daudzveidību un sastopamo slimību ierobežošanas iespējām auzās un rudzos, turpmāk ļaus izvēlēties piemērotākos alternatīvos ierobežošanas līdzekļus un sniegt rekomendācijas zemniekiem augstvērtīgas ražas ieguvei.

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 izmēģinājumu 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

2024. 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.

Izmēģinājumi iekārtoti auzu šķirnē 'Lelde'. Integrētajā sējumā velēnu glejotā, mālsmilts augsne, pH 6.0-7.29; organisko vielu saturs 2.86%; kustīgais kālijs 109 mg kg⁻¹ (augsts); kustīgais fosfors 34.1 mg kg⁻¹ (zems), priekšaugi – vasaras mieži. Bioloģiskajā sējumā velēnu podzolētā mālsmilts augsne, pH 6.0, org. v. 2.34, K₂O-129.5-156 mg kg⁻¹, P₂O 205.2 - mg kg⁻¹, Mg 145.2mg kg⁻¹, priekšaugi – vasaras kvieši.

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

Integrētajā sējumā, kur ierīkots sēkļu apstrādes un integrētais izmēģinājums, pamatmēslojumam pirms sējas 1. maijā izmantots YaraMila NPK14-14-21 400 kg ha⁻¹, un AXAN N27-S5 130 kg ha⁻¹ (N35). Ārpussakņu mēslojums 13. jūnijā – NiCa 2 L ha⁻¹; KaSe 3 L ha⁻¹. Nezāles ierobežotas ar MCPA 750 1.0 L ha⁻¹ 5. jūnijā un Flurostar 180 0.6 L ha⁻¹ + Mezzo WG 0.02 kg ha⁻¹ 26. jūnijā. Smidzinājumi kaitēkļu ierobežošanai veikti 26. maijā ar Decis Mega 0.15 L ha⁻¹ un 11. jūnijā ar Teppeki 0.14 kg ha⁻¹. Nezāles bioloģiskajā laukā ierobežotas 14. maijā un 27. maijā ar rotējošām ecēšām Einböck.

Sēkļu/augsnes apstrādes un integrētās audzēšanas sistēmas izmēģinājumā sējas datums – 2. maijs, un bioloģiskajā sējumā – 29. aprīlis. Auzu izsējas norma integrētajā un sēkļu apstrādes izmēģinājumā – 400 dīgstošas sēklas uz kvadrātmetru (153 kg ha⁻¹), bioloģiskajā – 550 dīgstošas sēklas uz kvadrātmetru (344 kg ha⁻¹). Sēkļu/augsnes apstrādes izmēģinājumu lauciņu platība 1,7 x 7 m (12 m²), integrētajā izmēģinājumā – 2 x 12 m (24 m²) un bioloģiskajā – 1,2 x 10 m (12 m²).

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.

Izmēģinājumā izmatoto produktu aktīvās vielas un pielietojums

Preparāts	Darbīgā viela	Lietošanas mērķis	Apstrādātās auga daļas
Mikrobioloģiskais preparāts Nr.1	Subtimikss, Trihodermins, Vitmīns	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 amyloliguelfaciens</i> , 1x10 ⁹ katrs mikroorganisms		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
Bactoforce	<i>Bacillus mojavensis</i> MVY-007 (1,2x10 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	Mefentriplukonazols, 100 g/l, piraklostrobīns, 100 g/l	Auzu lapu brūnplankumainība, auzu vainagrūsa, graudzāļu miltrasa	Lapas
Orius 250 EW	Tebukonazols, 250 g/l	Auzu vainagrūsa, graudzāļu miltrasa, fuzarioze	Lapas, vārvas

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 – sēklu apstrādes izmēģinājums).

Informācija par veiktajiem pasākumiem sēklu apstrādes izmēģinājumā

Nr.	Variants	Deva, L vai kg/t vai ha	Sēklu 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).

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

Nr.	Variants	Deva, L vai kg/ha	A 03.06. AE 25- 31	B 07.06. AE 32- 37	C 10.06. AE 39	D 01.07. AE 60	E 04.07. AE 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 03.06. AE 21- 31	B 07.06. AE 32- 37	C 10.06. AE 39	D 01.07. AE 61	E 04.07. 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					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). Lai arī sējas datums integrētajā un bioloģiskajā sējumā bija atšķirīgs, augu attīstība abos izmēģinājumos bija līdzīga. A apstrādi izmēģinājumos veica cerošanas laikā AE 24-31, lai pasargātu augu lapas no primārās infekcijas, augu augšanas sākumā. B apstrādi veica stiebrošanas jeb laikā AE 32-37, kad augi stiepjās garumā un slimības izplatās no apakšējām lapām uz augšu. Savukārt C apstrādi veica (AE 39), lai pasargātu karoglapu. D apstrādi veica ziedēšanas sākumā, bet E apstrādi 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.

1.5. tabula

Meteoroloģiskie apstākļi smidzināšanas laikā

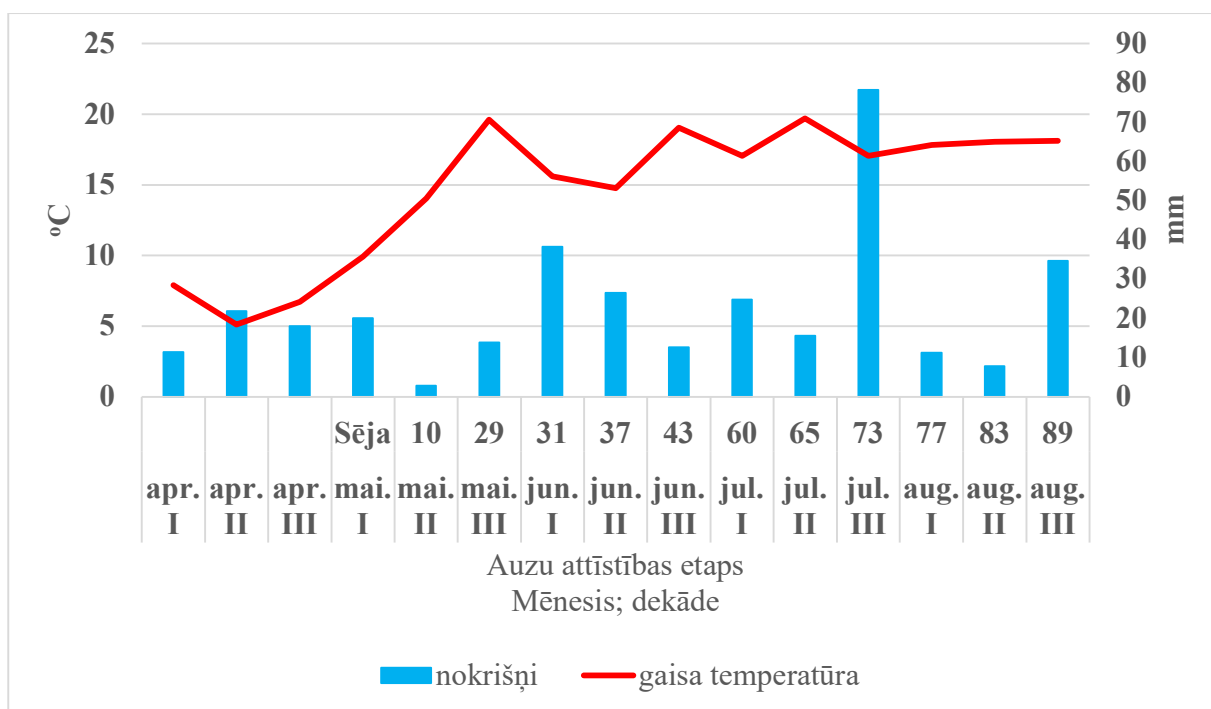
Noteiktais rādītājs	Datums					
	3.06.	7.06.	10.06.	1.07.	3.07. (mākslīgā inficēšana)	4.07.
Gaisa temperatūra, °C	16,6	15,4	14,5	18	15,2	16,6
Augsnes mitruma režīms	Mitra	Mitra	Sausa	Sausa	Sausa	Mitra
Relatīvais gaisa mitrums, %	90	68	77	93	91	75
Vēja ātrums (m/s)	2,2	3,1	4,5	3,1	2,7	3,6
Augu virsma	Sausa ar turgoru	Viegli mitri	Sausa ar turgoru	Sausa ar turgoru	Sausa ar turgoru	Sausa ar turgoru
Nokrišņi (mm) 6 h pēc apstrādes	0	0,4	0	5	1,2	0
Nokrišņi (mm) nedēļu pēc apstrādes	18,6	29,6	12,8	21,6	6,4	5,2

Ražu novāca 13. augustā visos trīs izmēģinājumos ar izmēģinājumu kombainu Wintersteiger Delta (aprīkots ar HarvestMaster™ Grain Gage®) kultūraugu gatavības fāzē, 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 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).

Meteoroloģiskie apstākļi 2024. gada veģetācijas periodā kopumā bija labvēlīgi ne tikai augu augšanai, bet arī slimību attīstībai. 2024. gada aprīlis bija silts (0.77 °C virs ilggadīgās klimatiskās normas) un par 34% mitrāks nekā ilggadīgajos novērojumos. 2024. gada maijā, salīdzinot ar

iepriekšējo gadu (2023. gada maijs bija sausākais visā novērojumu vēsturē), mitruma apstākļi bija labvēlīgāki iesēto auzu veiksmīgai sadīgšanai. Nokrišņu daudzums maijā sasniedza 36.6 mm jeb 80% no normas. Arī gaisa temperatūra maija mēnesī kopumā bija normas robežās. 2024. gada jūnijā bija pietiekoši mitruma apstākļi (tuvu ilggadīgo novērojumu datiem) normālai auzu augšanai, taču veicināja arī lapu plankumainību attīstību. Jūnijā bija novērojami vairāki karstuma periodi, kas mijās ar vēsākām naktīm. Kopumā vidējā gaisa temperatūra jūnija mēnesī bija nedaudz virs ilggadīgās normas (+1.76 °C). Jūnija pirmajā dekādē nolija puse no visa mēneša nokrišņiem (38.2 mm) un kopējais mitruma daudzums šajā mēnesī par 5.8 mm pārsniedza ilggadīgo normu (skat. 1.2.att.).



1.2. attēls. Meteoroloģiskie apstākļi 2024. gada veģetācijas periodā. Dati no Stendes HMS.

Gaisa temperatūra jūlijā bija ilggadīgās normas robežās. Nokrišņu daudzums mēneša pirmajās dekādēs bija neliels, taču trešajā jūlija dekādē nolija visa mēneša norma (78.2 mm), tādējādi pārsniedzot kopējo ilggadīgo jūlija nokrišņu normu par 50%. Kopumā mitruma apstākļi auzu ziedēšanas un graudu veidošanās laikā (AE 60-77) bija labvēlīgi gan augu, gan vārpu slimību attīstībai. Augusta gaisa temperatūru varēja salīdzināt ar jūnijā novēroto – karstas dienas un vēsas naktis. Kopumā gaisa temperatūra bija par 1 °C augstāka nekā parasti, taču nokrišņu daudzums – par 64% mazāks nekā ilggadīgi novērotais.

Mākslīgās inficēšanas metodika

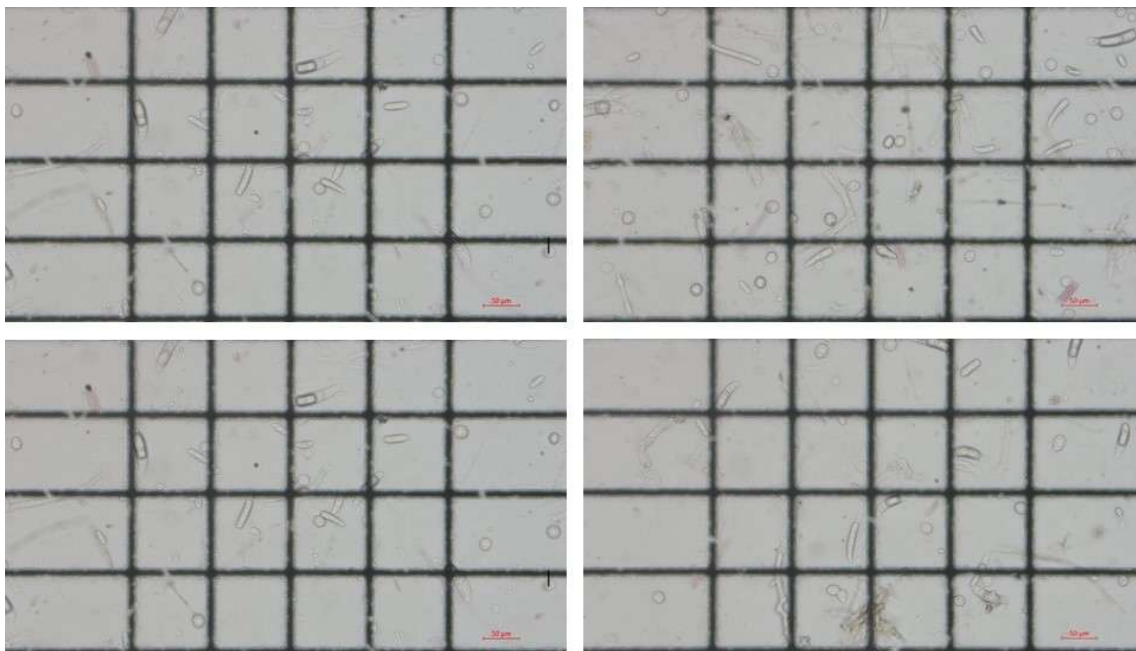
Mākslīgo inficēšanu ar *Fusarium* ģints sēnēm, kas ir potenciālas mikotoksīnu veidotājas, integrētajā un bioloģiskajā izmēģinājumā veica 3. jūlijā auzu ziedēšanas laikā (AE 65-69) – infekcijas materiāla sagatavošanas dienā. Pirms inficēšanas izmēģināju nosmidzināja ar ūdeni (300 L ha⁻¹), labvēlīgu apstākļu 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 četrcārtīgi 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.). Kopumā ieguva 500 mL inficēšanas šķidrumu ar KVV $210 \cdot 10^5$ 1mL^{-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., $17 \cdot 10^5$ 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

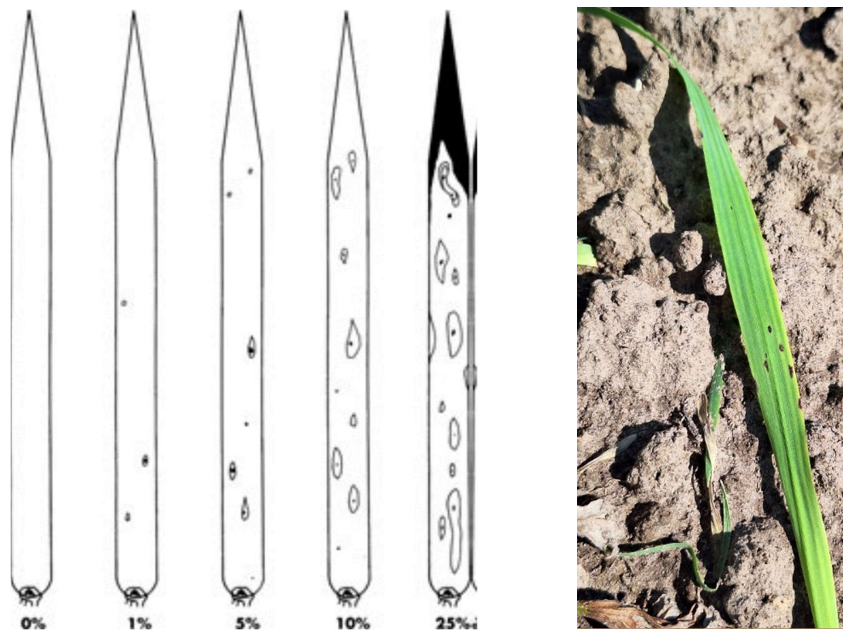
Lapu zaļās virsmas laukumu vērtēja uz 10 randomizēti izvēlētu augu karoglapām (F1) un uz otrās lapas (F2) katrā lauciņā. Noteica vizuāli %-os. Uzskaiti veica vienu reizi sezonā auzu piengatavības beigās – dzeltengatavības sākumā (AE 75-85).

Hlorofila saturs (SPAD) mērījumi

Mērījumus veica ar rokas atLeaf hlorofila mērītāju (kas apraksta augu veselību, pamatojoties uz hlorofila saturu lapās) (atLeaf, 2023). Veica ziedēšanas sākumā uz 10 nejauši izvēlētu augu karoglapām katrā lauciņā.

Slimību uzskaites

Lai novērtētu mikrobioloģisko preparātu un sintētisko fungicīdu stratēģiju, kā arī potenciālo sēkļu apstrādes efektivitāti lapu slimību ierobežošanai, visos 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 mezglā 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 agražai piengatavībai (AE 73). Pirmā uzskaite 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 HarvestMaster™ 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 izmaksas iekļauti izdevumi par degvielu un tehnikas amortizāciju. Bruto segums visiem izmēģinājumu variantiem pārrēķināts uz 1 ha lauksaimniecības zemes un izteikts Euro valūtā bez PVN.

1.2. Rezultāti un diskusija

1.2.1. Sēklu apstrādes izmēģinājums

Laukdīdzība

Laukdīdzība noteikta 21. maijā. Sadīgušo augu skaits kontrolē vidēji bija 32 uz 1 m garā rindiņā, līdzīgi kā sēklu apstrādes variantos (31-33). Būtiskas atšķirības starp variantiem netika konstatētas. Tas nozīmē, ka sēklu apstrādes ietekme uz sadīgšanu netika konstatēta, līdzīgi kā iepriekšējā 2023. gada sezonā.

¹ <https://new.llkc.lv/lv/nozares/ekonomika/bruto-segumi>, skat.08.11.2024

Hlorofila saturs

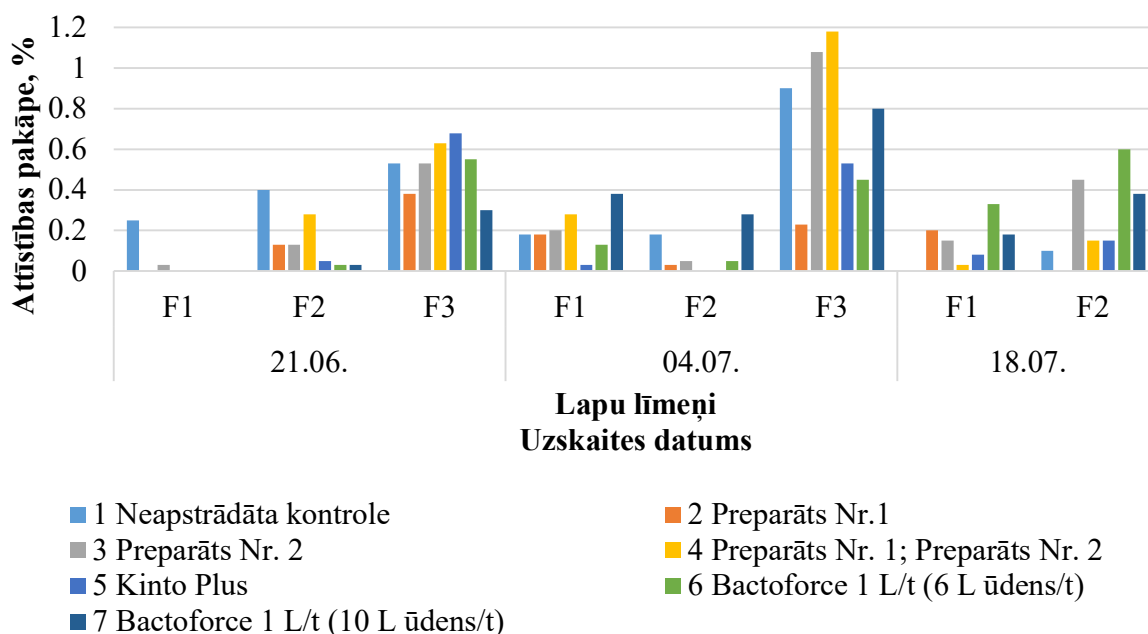
Hlorofila saturs noteikts 29. jūnijā, un tas bija līdzīgs visos variantos (49-50 SPAD vienības), ieskaitot kontroli.

Lapu zaļais laukums

Lapu zaļo laukumu novērtēja 24. jūlijā auzu piengatavības vidū. Kontrolē karoglapas (F1) zaļais laukums bija 68%, apstrādātajos variantos 59-67%, bez būtiskas atšķirības starp variantiem. Uz otrās lapas (F2) kontrolē savukārt zaļais laukums bija 79%, apstrādātajos variantos (78-85%) būtiskas atšķirības salīdzinājumā ar kontroli nekonstatēja. Tomēr ar ķīmisko kodni, Bactoforce ar lielāko devu un ar preparātu Nr.2 (augšnes apstrāde) apstrādātajos variantos lapu zaļais laukums (85%) bija būtiski lielāks nekā 2. variantā (preparāts Nr.2 sēklas apstrāde). Šajā gadījumā 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.

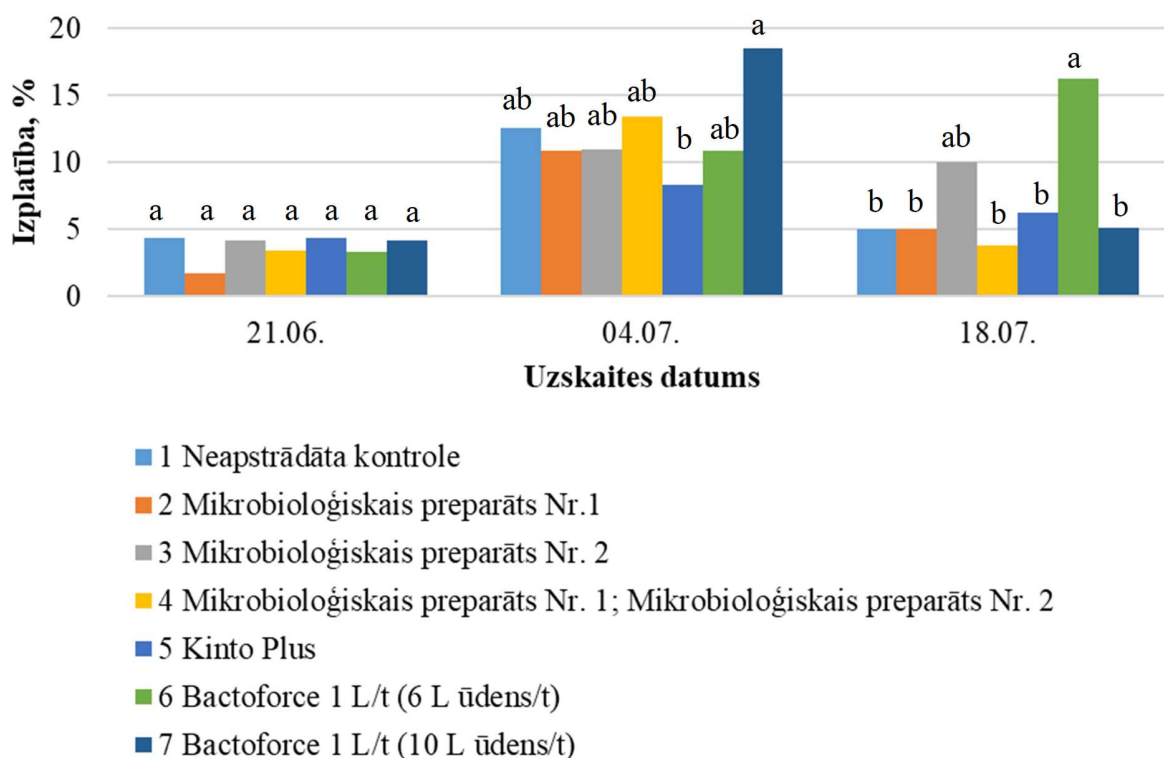
Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe izmēģinājumā

Pirmās auzu lapu brūnplankumainības pazīmes konstatēja ļoti agri (jūnija sākumā auzu otrā mezgla attīstības laikā (AE 32)), ja salīdzina ar iepriekšējo veģetācijas periodu, kad pirmās slimību pazīmes uz lapām parādījās tikai jūlija beigās auzu agrās piengatavības (AE 73) laikā. Slimības izplatība kontroles lauciņos pirmās uzskaites laikā 7. jūnijā variēja no 0-6.7% un vidējā attīstības pakāpe nesasniedza pat 1%. Lai gan pirmās lapu plankumainības pazīmes parādījās agri, tomēr slimības attīstības pakāpe visā veģetācijas perioda laikā noturējās zemā līmenī, līdzīgi kā 2023. gada sezonā. Lai gan attīstības pakāpe starp dažādiem variantiem variēja, taču būtiskas atšķirības starp tiem netika konstatētas (skat. 1.5. att.).



1.5. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe uz dažādiem lapu līmeņiem sēklu apstrādes izmēģinājumā. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa, F3 – trešā lapa.

Savukārt, analizējot auzu lapas brūnplankumainības izplatības datus, redzams, ka 4. jūlija uzskaites laikā tā ir būtiski zemāka ar ķīmisko kodni Kinto Plus apstrādātajā variantā (dažādi burti pie datu stabiņiem apzīmē būtiskas atšķirības), salīdzinot ar Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t), taču būtiski neatšķiras no kontroles un citiem variantiem (skat. 1.6.att.). Arī 2023. gadā šajā izmēģinājumā sēklas kodināšana ar Kinto plus parādīja līdzīgu tendenci auzu lapu brūnplankumainības samazināšanā salīdzinājumā ar citiem variantiem. Izplatības samazināšanās pēdējās uzskaites laikā skaidrojama ar trešās lapas atmiršanu, uz kuras bija vērojama lielākā slimības sastopamība. Kopumā, arī šajā sezonā, auzu lapu brūnplankumainības attīstība bija nepietiekama, lai varētu izdarīt konkrētus secinājumus par veikto pasākumu ietekmi uz šīs slimības attīstību.



1.6. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības izplatība sēklu apstrādes izmēģinājumā.

Jūlija sākumā kontroles variantā uz atsevišķām apakšējām lapām konstatēta auzu vainagrūsa ar nelielu izplatību (2.5%). Nozīmīga rūsas attīstība turpmākajā periodā netika novērota, to konstatēja vēl atsevišķos variantos ar izplatību no 2.5 -7.5%. Vārpu fuzariozes pazīmes uz skarām nebija vērojamas.

Ražas rezultāti

Ražu izmēģinājumā vāca 13. augustā. Kopumā izmēģinājumā auzu ražība variēja no 3,94 t ha⁻¹ kontrolē līdz 3,96-4,42 t ha⁻¹ sēklu/augsnes apstrādes variantos. Būtiski augstāku ražu – 4,42 t ha⁻¹ salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem ieguva sēklas apstrādes 7. variantā ar Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t) (skat. 1.6.tab.). Tomēr neatpalika arī ražas daudzums 4.variantā, kur bija veikta kombinēta sēklas un augsnas apstrāde, pārspējot ķīmiskās kodnes Kinto ietekmi uz ražas lielumu. Turpretī 2023. gadā būtiskas atšķirības starp variantiem nekonstatēja. Arī šogad

būtiskas starpības starp variantu ietekmi uz dažādiem graudu kvalitātes rādītājiem nekonstatēja. Tomēr būtiski augstāks tauku saturs konstatēts ar Bactoforce apstrādātajos graudos, salīdzinājumā ar ķīmisko kodni un Preparātu Nr. 1 apstrādātajos graudos, bet neatšķirās no kontroles tauku satura (skat. 1.6.tab.). Vai Bactoforce būtu ieteicams kā alternatīvas līdzeklis ķīmiskai kodnei, tomēr jāpierāda pēc vairāku sezonu pētījumu datiem.

1.6. tabula.

Ražas parametri sēklu apstrādes izmēģinājumā

Variants	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopprot eīns, %	Ciete, %	Tilpums masa, kg hl ⁻¹	β - glikāns, %	Tauki, %
1 Neapstrādāta kontrole	3,94 b	27,38	13,77 ab	43,93 a	46,00 a	3,30 a	6,20 ab
2 Preparāts Nr.1 (sēkla)	3,96 b	28,35	13,70 bc	43,60 a	46,00 a	3,29 a	5,78 b
3 Preparāts Nr. 2 (augšne)	4,05 b	28,24	13,27 d	43,50 a	46,59 a	3,33 a	6,20 ab
4 Preparāts Nr. 1 (sēkla); Preparāts Nr. 2 (augšne)	4,20 ab	28,57	14,04 a	44,62 a	46,55 a	3,27 a	6,18 ab
5 Kinto Plus	3,96 b	27,34	13,39 cd	43,91 a	44,47 a	3,28 a	5,81 b
6 Bactoforce 1 L/t (6 L ūdens/t)	4,10 b	27,80	13,45 bcd	43,64 a	46,04 a	3,37 a	6,51 a
7 Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t)	4,42 a	28,63	13,75 ab	43,63 a	46,56 a	3,31 a	6,34 a

1.2.2. Integrētais izmēģinājums auzu sējumā

Laukdīdzība

Laukdīdzība noteikta 24. maijā. Sadīgušo augu skaits visos variantos svārstījās no 41-43 augiem uz 1 metru garu rindu. Būtiski labāk sadīgušas auzas bija 4. variantā lauciņos salīdzinājumā ar 2. variantu, taču rezultāti ar kontroles lauciņiem bija līdzīgi. Tomēr šajā izmēģinājumā laukdīdzību dziļāk analizēt nebija nepieciešams, jo atšķirīgi pasākumi pa variantiem vēl nebija veikti.

Hlorofila saturs

Hlorofila saturs noteikts 29. jūnijā. Lielākais hlorofila saturs, salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem, konstatēts 3. variantā (48,27 SPAD vienības), kas bija apstrādāts ar mikrobioloģisko preparātu Nr.2 ziedēšanas sākumā. Tomēr būtiskas atšķirības starp variantiem un kontroli nekonstatēja tāpat kā iepriekšējā sezonā.

Lapu zaļais laukums

Lapu zaļais laukums integrētajā izmēģinājumā novērtēts 24. jūlijā auzu piengatavības vidū. Kontrolē karoglapas zaļais laukums vidēji bija tikai 35% (2023. gadā – 87%) bez būtiskas atšķirības starp variantiem. Līdzīgi rezultāti iegūti arī uz 2. lapas (F2) – lapu zaļais laukums

svārstījās no 28-48% atkarībā no varianta un no kontroles būtiski neatšķīrās tāpat kā iepriekšējā sezonā.

Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe izmēģinājumā

Pirmās auzu lapu brūnplankumainības pazīmes 2024. gada sezonā parādījās samērā agri, jau jūnija sākumā. Savukārt 2023. gada vēso un sauso laika apstākļu ietekmē auzu lapu brūnplankumainības pirmās pazīmes parādījās vēlū – jūnija beigās.

7. jūnijā pirms smidzinājumu uzsākšanas auzu lapu brūnplankumainības izplatība kontroles lauciņos variēja no 16-30%, taču ar zemu attīstības pakāpi no 0.23-0.87%. Nākamajā uzskaites reizē pēc 2 nedēļām (21. jūnijā, karoglapas maksts piebriešana līdz skaras izvirzīšanās par 30% jeb AE 43-53) vecākās lapas bija atmirušas un izplatība variantos variēja no 5-9% un slimības attīstības pakāpe joprojām bija neliela (skat. 1.7.tabulā).

Pirmās būtiskās atšķirības starp variantiem parādījās 4. jūlijā (ziedēšanas vidus līdz beigās 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). Būtiski zemāka slimības attīstības pakāpe bija vērojama variantā, kur 10. jūnijā bija smidzināts fungicīds Balaya (skat. 1.7. tabulā). Starp pārējiem variantiem būtiskas slimības attīstības pakāpes atšķirības pa lapu līmeņiem nekonstatēja, taču kopējā slimības attīstības pakāpe 3. variantā bija būtiski zemāka nekā kontrolē (skat. 1.7. tabulā), taču ņemot vērā, ka smidzinājums ar mikrobioloģisko preparātu Nr. 4 šajā variantā tika veikts tikai 3 dienas pirms uzskaites, tā varēja būt arī nejauša sagādīšanās.

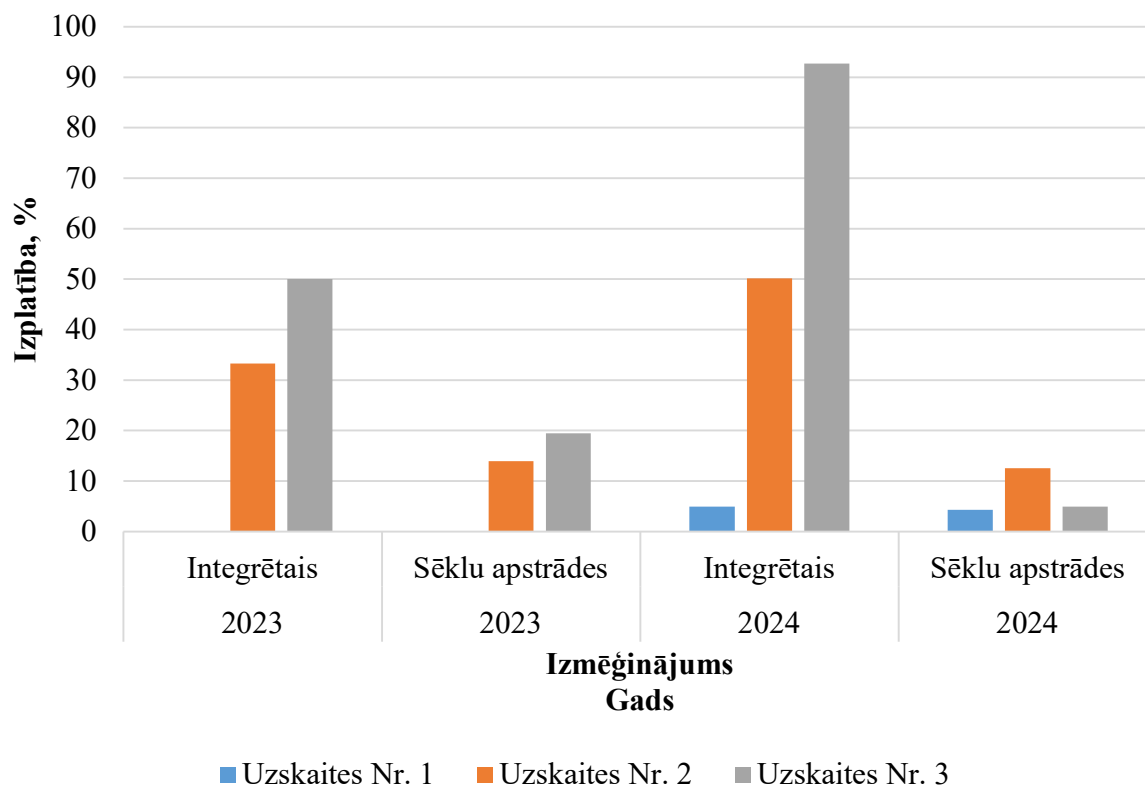
1.7. tabula.

Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe (%) integrētajā izmēģinājumā.

Variants	Uzskaites datums un lapu līmeņi (F1 karoglapa, F2 - otrā lapa, F3 -trešā lapa, F1,2,3 un F1,2 - uz visām lapām)										
	21.06.				04.07.				18.07.		
	F1	F2	F3	F1,2,3	F1	F2	F3	F1,2,3	F1	F2	F1,2
1 Neapstrādāta kontrole	0,03 a	0,55 a	0,13 bc	0,23 ab	1 a	2,55 a	6,03 a	3,2 a	6,05 a	8,68 a	7,36 ab
2 Preparāts Nr. 3	0,28 a	0,3 ab	0,58 ab	0,38 a	1,13 a	1,7 a	5,57 a	2,65 ab	5,1 a	8,9 a	7 ab
3 Preparāts Nr. 4	0,18 a	0,28 ab	0,05 c	0,17 ab	0,48 ab	1,7 a	4,19 a	1,94 b	5,45 a	9,53 a	7,49 ab
4 Preparāts Nr. 4	0,03 a	0,35 ab	0,78 a	0,38 a	0,58 ab	1,63 a	4,43 a	2,39 ab	6,23 a	10,38 a	8,3 ab
5 Preparāts Nr. 3, Preparāts Nr. 4	0,03 a	0,43 ab	0,43 abc	0,29 ab	0,6 ab	1,6 a	4,96 a	2,43 ab	4,63 a	8,03 a	6,33 b
6 Balaya, Orius 250 EW	0 a	0,18 ab	0,08 c	0,08 b	0,13 b	0,15 b	1,37 b	0,24 c	0,8 b	0,55 b	0,68 c
7 Polyversum	0,03 a	0,03 b	0,28 bc	0,11 b	0,7 ab	2,4 a	4 a	2,48 ab	6,58 a	10,25 a	8,91 a

Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe integrētajā izmēģinājumā jūlijā turpināja pieaugt, un piengatavības sākumā (AE 73) 18. jūlijā sasniedza 7% un vairāk. Tikai variantā, kur bija veikti smidzinājumi ar ķīmiskajiem fungicīdiem, slimības attīstības pakāpe bija būtiski zemāka salīdzinājumā ar citiem variantiem. Šie rezultāti saskan ar pagājušā gada rezultātiem, kur tieši sintētiskie fungicīdi nodrošināja labāku auzu aizsardzību pret brūnplankumainību. Savukārt 5. variantā (mikrobioloģiskais preparāts Nr.3 un Nr.4) slimības attīstības pakāpe šajā laikā bija būtiski zemāka nekā 7. variantā (Polyversum 2 reizes), lai gan būtiski neatšķīrās no kontroles varianta.

Ja salīdzina auzu lapu brūnplankumainības izplatību 2024. gada sezonā ar 2023. gadu, tad var secināt, ka šī gada meteoroloģiskie apstākļi bijuši labvēlīgāki slimības attīstībai (skat. 1.7.att.).

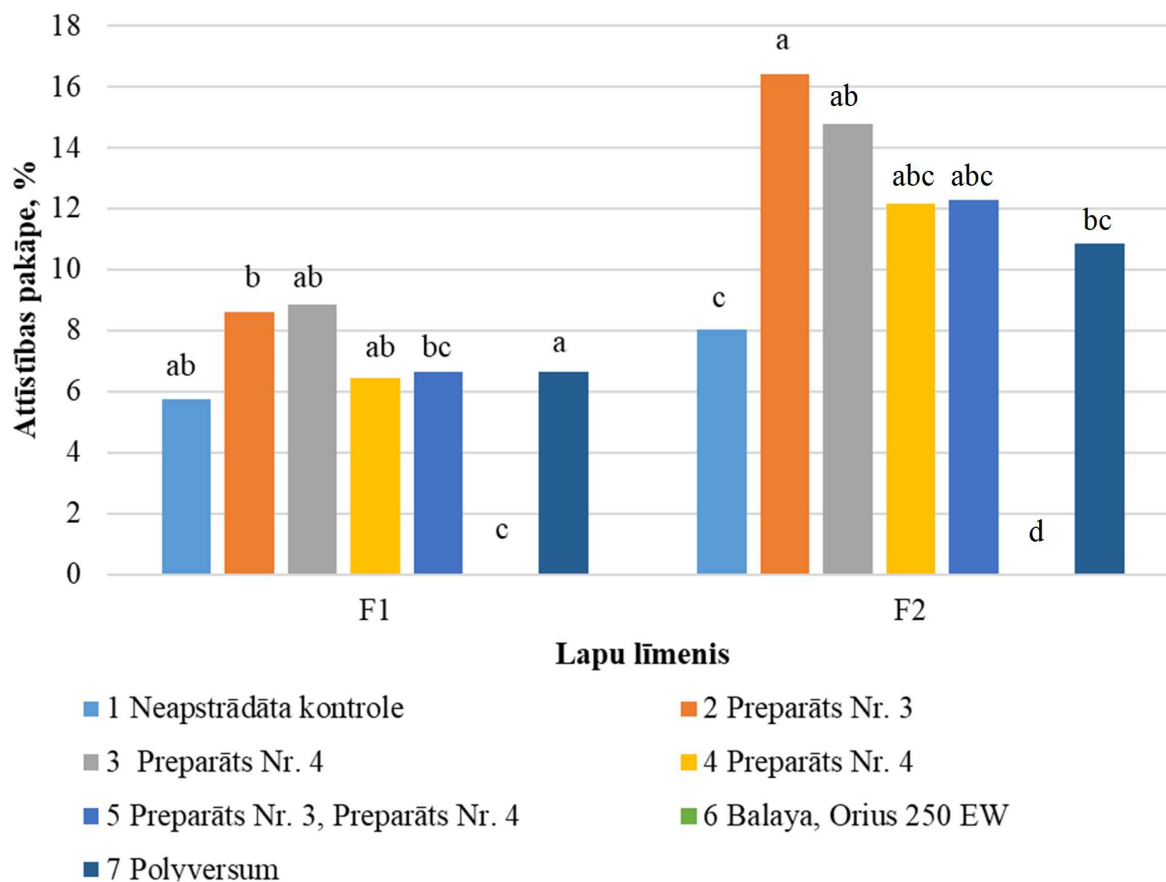


1.7. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības izplatība integrētā un sēklu apstrādes izmēģinājumu kontroles variantā 2023. un 2024. gadā.

Pirmās auzu vainagrūsas (*Puccinia coronata*) pazīmes uz auzu lapām (skat. 1.8. att.) integrētajā izmēģinājumā novērotas 4. jūlijā (2023. gadā – 25. jūlijā) un slimības izplatība bija neliela – 0-15.83% atkarībā no varianta un ar nelielu attīstības pakāpi. Tomēr, atšķirībā no iepriekšējā gada, rūsas attīstības turpinājās un sasniedza nozīmīgu attīstības pakāpi (skat.1.9.att.) un izplatību (0-100 % atkarībā no izmēģinājuma lauciņa).



1.8. attēls. Augšpusē - auzu lapu brūnplankumainība, apakšpusē - auzu vainagrūsa.



1.9. attēls. Auzu vainagrūsas attīstības pakāpe integrētajā izmēģinājumā 18.07.2024. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa

Kā redzams 1.9. attēlā, variantā, kur smidzinājumi veikti ar ķīmiskas izcelsmes fungicīdiem, rūsa neparādījās vispār, bet varianti ar mikroorganismu saturošu preparātu lietošanu tās attīstības pakāpe bija augsta. Tas nozīmē, ka konkrētie izmēģinātie alternatīvie preparāti nav bijuši pietiekoši efektīvi auzu vainagrūsas ierobežošanai.

Ražas rezultāti

Ražu izmēģinājumā vāca 13. augustā. Atkarībā no varianta auzu raža bija robežās no 3,68 līdz 4,16 t ha⁻¹. Iepriekšējā gada raža bija zemāka (2,81-3, t ha⁻¹), bez būtiskas atšķirības starp variantiem. Taču šogad parādījās arī būtiskas atšķirības starp variantiem (skat.1.7. tab., atšķirīgi burti pie rezultāta parāda būtisku atšķirību). Kā redzams tabulā, būtiski augstāku ražu ieguva 3., 5. un 6. variantā, tas nozīmē, ka šajos variantos veiktie pasākumi bijuši efektīvi. Vai tie izrādīsies arī saimnieciski un ekonomiski pamatojami, parādīs bruto seguma aprēķins (skat. 7. nodaļā).

Būtiski pozitīva veikto pasākumu ietekme uz proteīna saturu graudos salīdzinājumā ar kontroli un dažiem apstrādes variantiem konstatēta 6. (ķīmiski sintezētie fungicīdi) un 7. (Polyversum, mikroorganismus saturošs līdzeklis) variantā, kas savā starpā būtiski neatšķiras. Tomēr jāatzīmē, ka ražas lielums 6. variantā tomēr bija būtiski lielāks nekā 7. variantā. Tāds

svarīgs graudu kvalitāti un cenu noteicošs rādītājs, kā tilpummasa, diemžēl būtiski neatšķirās starp variantiem tāpat kā iepriekšējā sezonā.

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. (*Der zināt, ka auzu beta-glikāni palīdz samazināt un/vai regulēt holesterīna un glikozes līmeni asinīs.*) Preparāts Nr.3 uzrādīja labus rezultātus arī ietekmē uz tauku saturu (skat. 1.7.tab.). Tā kā šādi rezultāti iegūti pirmo gadu (ierieks neparādījās būtiskas atšķirības starp kontroli un citiem variantiem), ir nepieciešami vairāku gadu rezultāti, lai varētu ieteikt konkrētas alternatīvas ķīmiskajiem fungicīdiem.

1.7. tabula

Ražas parametri integrētajā izmēģinājumā

Variants	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopprot eīns, %	Ciete, %	Tilpum masa, kg hl ⁻¹	β - glikāns, %	Tauki, %
1 Neapstrādāta kontrole	3,68 b	27,20	12,77 bc	44,78 ab	47,05 a	3,33 b	5,47 c
2 Preparāts Nr.3	3,69 b	27,65	12,78 bc	42,88 b	48,12 a	3,44 a	6,55 a
3 Preparāts Nr. 4	4,14 a	28,56	13,10 ab	45,26 a	48,99 a	3,33 ab	5,30 c
4 Preparāts Nr. 4	3,88 ab	29,85	12,66 c	44,96 a	48,92 a	3,35 ab	6,12 ab
5 Preparāts Nr. 3 un Preparāts Nr. 4	4,16 a	29,35	12,82 bc	44,74 ab	49,46 a	3,32 ab	5,81 bc
6 Balaya, Orius 250 EW	4,11 a	28,43	13,31 a	44,37 ab	48,55 a	3,44 a	5,78 bc
7 Polyversum	3,76 b	27,78	13,25 a	44,04 ab	48,41 a	3,25 b	6,33 ab

1.2.3. Bioloģiskais izmēģinājums auzu sējumā

Laukdīdzība

Laukdīdzība noteikta 21. maijā. Sadīgušo augu skaits uz 1 m rindas bija robežās no 54-60 atkarībā no varianta. Lielāks augu skaits, salīdzinājumā ar sēklu un integrēto izmēģinājumu, skaidrojams ar lielāku izsējas normu.

Lapu zaļais laukums

Lapu zaļais laukums bioloģiskajā izmēģinājumā novērtēts 24. jūlijā. Lielākais zaļais laukums uz karoglapas (48%), konstatēts 5. variantā (divas reizes apstrāde ar mikrobioloģiskajiem preparātiem Nr.3 un 4) – kontrolē savukārt tas bija 39%. Arī uz otrās lapas šajā variantā zaļais laukums lielāks (42%), nekā kontrolē (35%). Tomēr lielākais zaļais laukums uz otrās lapas konstatēts 3.variantā (49%), kur apstrāde veikta vienu reizi ar mikrobioloģisko preparātu Nr. 4. Būtiskas atšķirības starp variantiem arī šajā gadā nekonstatēja.

Hlorofila saturs

Hlorofila saturs auzu lapās 29. jūlijā apstrādātajos variantos bija 46.42-48.47, bet kontrolē – 46.01 SPAD vienības bez būtiskas atšķirības starp variantiem un kontroli.

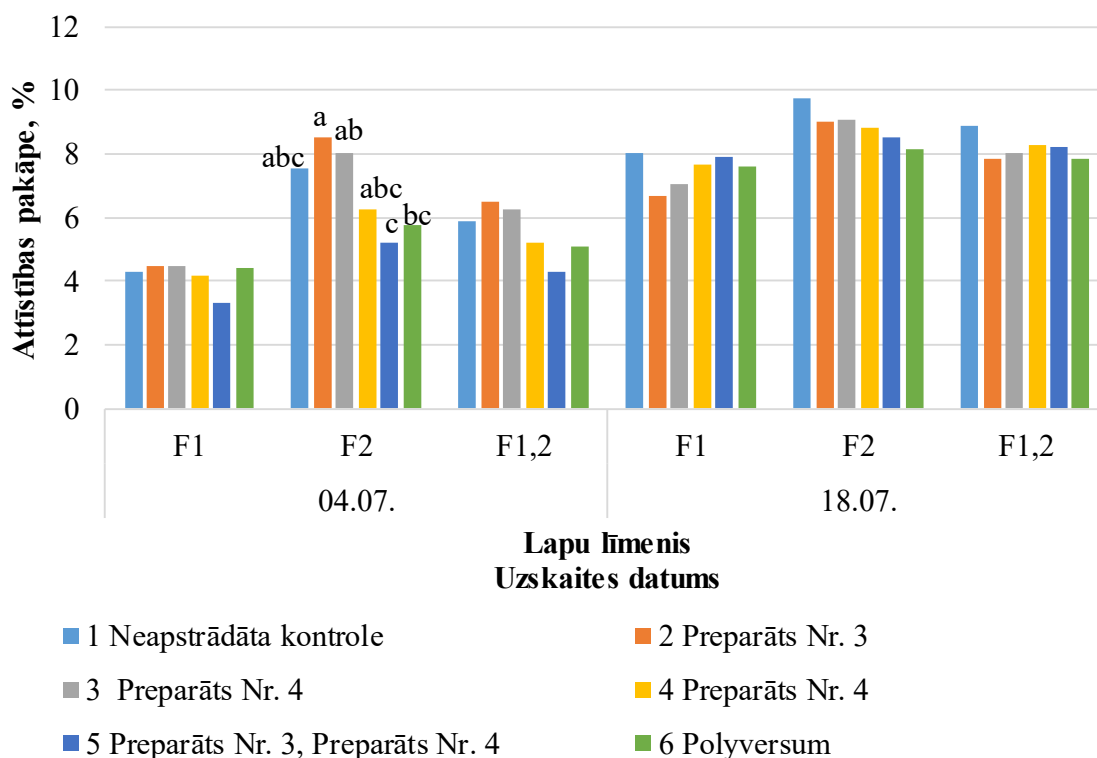
Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe izmēģinājumā.

Bioloģiskajā izmēģinājumā auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe un izplatība 2024. gadā bija ievērojami augstāka, nekā iepriekšējās 2023. gada sezonas laikā (attīstības pakāpe nepārsniedza 1%). Tas šogad ļāva izdarīt pirmos secinājumus par veikto pasākumu efektivitāti auzu lapu brūnplankumainības ierobežošanā.

Pirmās slimības pazīmes parādījās jau jūnija sākumā un, uzskaitē pirms pirmā smidzinājuma, brūnplankumainības izplatība sasniedza 34%, bet ar nelielu attīstības pakāpi (0.74%). Lai gan meteoroloģiskie apstākļi jūnija pirmajā pusē bija labvēlīgi auzu brūnplankumainības infekcijai, strauja attīstība netika novērota. Nākamajā uzskaitē pēc 2 nedēļām slimības izplatība uz 3. lapas svārstījās ap 30%, uz augšējām lapām izplatība nerasniedza 20%. Arī slimības attīstības pakāpe nebija pieaugusi, salīdzinājumā ar pirmo uzskaiti. Šo faktu var izskaidrot ar to, ka pietiekošais mitrums veicināja strauju augu augšanu un infekcija no apakšējām lapām nespēja nokļūt uz augšu.

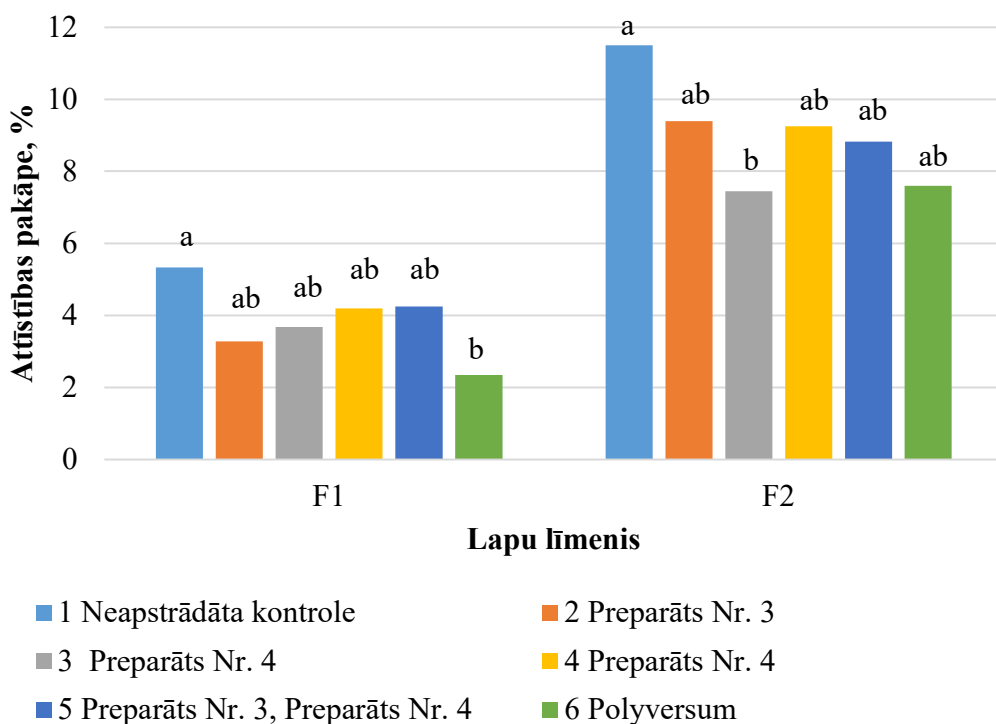
Tomēr, jau pēc 2 nedēļām (14. jūlijā) auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe bija sasniegusi agronomiski nozīmīgu līmeni (virs 5%) (skat. 1.10. att.). Vairumā gadījumu atšķirības starp variantiem nebija būtiskas, taču parādījās tendence, ka preparātu Nr.3 un Nr.4 kombinēšana un apstrāžu atkārtošana 3 reizes (5. variants) parādīja pozitīvu ietekmi slimības attīstības samazināšanā uz 2. lapas. Te gan jāpiebilst, ka atšķirība starp 5. variantu un kontroli nebija būtiska.

Pēdējā uzskaites reizē visos apstrādātajos variantos salīdzinājumā ar kontroli slimības attīstības pakāpe bija zemāka (skat. 1.10.att.), bet ne statistiski būtiski.



1.10. attēls. Auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe bioloģiskajā izmēģinājumā. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa, F1,2 – uz abiem lapu līmeņiem.

2024. gadā tāpat kā integrētajā auzu sējumā, arī bioloģiskajā – auzu vainagrūsa bija sastopama biežāk nekā 2023. gada veģetācijas periodā. Pirmās pazīmes parādījās jūlija sākumā, un jūlija otrajā pusē rūsas attīstības pakāpe bija sasniegusi nozīmīgu līmeni (skat. 1.11. att.). Būtiskas slimības attīstības pakāpes atšķirības starp variantiem 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. Līdzīgi rezultāti iegūti analizējot rūsas attīstības pakāpes datus uz auzu otrā lapu līmeņa. Būtiski zemāka slimības attīstības pakāpe salīdzinājumā ar kontroli uz otrās lapas (F2) konstatēta 3. variantā (Preparāts Nr.4) (skat. 1.11. att.).



1.11. attēls. Auzu vainagrūsas attīstības pakāpe bioloģiskajā izmēģinājumā 18.07.2024. F1 – karoglapa, F2 – otrā lapa.

Ražas rezultāti

Ražu izmēģinājumā vāca 13. augustā. Kopumā izmēģinājumā auzu ražība bija zemāka (kontrolē 2,12 t ha⁻¹) nekā pagājušajā gadā (kontrolē 2,59 t ha⁻¹). Tas visticamāk skaidrojams ar nezāļainības ietekmi uz auzu attīstību. Lielākā raža (2,3 t ha⁻¹) iegūta variantā ar divreizēju apstrādi ar mikrobioloģiskiem preparātiem (skat. 1.8.tab.), bez būtiskas atšķirības starp kontroli un vairumu variantu. Tikai 4. variantā raža bija būtiski zemāka par šo variantu, bet neatšķīrās no pārējiem variantiem.

Ražas parametri bioloģiskajā izmēģinājumā

Variants	Raža, t ha ⁻¹	1000 graudu masa, g	Kopprot eīns, %	Ciete, %	Tilpums masa, kg hl ⁻¹	β - glikāns, %	Tauki, %
1 Neapstrādāta kontrole	2,12 ab	27,44 a	11,55 b	44,11 ab	42,79 abc	3,29 ab	5,90 b
2 Preparāts Nr.3	2,21 ab	27,00 a	11,64 ab	42,72 c	42,14 c	3,33 a	6,05 b
3 Preparāts Nr. 4	2,12 ab	27,45 s	11,60 ab	43,56 bc	43,12 ab	3,26 b	6,27 ab
4 Preparāts Nr. 4	2,02 b	27,76 a	11,58 ab	44,57 a	42,62 abc	3,26 b	5,77 b
5 Preparāts Nr. 3 un Preparāts Nr. 4	2,30 a	27,05 a	11,79 ab	43,00 c	43,26 a	3,30 ab	6,09 b
6 Polyversum	2,20 ab	27,13 a	11,97 a	42,83 c	42,28 bc	3,31 ab	6,65 a

Būtiski augstāks koproteīna saturs konstatēts ar Polyversum smidzinātajā variantā salīdzinājumā ar kontroli, taču starp variantiem būtiskas atšķirības nebija. Augstāko cietes saturu konstatēja 4. variantā (Preparāts Nr.4 pēc inficēšanas ar *Fusarium*), tas būtiski neatšķīrās no kontroles, bet bija būtiski augstāks nekā visos citos apstrādes variantos. Labākie tilpummasas rādītāji (43.26 kg hl⁻¹) bija variantā ar divreizēju mikrobioloģisko preparātu lietošanu un būtiski atšķīrās no 2. varianta (Preparāts Nr.3 vienu reizi), bet neatšķīrās no kontroles. Šķiedrvielu saturs (β – glikāns) visos variantos bija līdzīgs, taču būtiski augstāks tauku saturs salīdzinājumā ar kontroli un vairumu no apstrādātajiem variantiem (skat. 1.8.tab.) konstatēts 6. variantā (Polyversum). Būtiskas atšķirības 1000 graudu masas rādījumos starp variantiem netika novērotas.

2023. gada izmēģinājumu rezultātos savukārt neviens ražas kvalitātes rādītājs un arī ražas lielums neuzrādīja būtiskas atšķirības starp variantiem. Tādēļ nepieciešami turpmāki pētījumi, lai papildinātu šī gada datus konkrētāku ieteikumu izstrādāšanai auzu ražas palielināšanai un kvalitātes uzlabošanai bioloģiskajā saimniecības sistēmā.

1.3. Secinājumi

1. Sēklu apstrādes izmēģinājumā auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe būtiski neatšķīrās starp variantiem. Savukārt būtiski zemāka slimības izplatība otrās uzskaites laikā konstatēta ar ķīmisko kodni Kinto Plus apstrādātajā variantā, līdzīga tendence bija vērojama arī 2023. gada sezonā.
2. Būtiski augstāku ražu (4,42 t ha⁻¹) salīdzinājumā ar kontroli un citiem variantiem ieguva sēklas apstrādes 7. variantā ar Bactoforce 1 L/t (10 L ūdens/t), tomēr nepieciešami līdzīgi vairāku gadu rezultāti, lai šo preparātu ieteiktu kā alternatīvu ķīmiskai kodnei.
3. Integrētajā izmēģinājumā, tāpat kā iepriekšējā gadā, smidzinājums ar ķīmiski sintezētiem fungicīdiem būtiski samazināja gan auzu lapu brūnplankumainības, gan auzu vainagrūsas attīstības pakāpi un noturēja to agronomiski pieņemamā līmenī līdz sezonas beigām.
4. Integrētajā izmēģinājumā potenciāli labākus rezultātus auzu lapu brūnplankumainības attīstības samazināšanā (salīdzinājumā ar Polyversum lietojumu), uzrādīja kombinētais smidzinājums ar mikrobioloģiskajiem preparātiem Nr. 3 un 4, taču nenoturēja slimības attīstības pakāpi pieņemamā līmenī. Šeit tomēr jāatzīmē, ka tieši šajā variantā iegūta augstākā raža izmēģinājumā, kas bija vienā līmenī ar ķīmiskās apstrādes variantā iegūto.

5. Bioloģiskajā izmēģinājumā otrajā uzskaites reizē preparātu Nr.3 un Nr.4 kombinēšana un apstrāžu atkārtošana 3 reizes (5.variants) parādīja labus rezultātus auzu lapu brūnplankumainības attīstības samazināšanā uz 2. lapas, tomēr atšķirība ar kontroli nebija būtiska. Pēdējā uzskaites reizē visos apstrādātajos variantos salīdzinājumā ar kontroli slimības attīstības pakāpe bija zemāka, bet ne būtiski.
6. Auzu vainagrūsas attīstības pakāpe bioloģiskā izmēģinājuma visos variantos bija zemāka nekā kontrolē. Būtiski zemāka slimības attīstība uz karoglapas konstatēta ar Polyversum apstrādātajā variantā savukārt uz otrās lapas vainagrūsas attīstība būtiski samazinājās 3. variantā (Preparāts Nr.4 ziedēšanas sākumā).
7. Preparātu Nr.3 un Nr.4 kombinēšanas (5.variants) variantā iegūta augstākā ražība un tīlpummasa, salīdzinājumā ar citiem variantiem, taču vairumā gadījumu bez būtiskām atšķirībām. Labākie kopproteīna un tauku satura rādītāji savukārt konstatēti ar Polyversum apstrādātajā variantā. Jāturpina šo pasākumu turpmāka izpēte, lai iegūtu vairāk pa gadiem salīdzināmu rezultātu.

2. Mikotoksīnu noteikšana

2.1. Mikotoksīnu analīžu veikšanas metodika

Pētījuma laikā noteikts toksīnu T2/HT2, deoksinivalenola (turpmāk – DON) un zearalona (turpmāk – ZEN) daudzums auzu graudos. Mikotoksīnu noteikšanai izmatots Rosa T2/HT2 Quantitative Test for Feed and Grain, Rosa WET-S5 Zearalenone Quantitative Test for Feed and Grain un Rosa WET-S5 DON Quantitative Test for Feed and Grain.

Auzu graudi no katra izmēģinājuma varianta samalti līdz miltu konsistencei izmantojot šim nolūkam paredzētu ierīci Laboratory mell 3100. Katra mikotoksīna analīžu veikšanai izmantoti 50g auzu graudu parauga.

Lai noteiktu ZEN daudzumu graudos, katram paraugam pievienota viena paciņa Wet-S Extraction Powder un 150ml destilēta ūdens. Paraugu maisīts 1,5 min, pēc tam filtrēts caur filtrpapīru. 1,5 ml no iegūtā šķīduma ielieti stobriņos un ievietoti centrifūgā uz 10s. 100µl no centrifūgētā 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.

2.2. Mikotoksīnu analīžu rezultāti un diskusija

Kā jau pieminējām atskaitē par 2023. gada pētījumu, *Fusarium* ģints sēņu metabolisma rezultātā var graudos veidoties - ZEN, T2, HT2, DON un citi mikotoksīni. Mikotoksīni, atkarībā no uzņemtā daudzuma, patērēšanas ilguma, 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 1250 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.

ZEN mikotoksīni auzu graudu paraugos konstatēti vien bioloģiskā izmēģinājuma 1.-4. variantā (skat. 2.1. tabulā). Salīdzinoši lielāku ZEN daudzumu noteica ar mikrobioloģiskajiem preparātiem neapstrādātajā variantā. Taču to daudzums atbilda ES regulas 2023/915 prasībām. Iepriekšējā gadā savukārt ZEN netika konstatēti nevienā no trīs izmēģinājumu variantiem.

T-2 un TH-2 mikotoksīni bija sastopami visu izmēģinājumu variantos (2.1. tabula), ieskaitot sēklu apstrādes izmēģinājuma, kurā nebija veikta augu mākslīgā inficēšana ar *Fusarium*. Tomēr nevienā no paraugiem T-2/TH-2 daudzums nepārsniedza pieļaujamo koncentrāciju 1000 µg kg⁻¹.

Vislielākais T-2/ TH-2 mikotoksīnu daudzums integrētajā izmēģinājumā konstatēts kontrolē, kā jau tas bija sagaidāms. Līdzīgi rezultāti iegūti 3. variantā (smidzinājums pirms mākslīgās inficēšanas) paraugā, bet 4. variantā (smidzinājums pēc mākslīgās inficēšanas) konstatēts par 79% mazāks T-2/ TH-2 daudzums. Arī pārējos variantos konstatēts T-2/ TH-2 samazinājums, tādēļ nav pamatojuma izcelt tikai vienu efektīvāko preparātu vai apstrādes laiku. Bioloģiskajā izmēģinājumā iegūtie dati ir grūtāk izskaidrojami, jo 2. un 5. variantā paraugos konstatēts augstākais T-2/ TH-2 daudzums, pat salīdzinājumā ar kontroli. Mazākais T-2/ TH-2 daudzums konstatēts 3. un 6. variantā (skat. 2.1.tab.), attiecīgi ar preparātu Nr.4 apstādi un Polyversum pirms mākslīgās inficēšanas. Ir nepieciešami turpmāki pētījumi, it īpaši ņemot vērā 2023. gada sezonā iegūtos pavisam atšķirīgos rezultātus integrētajā un bioloģiskajā sējumā.

2.1. tabula

Mikotoksīnu daudzums sēkļu apstrādes, integrētajā un bioloģiskajā lauka izmēģinājumā 2023. un 2024. gadā

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

Sēklu apstrādes izmēģinājumā mākslīgā inficēšana netika veikta, taču šis toksīns tomēr tika konstatēts, tādēļ var secināt, ka T-2/ TH-2 veidošanās šajā sezonā varētu būt saistāma galvenokārt ar dabisku inficēšanos ar šos toksīnus veidojošām *Fusarium* sugām. Turklāt konstatēts, ka T-2/ TH-2 toksīna daudzums dažādās audzēšanās tehnoloģijās savstarpēji būtiski neatšķiras.

DON šogad konstatēts integrētā izmēģinājuma kontrolē un 2. variantā, nepārsniedzot pieļauto robežu, turpretī iepriekšējā sezonā šo toksīnu integrētajā sējumā nekonstatēja. Bioloģiskajā sējumā DON atrasts tikai vienā bioloģiskā sējuma variantā, taču šogad tas konstatēts jau 4 variantu paraugos. Var secināt, ka šīs sezonās meteoroloģiskie apstākļi veicinājuši šo mikotoksīnu veidojošo *Fusarium* sugu attīstību.

3. Siltumnīcas izmēģinājumi

3.1. Izmēģinājuma metodika

Pētījuma projekta ietvaros auzām un rudziem veikti siltumnīcas izmēģinājumi hiperspektrālās (turpmāk HS) analīzes metodikas aprobācijai mikotoksīnus izdalošo patogēno sēņu agrīnajai noteikšanai. Augus mākslīgi inficēja ar *Fusarium* spp. patogēniem, slimības attīstību reģistrēja ar HS kameru. Izmēģinājumu mērķis un uzdevumi tika koriģēti vadoties pēc iepriekšējā gada rezultātiem un papildus ņemot literatūras datus. Auzu izmēģinājuma mērķis bija: i) reģistrēt *Fusarium* spp. izraisītās slimības attīstību ar HS kameru, ii) novērtēt slimības attīstības atšķirības starp dažādām auzu šķirnēm un iii) iegūt pietiekamu skaitu HS attēlu, kurus turpmāk paredzēts izmantot slimības noteikšanas modeļa izstrādē. Rudzu gadījumā izmēģinājumu mērķis bija i) aprobēt HS analīzes metodiku *Fusarium* spp. patogēnu izraisītās slimības simptomu novērtēšanā un ii) iegūt pirmos HS attēlus, kurus izmantos turpmākās metodikas uzlabošanai.

Siltumnīcas izmēģinājums auzām uzsākts š. g. 18. martā, kultivēšanai izmantoja 28x28 cm (15 L) podus, substrāts – kūdras un smilts maisījums (tilpuma attiecība 6:1), katrā podā iesēja 9 sēklas. Apgaismojums – dabīgs, temperatūras režīms 18-22 °C dienā, 14-18 °C naktī, nodrošināja apstākļiem atbilstošu laistīšanu, minerālo barošanu un nevēlamo slimību un kaitēkļu kontroli (skat. 3.1. att.).



3.1. attēls. Auzu siltumnīcas izmēģinājumi.

Auzu izmēģinājuma variantu eksperimentālā shēma (skat. 3.1 tab.) tika izstrādāta ņemot vērā iepriekšējā gada izmēģinājumu rezultātus un literatūras avotus, galvenais uzsvars, kā tika pieminēts ir noskaidrot slimības attīstības atšķirības starp dažādām auzu šķirnēm atkarībā no infekcijas izplatības veida (caur sēklu vai vārpu). Atkārtojumu skaits varianta ietvaros, katrai šķirnei – četri podi, to izvietojums līdz mākslīgās inficēšanas posmiem randomizēts kopējā telpā, pēc mākslīgās inficēšanas atsevišķās telpās ar vienādu mikroklimatu.

3.1. tabula.

Auzu siltumnīcas izmēģinājuma eksperimentālie varianti.

N. P. K.	Varianta nosaukums	Šķirne	Mākslīgā inficēšanas stadija	Slimības novērtēšanas metodes
1.	Kontrole	‘Lelde’ ‘Ivory’ ‘Husky’	-	Slimības uzskaitē un attīstības vērtēšana; inficētības noteikšana dažādās auga daļās; RGB un HS bildēšana
2.	Sēklu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	‘Lelde’ ‘Ivory’ ‘Husky’	Sēklas	Slimības uzskaitē un attīstības vērtēšana; inficētības noteikšana dažādās auga daļās; RGB un HS bildēšana
3.	Vārpu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	‘Lelde’ ‘Ivory’ ‘Husky’	BBCH 56-58	Slimības uzskaitē un attīstības vērtēšana; inficētības noteikšana dažādās auga daļās; RGB un HS bildēšana

Mākslīgo inficēšanu veica ar molekulāri-ģenētiski identificētu *Fusarium graminearum*, *F. poae*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichioides* un *F. culmorum* izolātu sajaukumu, patogēnu izolāti iegūti no auzām iepriekšējā pētījuma projekta ietvaros. Inokulācijas suspensijas pagatavošana identiska kā lauka izmēģinājumos (skat. 1.1. sadaļu), atšķirības ir tikai KVV apmērā – izmantoja šķīdumu ar KVV $210 \cdot 10^5$ 1mL⁻¹. Sēklu inficēšanai uzlēja 5 ml suspensijas (15 ml centrifūgas stobriņā) un 2 min vorteksēja, pēc tam novietoja uz filtrpapīra (liekā šķīduma novākšanai) un sēja podos. Vārpu inficēšanu veica BBCH 56-58 stadijā, apsmidzinot vārpas ar rokas smidzinātāju, uz vienu podu izmantoja aptuveni 15 – 20 ml inokulācijas šķīduma, pēc smidzināšanas katru podu pilnībā aplēja ar polietilēna maisu nodrošinot paaugstinātu mitrumu, kas veicina slimības attīstību (3.2. att.).



3.2. attēls. Auzu vārpu inokulācija ar *Fusarium* spp.

Auzu augšanas un attīstības procesā regulāri veica augu vizuālo vērtēšanu, atzīmējot novirzes no optimālajiem parametriem u.c. īpašas pazīmes.

Slimības uzskaiti un turpmākās attīstības dinamikas novērojumus uzsāka tiklīdz parādījās pirmie slimības simptomi. Uzskaiti veica visiem augiem katrā podā, līdzīgi kā lauka izmēģinājumos tika ņemtas vērā EPPO vadlīnijas PP 1/26(4) par lapu un vārpu slimību uzskaiti. Siltumnīcas izmēģinājuma beigu posmā, lai pārliecinātos, ka vizuāli fiksētos slimības simptomus izraisa sēņu patogēni, tika veikta sēklu, lapu un sakņu kaklu inficētības pārbaude, paņemot tikai tos eksplantus (auga orgānus), kuriem raksturīgi slimības simptomi.

HS bildēšanu veica ar hiperspektrālo kameru Specim IQ, savukārt iegūto attēlu turpmākajai apstrādei un uzglabāšanai izmantoja Specim IQ Studio programmu. Slimības attīstības dinamikas izsekošanai iegūtajās HS bildēs augus īpaši numurēja un pēc iespējas bildēja vienu un to pašu vietu. Bildēšanas biežums 3x nedēļā: i) vārpu inficēšanas variantam to veica no ziedēšanas vidus fāzes (65 pēc BBCH) līdz pilngatavības fāzei (89 pēc BBCH), ii) sēklu inficēšanas un kontroles variantiem no vārpošanas sākuma fāzes (51...52 pēc BBCH) līdz pilngatavības fāzei (89 pēc BBCH), bildēšanas process atspoguļots 3.3. attēlā.



3.3. attēls. Auzu vārpu bildēšana ar hiperspektrālo kameru.

Rudziem siltumnīcas izmēģinājums uzsākts š. g. 9. septembrī, kultivēšanas apstākļi līdzīgi kā auzām – izmantoja 28x28 cm (15 L) podus, substrāts – kūdras un smilts maisījums (tilpuma attiecība 6:1), katrā podā iesēja 9 sēklas. Apgaismojums – dabīgais, temperatūras režīms 18-22 °C dienā, 14-18 °C naktī, nodrošināja apstākļiem atbilstošu laistīšanu, minerālo barošanu un nevēlamo slimību un kaitēkļu kontroli (skat. 3.4. att.).

Rudzu izmēģinājuma variantu eksperimentālā shēma (skat. 3.2 tab.) izveidota ar mērķi reģistrēt slimības attīstību ar HS kameru atkarībā no infekcijas izplatības veida (caur sēklu vai vārpu). Atkārtojumu skaits katram variantam – četri podi, to izvietojums līdz mākslīgās inficēšanas posmiem randomizēts kopējā telpā, pēc mākslīgās inficēšanas atsevišķās telpās ar vienādu mikroklimatu.

Rudzu siltumnīcas izmēģinājuma eksperimentālie varianti.

N. P. K.	Varianta nosaukums	Šķirne	Mākslīgā inficēšanas stadija	Slimības novērtēšanas metodes
1.	Kontrole	‘Kaupo’	-	Slimības uzskaitē un attīstības vērtēšana; inficētības noteikšana dažādās auga daļās; RGB un HS bildēšana
2.	Sēklu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	‘Kaupo’	Sēklas	Slimības uzskaitē un attīstības vērtēšana; inficētības noteikšana dažādās auga daļās; RGB un HS bildēšana
3.	Vārpu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	‘Kaupo’	BBCH 61-62	Slimības uzskaitē un attīstības vērtēšana; inficētības noteikšana dažādās auga daļās; RGB un HS bildēšana

Sēklu un vārpu mākslīgās inficēšanas metodika, izmantotie patogēni un augu attīstības stadijas identiskas kā auzām.



3.4. attēls. Rudzu siltumnīcas izmēģinājumi.

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

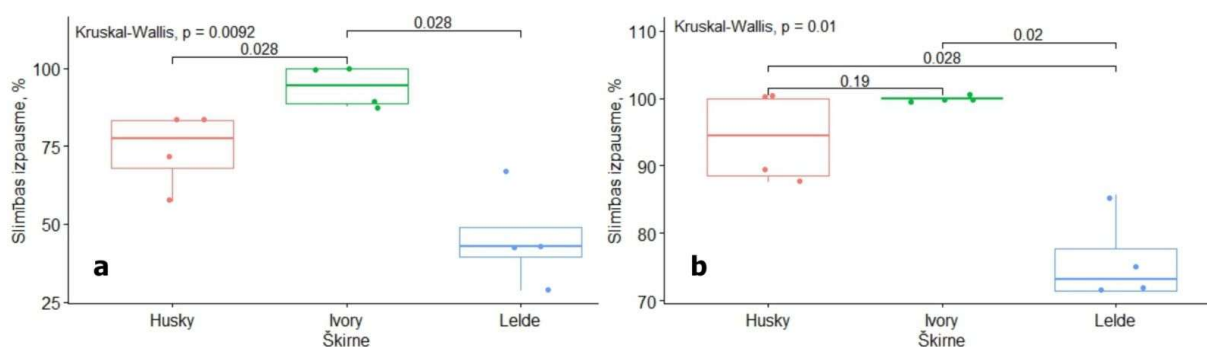
3.2. Rezultāti

Augu dzīvotspējas rādītājs un vizuālā slimības simptomu novērtēšanas rezultāti apkopoti 3.3. tabulā. Augu dzīvotspējas rādītājs iekļauj sevī gan dīdžības, gan turpmāko augu atmiršanas uzskaiti, pie kam uzdīgušo augu atmiršana novērota mākslīgi inficēto sēklu variantā. Slimības simptomu vizuālās vērtēšanas pamatā bija slimo vārpu attiecība pret kopējo vārpu skaitu.

Auzu siltumnīcas izmēģinājumu rezultātu apkopojums: augu izdīvošanas rādītājs un vizuālā slimības simptomu uz vārpām novērtēšana.

N. P. K.	Varianta nosaukums	Šķirne	Augu izdīvošanas rādītājs % (vidējie rādītāji variantā)	Vizuālo slimības simptomu (uz vārpām) izplatība % (vidējie rādītāji variantā)
1.	Kontrole	'Lelde'	83,4	3,6
		'Ivory'	100	2,8
		'Husky'	97,2	5,9
2.	Sēklu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	'Lelde'	75,0	45,2
		'Ivory'	91,7	94,1
		'Husky'	72,3	73,8
3.	Vārpu inficēšana ar <i>Fusarium</i> spp.	'Lelde'	80,6	75,9
		'Ivory'	100,0	100,0
		'Husky'	91,7	94,1

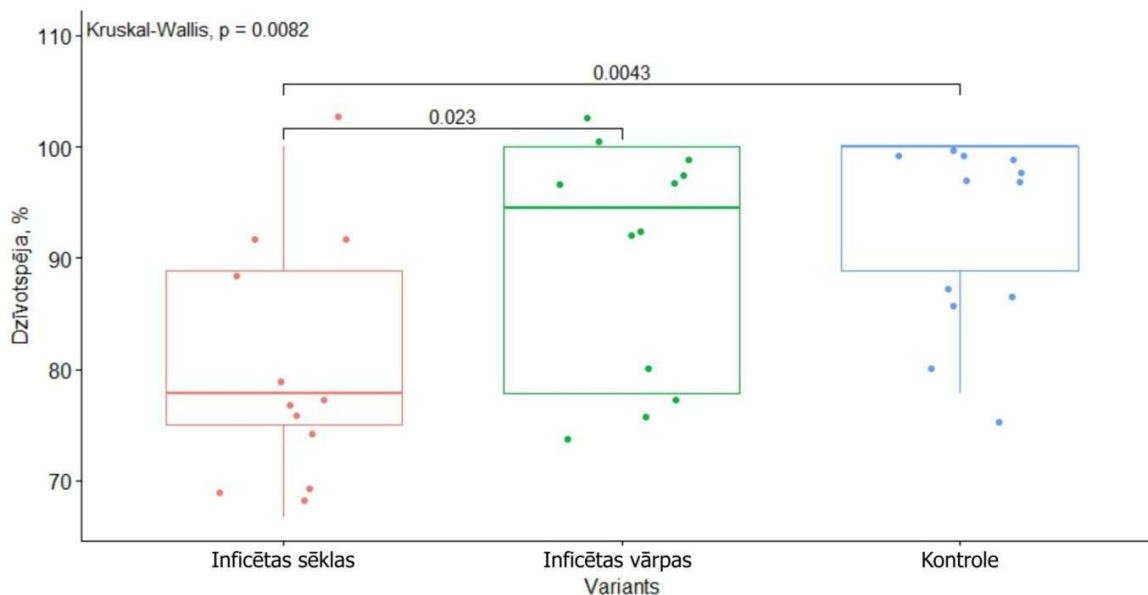
No rezultātiem var redzēt, ka sēklu mākslīgā inficēšana ar *Fusarium* spp. rezultējās būtiskā augu slimības izplatības pieaugumā salīdzinājumā ar kontroli, kas liecina par izvēlētas metodikas efektivitāti. Pie tam novēroja statistiski būtiskas atšķirības starp šķirnēm (3.5. att.). Arī vārpu inficēšanas rezultātā slimības attīstība būtiski pieauga un tāpat kā iepriekšējā variantā novērota statistiski būtiska atšķirība starp šķirnēm, tātad var secināt par izmantoto šķirņu atšķirīgo ieņēmīgu, pie kam 'Ivory' raksturojas ar lielāko ieņēmību, savukārt 'Lelde' ar viszemāko (secinājums gan balstoties tikai uz vizuālo novērtēšanu).



3.5. attēls. Atšķirības slimības izpausmē (%) starp šķirnēm, varianti a – inficētas sēklas, b – inficētas vārpas, grafikos norādītas statistiski būtiskas atšķirības.

Dzīvotspēju galvenokārt ietekmēja sēklu dīdžība un iespējamā augu atmiršana turpmākajā augšanas procesā, kas novērota inficēto sēklu variantā. Tātad patogēns (lielā koncentrācijā) spēj nobeigt augu dīdžšanas fāzē, kas rezultējas, kā samazināta dīdžība starp inficēto sēklu variantu un pārējiem variantiem (3.6. att.), gan arī turpmāk negatīvi ietekmēt augu attīstību izraisot pat augu bojāeju. Tomēr viennozīmīgus secinājumus šobrīd nevar izdarīt, jo te papildus jāņem vērā arī sēklu

vitalitāte un ārējie ietekmējošie faktori, kas var minimāli, bet tomēr varēja atšķirties starp variantiem.



3.6. attēls. Augu dzīvotspēja (%) starp starp inficēšanas variantiem un kontroli, grafikā norādītas statistiski būtiskas atšķirības.

Rudzu izmēģinājumi, diemžēl, siltumnīcas tehnisku problēmu rezultātā tika ierīkoti ar kavēšanos, tāpēc vēl nav iegūti izmēģinājumu rezultāti un norit HS bildēšanas posms.

Auzu izmēģinājuma ietvaros ieguva HS attēlus slimiem un veseliem augiem, attēli atšķirās pēc: i) inficēšanas varianta (vai kontrole); ii) šķirnes un iii) uzņemšanas datuma, kas t. sk. izpaudās kā slimības attīstības pakāpe (cik dienas pēc slimības inokulācijas iegūts konkrētais attēls). *Fusarium* spp. patogēni auzām izraisa slimības pazīmes tikai uz graudiem, retāk (īpaši lielas slimības intensitātes gadījumā) var novērot puves sakņu kakla rajonā. Izmēģinājuma ietvaros visi HS attēli iegūti ar slimības attīstības dinamiku uz graudiem vai attiecīgi kontroles variantam. Kopā uzkrāti nepilni 500 HS attēli, bet vēl nav veikta to pilnīga apstrāde un analīze, to plānots darīt ziemas periodā. Balstoties nepilnīgu rezultātu analīzi var izdarīt pirmos secinājumus par spektrālajām atšķirībām starp slimiem un veseliem graudiem, ko novēroja vārpošanas beigu (BBCH 59) līdz ziedēšanas beigu fāzei (BBCH 69), turpmāk piengatavības, dzeltengatavības un novecošanas fāzēs spektrālās atšķirības mazinājās, tomēr iegūtie priekšrezultāti vēl jāpārbauda. Tāpat pateicoties rezultātiem un uzkrātajai pieredzei ir izveidojies pilnīgāks priekšstats par izmantotās metodikas priekšrocībām un ierobežojumiem un turpmāko izmēģinājumu plānošanas kritiskie aspekti, lai izmēģinājumos iegūtu maksimāli izmantojamus rezultātus.

4. 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. Šajā pētījuma periodā savukārt ir veikts praktisks Bruto seguma aprēķins visu izmēģinājumu variantos iekļauto metožu salīdzināšanai ar kontroles variantiem un to ekonomiskai un saimnieciskai izvērtēšanai.

4.1. 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. 4.1. tab.).

4.1. tabula

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

<i>Izejvielas</i>	Izmaksas EUR ha⁻¹
Sēklas materiāls	48,96
Mēslojums (NPK 14-14-21) 400 kg ha ⁻¹	316,00
Mēslojums (N27-S5) 130 kg ha ⁻¹	102,70
Herbicīds 1	9,48
Herbicīds 2	4,26
Herbicīds 3	11,47
Insekticīds 1	4,00
Insekticīds 2	18,87
<i>Tehnikas izmaksas</i>	
Aršana	63,56
Šļūķšana	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	26,4
Ražas novākšana ar kombainu	114,72
Kopā	805,32

Ņemot vērā to, ka bioloģiskajā sējumā netika lietoti augu aizsardzības līdzekļi un mēslojums, sējuma iekārtošanas un kopšanas izmaksas bioloģiskajā auzu sējumā atšķirās no integrētās audzēšanas sējuma (skat. 4.2. tab.).

4.2. tabula

Sējumu iekārtošanas un kopšanas izmaksas bioloģiskajā izmēģinājumā visos izmēģinājumu laucīņos

<i>Izejvielas</i>	Izmaksas EUR ha⁻¹
Sēklas materiāls	120,40
<i>Tehnikas izmaksas</i>	
Aršana	63,56
Šļūķšana	18,12
Kultivēšana	18,12
Sēja	28,72
Sējumu ecēšana nezāļu ierobežošanai 2 reizes	70,80
Ražas novākšana ar kombainu	114,72
Kopā	434,44

4.2. 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 ķīmisko kodni Kinto Plus (6.variants) un biostimulantu Bactoforce (7.variants) – attiecīgi par 26.82 un 87,52 EUR ha⁻¹ (skat. 4.3.tab.). Turklāt iegūtā peļņa ir lielāka variantā, kur sēklas apstrāde veikta ar alternatīvu preparātu ķīmiskajam. Tomēr šie rezultāti neļauj izdarīt pilnīgu secinājumu par pielietoto alternatīvo metožu saimniecisko noderīgumu. Ir nepieciešami pētījumi vairākos atšķirīgos veģetācijas periodos.

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	13,78	13,86	14,17	14,69	13,88	14,34	15,46
Graudu tīrīšana	9,84	9,90	10,12	10,49	9,91	10,24	11,04
Transports	31,41	31,59	32,31	33,49	31,64	32,69	35,24
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	0	8,63	0	8,63	0	0	0
Preparāts Nr.2	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	55,03	66,42	141,91	155,04	65,52	62,06	68,89
Kopā ar iekārtošanas un kopšanas izmaksām (skat. 7.1.tab.)	860,35	871,74	947,23	960,36	870,84	867,39	874,21
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹						
Graudu pārdošanas cena pārtikai (ražā variantā reizināta ar iepirkšanas cenu)	830,52	835,33	854,40	885,49	836,51	864,37	931,90
Atbalsta maksājumi	114,74	114,74	114,74	114,74	114,74	114,74	114,74
Kopā ieņēmumi	945,26	950,07	969,14	1000,23	951,25	979,11	1046,64
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	84,91	78,33	21,91	39,87	80,41	111,73	172,43
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem (ieņēmumi - izdevumi)	-29,83	-36,41	-92,83	-74,87	-34,33	-3,01	57,69

4.3. Bruto seguma aprēķins integrētajā izmēģinājumā

Bruto aprēķins integrētajā izmēģinājumā liecina, ka saimnieciski noderīgākie pasākumi salīdzinājumā ar kontroli veikti 3. un 6.variantā (skat. 4.4. tab.), attiecīgi – varianti, kur lietots mikrobioloģiskais preparāts Nr. 4 pirms *Fusarium* spp. iespējamās infekcijas un ķīmisko fungicīdu lietošanas. Tomēr, nepieciešami turpmāki pētījumi vairākos veģetācijas periodos, lai pamatotu iepriekš minētā mikrobioloģiskā preparāta izvēli kā alternatīvu ķīmiski sintezētu fungicīdu lietojumam.

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 (pēc Dobeles dzirnavnieka)	9,20	9,24	10,35	9,71	10,40	10,28	9,41
Transports	29,38	29,48	33,03	31,00	33,19	32,83	30,03
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	0	0
Balaya	0	0	0	0	0	20	0
Orius	0	0	0	0	0	22	0
Polyversum	0	0	0	0	0	0	348
Kopā variants	38,58	146,32	91,18	88,51	198,99	103,25	404,64
Kopā ar iekārtošanas un kopšanas izmaksām (skat. 7.1.tab.)	843,90	951,64	896,50	893,83	1004,31	908,57	1209,96
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹						
Graudu pārdošanas cena pārtikai (ražā variantā reizināta ar iepirkšanas cenu)							
Atbalsta maksājumi	114,74	114,74	114,74	114,74	114,74	114,74	114,74
Kopā ieņēmumi	891,52	894,34	988,14	934,37	992,33	982,68	908,74
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	47,62	-57,30	91,64	40,54	-11,98	74,11	-301,21
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem (ieņēmumi - izdevumi)	-67,12	-172,04	-23,10	-74,20	-126,72	-40,63	-415,95

4.4. Bruto seguma aprēķins bioloģiskajā izmēģinājumā

Analizējot iegūtos rezultātus bruto aprēķinā bioloģiskajā izmēģinājumā, var secināt, ka smidzinājums ar Polyversum (6. variants) nav bijis saimnieciski lietderīgs dēļ augstajām izmaksām uz hektāra, taču pārējo variantu bilance bijusi pozitīva (skat. 4.5.tab.). Tomēr tie peļņas ziņā atpaliek no kontroles. Arī bioloģiskajā izmēģinājumā, tāpat kā integrētajā augu apstrādē ar preparātu Nr.4 (3. variants) parādīja labākos rezultātus, salīdzinājumā ar citiem veiktajiem pasākumiem. Nepieciešams pētījumus turpināt, lai varētu izvērtēt mikrobioloģisko preparātu lietošanas nepieciešamību un salīdzināt ar atšķirīgu veģetācijas periodu datiem. Turklāt, salīdzinot bruto segumu ar un bez atbalsta maksājumiem, redzama to nozīme bioloģiskās saimniekošanas atbalstīšanā (skat. 4.5.tab. pēdējā rindā).

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	53,98	56,42	53,98	51,56	58,64	56,02
Transports	16,89	17,66	16,89	16,14	18,35	17,53
Smidzināšana	0,00	17,60	8,80	8,80	26,40	17,60
Preparāts 3	0,00	90,00	0,00	0,00	90,00	0,00
Preparāts 4	0,00	0,00	39,00	39,00	39,00	0,00
Polyversum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	347,60
Kopā variantos	70,87	181,68	118,68	115,50	232,39	438,76
Kopā ar iekārtošanas un kopšanas izmaksām (skat. 7.2.tab.)	505,31	616,12	553,12	549,94	666,83	873,20
Ieņēmumi	Ieņēmumi EUR ha⁻¹					
Graudu pārdošanas cena pārtikai (ražā variantā reizināta ar iepirkšanas cenu)	539,78	564,25	539,82	515,65	586,40	560,25
Atbalsta maksājumi	220,84	220,84	220,84	220,84	220,84	220,84
Kopā ieņēmumi	760,62	785,09	760,66	736,49	807,24	781,09
Bruto segums (ieņēmumi - izdevumi)	255,31	168,96	207,55	186,55	140,41	-92,11
Bruto segums bez atbalsta maksājumiem (ieņēmumi - izdevumi)	34,47	-51,88	-13,29	-34,29	-80,43	-312,95

4.5. Secinājumi un turpmākie uzdevumi alternatīvo augu aizsardzības metožu izpētē

1. Auzu sēklu apstrāde ar biostimulantu Bactoforce varētu būt potenciāla alternatīva ķīmiskai auzu sēklas kodināšanai, taču nepieciešami vairāku gadu pētījumi, lai varētu izdarīt pamatotākus secinājumus.
2. Preparāts Nr.4 2024. gada sezonā parādīja saimniecisku noderīgumu gan integrētās audzēšanas, gan bioloģiskās audzēšanas sistēmā. Tomēr ieteikumu izstrādei auzu audzētājiem, nepieciešami vairāku sezonu pētījumu rezultāti.
3. Nepieciešami turpmāki pētījumi par mikroorganismu saturošu augu aizsardzības un mēslošanas līdzekļu lietošanas saimniecisko noderīgumu un ekonomisko pamatojumu auzu slimību ierobežošanā un augu izturības veicināšanā pret slimību ierosinātājiem, īpaši gados ar vidēju vai augstu slimību izplatības risku.

5. Patogēno sēņu daudzveidības izpēte auzām

Lai skaidrotu auzu graudu kvalitāti negatīvi ietekmējošo un veselībai bīstamu mikotoksīnu veidojošo *Fusarium* ģints sēņu daudzveidību Latvijā, pārskata periodā turpināta kolekcijā saglabāto (vairāk kā 500 *Fusarium* izolāti) izolātu daudzveidības raksturošana - turpināta sugu identifikācija un uzsākta toksīnus veidojošo genotipu noteikšana.

Pabeigta visā kolekcijā esošo *Fusarium* izolātu DNS izdalīšana, lai tālāk noteiktu sugas un toksīnus veidojošos patogēna genotipus ar PCR balstītas diagnostikas metodi. Pabeigta arī kolekcijā esošo izolātu saglabāšana -80 °C temperatūrā, lai nodrošinātu to ilgstošu uzglabāšanu un kolekcijas stabilitāti. Identifikācija sugu līmenī turpināta, izmantojot daļēju *tefl-α* gēna, kurš atzīts par *Fusarium* sugu identifikācijas svītrkoda gēnu (Boutigny et al., 2019), un/vai ITS1/5.8S/ITS2 reģiona sekvenču analīzi. Uzsākta iegūto sekvenču datu kopu izveide filoģenētiskajām analīzēm. Uzsākta metodikas praktiskā adaptācija un toksīnus veidojošo genotipu noteikšana, izmantojot iepriekšējā periodā izstrādātos pielietojuma protokolus. Iegūtie dati sniegs precīzu informāciju par konkrētu *Fusarium* sugu un toksīnus veidojošo genotipu sastopamību auzu sējumos Latvijā, ļaus prognozēt tālākos riskus un piemērot atbilstošus ierobežošanas pasākumus. Izveidotā un raksturotā kolekcija būs izmantojama tālākai auzu fusariozes pētniecībai, piemēram dažādu bioloģisko augu aizsardzības līdzekļu efektivitātes testiem vai šķirņu izturības pārbaudēm.

5.1. Metodika

Dezoksiribonukleīnskābju izdalīšana (DNS), PCR amplifikācija un sekvenču analīze

Neliels apjoms micēlija no aktīvi augošas kultūras ar sterilu adatu pārņests 0.5 ml sterilā Eppendorf mēģenē, kurā iepildīti 30 – 50 µl atšķaidīšanas bufera (no Thermo Scientific Phire Plant Direct PCR Kit reaģentu komplekta). Bufēris ar sēnes struktūrām vorteksēts un turēts istabas temperatūrā 3 minūtes. Pēc tam šķīdums 2 minūtes inkubēts 98 °C, inkubācijas laikā šķīdums samaisīts invertējot stobriņu. Veikta īsa centrifugācija, pēc kuras stobriņš novietots aukstuma stafīvā. Pēc tam stobriņi novietoti uzglabāšanai saldētavā –20 °C.

Pilna garuma ITS1/5.8S/ITS2 reģiona PCR amplifikācija veikta, izmantojot *DreamTaq Green PCR 2x master mix* un ITS1F un ITS4 praimerus (Gardes & Bruns, 1993; White et al., 1990). Amplikona garums ~ 600 bp. Daļēja *tefl-α* (*barcoding* daļa) PCR amplifikācija veikta, izmantojot EF1-2F un EF1-3R praimerus (Boutigny et al., 2019) un *Dream Taq PCR Master Mix 2x*. Amplikona garums ~750 bp.

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

Atbilstošie PCR produkti attīrīti, izmantojot *QIAquick PCR Purification kit* (Qiagen) reaģentu komplektu, sekojot ražotāja instrukcijām (*Protokols: QIAquick PCR Purification Kit Protocol using a micro centrifuge*). PCR produktu koncentrācijas un tīrības pakāpes noteikšana veikta, izmantojot BioDrop μ Lite+.

Sekvencēšana abiem genoma reģioniem veikta Latvijas Biomedicīnas un pētījumu studiju centrā kā ārpalpojums, izmantojot amplifikācijas praimerus. Sekvenču asmeblija veikta, izmantojot datorprogrammu paketi Lasergene 14. Iegūtās sekvences salīdzinātas ar NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) un Fusarioid-ID (<https://www.fusarium.org/page/Homepage>) datu bāzēs pieejamām sekvencēm, lai noteiktu sugu.

Fusarium kolekcijas saglabāšana ilgstošai uzturēšanai

Sēņu izolātus, kas paredzēti ilgstošai uzglabāšanai, saglabā 10% glicerīna šķīdumā -80°C . Glicerīnu atšķaida ar destilētu ūdeni, iepilda saglabājamajos 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 5 C 24 stundas, kastītes droši noslēdz un pēc tam novieto saldētavā -80°C .

Pārskata periodā -80°C saglabāti 240 *Fusarium* kolekcijas izolāti (katrs 2 eksemplāros), kas iegūti no auzām iepriekšējā projekta laikā. Tāpat saglabāti 1200 patogēnu izolāti (katrs 2 eksemplāros), kas izdalīti no auzu dīgstiem un skarām.

Fusarium sugu identifikācija, izmantojot sugu specifiskus praimerus, un toksīnus kodējošo gēnu noteikšana

Lai identificētu *Fusarium* sugas, veikta PCR amplifikācija. Izmantots *DreamTaq Green PCR 2x master mix* reaģentu maisījums un specifiski katrai sugai atbilstoši praimeru pāri (1. pielikums), kā arī iepriekš izdalītās DNS. Sākotnēji katram praimeru pārim veikta metodikas adaptācija, vadoties pēc ražotāja noteiktajiem, polimerāzei un 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 pāri (1. pielikums) un tiem pielāgoti PCR apstākļi. Pēc katras PCR amplifikācijas veikta elektroforēze, gēla attēli digitāli dokumentēti.

5.2. Rezultāti

Pārskata periodā turpināta un noslēgta atlasīto *Fusarium* izolātu (kopumā 191 dažādu sugu izolāts) pilna garuma ITS1/5.8S/ITS2 reģiona un daļēja *tefl-α* (*barcoding* daļa) sekvencēšana (5.1. tabula).

5.1. tabula. Sekvencēšanai atlasītie un sekvencētie *Fusarium* morfortipi un izolāti

Suga*	Morfortipu skaits	Atlasīto izolātu skaits, kopā	Sekvencētie izolāti***			
			ITS reģions	<i>tefl-α</i>	Kopā**	Apstiprinātās sugas
<i>F. armeniacum</i>	6	11	11	8	11	<i>F. avenaceum</i> <i>F. arthrosporioides</i> / <i>F. avenaceum</i> komplekss
<i>F. avenaceum</i>	5	8	8	8	8	<i>F. avenaceum</i> Fusarium sp.
<i>F. beomiforme</i>	4	6	4	2	4	<i>F. sporotrichioides</i> <i>F. tricinatum</i> Fusarium sp.
<i>F. camptoceras</i>	4	9	9	9	9	<i>F. equiseti</i> <i>F. flocciferum</i> <i>F. torulosum</i>
<i>F. culmorum</i>	6	8	7	6	7	<i>F. culmorum</i> <i>F. torulosum</i>
<i>F. graminearum</i>	7	19	19	18	19	<i>F. graminearum</i> Fusarium sp.
<i>F. oxysporum</i>	6	15	12	11	12	<i>F. oxysporum</i> Fusarium sp. <i>F. avenaceum</i>
<i>F. poae</i>	12	44	40	37	40	<i>F. poae</i> <i>F. langsethiae</i> Fusarium sp.
<i>F. redolens</i>	4	5	4	5	5	<i>F. redolens</i> <i>F. torulosum</i> <i>F. oxysporum</i>
<i>F. sporotrichoides</i>	9	12	10	8	10	<i>F. sporotrichioides</i>
<i>F. trinctum</i>	3	4	3	1	4	Fusarium sp.
<i>F. crookwellense</i>	1	1	1	1	1	F. graminearum
<i>F. acuminatum</i>	1	2	2	1	2	<i>F. acuminatum</i> Fusarium sp.
<i>F. scirpi</i>	1	2	2	0	2	Fusarium sp.
<i>F. compactum</i>	1	1	1	1	1	F. avenaceum
<i>F. equiseti</i>	1	1	1	1	1	F. avenaceum
<i>Fusarium</i> neidentificēti	-	43	36	29	36	<i>Fusarium sp.</i> <i>F. poae</i> F. commune

						<i>F. graminearum</i> <i>F. torulosum</i> <i>F. avenaceum</i> <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. equiseti</i> <i>F. arthrosporioides/</i> <i>F. avenaceum</i> komplekss
Kopā	-	191	170	146	170	-

* Indikatīvi noteikta pēc morfoloģiskajām pazīmēm.

** Izolātu skaits, kuriem sekvencēts vismaz viens vai abi analizētie genoma reģioni.

*** 2024. g. papildinātie dati.

Lielākajai daļai no visiem sekvencēšanai atlasītajiem izolātiem (191 izolāts) amplifikācija un sekvencēšana bija sekmīga (170 izolātiem ITS un 146 izolātiem *tefl-α*). Uzsākta iegūto sekvenču datu kopu izveide filoģenētiskajām analizēm. Salīdzinoši zemāks sekmības rādītājs *tefl-α* gadījumā skaidrojams ar to, ka iespējams līdz šim izstrādāto amplifikācijas praimeru piestiprināšanās vietās genomā pastāv mutācijas un tāpēc nebija iespējama amplifikācija. Papildu līdz šim noteiktajām sugām, šajā periodā apstiprinātas šādas sugas: *F. arthrosporioides/ F. avenaceum* komplekss, *F. equiseti*, *F. flocciferum*, *F. commune*. Vairāki izolāti identificēti kā piederoši *F. arthrosporioides/ F. avenaceum* kompleksam, kas ietver vairākas morfoloģiski neatšķiramas, filoģenētiski tuvi radnieciskas, bet bioloģiski daudzveidīgas *Fusarium* sugas, tai skaitā agresīvus un toksiskus veidojošus augu patogēnus. Šo izolātu nozīme auzām būtu tālāk jāpēta padziļināti. *F. equiseti* pārsvarā tiek uzskatīts par vāju patogēnu, bet šīs sugas nozīme vārpu fusariozē un graudu kontaminācijā ar toksīniem, tai skaitā auzām, palielinās (Mielniczuk et al., 2022). *F. flocciferum* un *F. commune* zināmi kā augu patogēni dažādām augu sugām, piemēram pākšaugiem, paprikām (Tasmeen et al., 2024; Mesny et al., 2021). Šīs sugas uz auzām līdz šim nav atrastas un to nozīme būtu jāskaidro.

Pārskata periodā turpināta un noslēgta visu kolekcijā esošo izolātu (537 izolāti) DNS izdalīšana. Vienlaikus šie izolāti saglabāti -80 °C temperatūrā, lai nodrošinātu to ilgstošu uzglabāšanu un kolekcijas stabilitāti. Uzsākta visu kolekcijā esošo izolātu identitātes apstiprināšana un toksiskus veidojošo genotipu noteikšana ar molekulārām diagnostikas metodēm. Līdz šim ar *Fusarium* sugu specifiskajiem praimeriem izanalizēti 276 izolāti. Adaptēta metodika toksiskus veidojošo genotipu noteikšanai (pieciem marķieriem) un izanalizēti 276 izolāti ar pieciem praimeru pāriem. Darba gaitā tika apstiprināti šādi toksiskus veidojošie gēni: *PKS4* (*F.culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. camptoceras* sugām) *PKS13* (*F.culmorum*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. camptoceras* sugām), *TRI13* (*F.culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae* sugām), *esyn1* (*F. avenaceum*, *F. acuminatum*, *F. camptoceras*, *F. beomiforme* sugām), *esyn1 homologue* (*F. avenaceum*, *F. poae*, *F. oxysporum* sugām). Darbs pie toksiskus veidojošo genotipu noteikšanas tiek turpināts.



6.2. attēls. Bojājumu pazīmes uz rudzu vārpām.

6.2. Metodika patogēno sēņu izdalīšanai no rudziem

Parauga sagatavošana

Projekta laikā ievāktas rudzu vārvas no 19 saimniecībām, katrā laukā izvēlētas 10 vietas, kurās katrā ievāktas 10 vārvas ar slimības pazīmēm. Ievāktie paraugi līdz sagatavošanai likšani uz barotnēm uzglabāti istabas temperatūrā. No katras vārvas 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. Rudzu graudi divas minūtes sterilizēti 1.5 % nātrija hipohlorīta šķīdumā, pēc tam trīs reizes skaloti destilētā ūdenī (iemērcot vārglāzē) un novietoti starp steriliem filtrpapīriem nosusināties. Katrs grauds ar skalpeli sadalīts uz pusēm. Katrā saimniecībā ievāktos paraugus apstrādē izmantoti jauni šķīdumi un skalošanas trauki. Pēc graudu daļu apžūšanas tās ievietotas platēs uz kartupeļu dekstrozes agara (PDA) barotnes ar antibiotikām (katrā platē desmit gabaliņi), plates numurētas.

Plates inkubētas istabas temperatūrā līdz 3 dienām, pēc tam sēņu kolonijas pārsētas atsevišķās platēs.

Tīrkultūru saaudzēšana, 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 sargrupētas pēc koloniju morfoloģijas un veikta to aprakstīšana, katrai kolonijai piešķirts identifikācijas numurs.

Sēņu izolāti, kurus paredzēts ilgstoši uzglabāt, ievietoti 10% glicerīna šķīdumā. Iepriekš sagatavoti stobriņi: glicerīns atšķaidīts ar destilētu ūdeni, 1.5mL no sagatavotā šķīduma iepildīti aukstuma izturīgos uzglabāšanas stobriņos, tie autoklāvēti 121 °C temperatūrā 120 minūtes. Stobriņa ievietoti 5 PDA gabaliņi ar micēliju, katram izolātam veidoti 2 eksemplāri. Uz stobriņiem uzrakstīts izolāta numurs, tie ievietoti uzglabāšanai paredzētās kastītēs. Sagatavotie stobriņi ar micēliju diennakti uzglabāti 5 °C, pēc tam novietoti saldētavā -80 °C.

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. Sugu 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.), mikrokonīdiju un/vai makrokonīdiju 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.

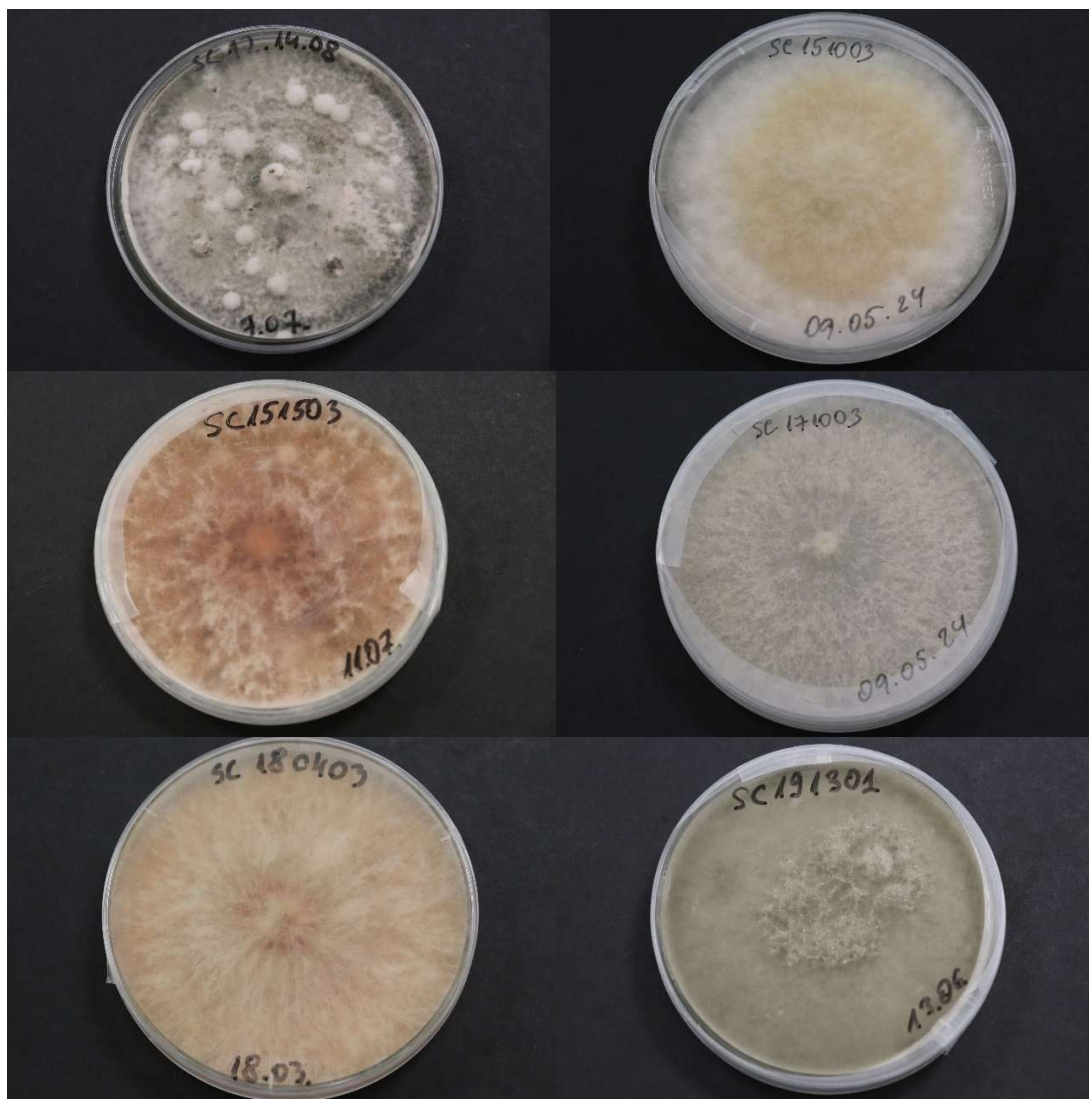
Parauga mikroskopēšanas gaitā, ar mikroskopā iebūvēto kameru uzņemti mikroskopijas fotoattēli, kuru turpmāko analīzi un saglabāšanu veica Zeiss Laboscope V3.0 programmā, katram izolātam uzņemti vismaz 4 fotoattēli.

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.

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

6.3. Rezultāti

Projekta laikā no rudzu dīgstiem izdalīti un saglabāti 586 patogēnu izolāti, no rudzu vārpām 624 izolāti. Konstatēta plaša patogēnu daudzveidība (daži no tiem redzami 6.3.att.). Tiek turpināts darbs pie DNS izdalīšanas, kā arī mikroskopēšanas. Nākamajā gadā daļai izolātu plānota sugu identifikācija ar molekulārajām metodēm.



6.3.attēls. Rudzu graudos sastopamo sēņu daudzveidība.

7.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.
- Boutigny A-L, Gautier A, Basler R, Dauthieux F, Leite S, Valade R, et al. (2019) Metabarcoding targeting the EF1 alpha region to assess *Fusarium* diversity on cereals. *PLoS ONE* 14(1): e0207988. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207988>
- Edel-Hermann, V., Gautheron, N., Mounier, A., and Steinberg, C. 2015. *Fusarium* diversity in soil using a specific molecular approach and a cultural approach. **J. Microbiol. Methods** 111:6471. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2015.01.026>
- 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>
- Gardes, M. and Bruns, T.D. (1993) ITS Primers with Enhanced Specificity for Basidiomycetes— Application to the Identification of Mycorrhizae and Rusts. *Molecular Ecology*, 2, 113-118. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- 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
- Mesny F, Miyauchi S, Thiergart T, Pickel B, Atanasova L, Karlsson M, Håttel B, Barry KW, Haridas S, Chen C, Bauer D, Andreopoulos W, Pangilinan J, LaButti K, Riley R, Lipzen A, Clum A, Drula E, Henrissat B, Kohler A, Grigoriev IV, Martin FM, Hacquard S. Genetic determinants of endophytism in the Arabidopsis root mycobiome. *Nat Commun.* 2021 Dec 10;12(1):7227. doi: 10.1038/s41467-021-27479-y
- Mielniczuk, E.; Wit, M.; Patkowska, E.; Cegielko, M.; Wakuliński, W. Reaction of Oat Genotypes to *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. Infection and Mycotoxin Concentrations in Grain. *Agronomy* 2022, 12, 295. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020295>
- Parry D. W. & Nicholson P. (1996) Development of a PCR assay to detect *Fusarium poae* in wheat. *Plant Pathology*, 45, 383–391.
- 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.
- 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
- Tesmeen et al. (2024) First Report of *Fusarium flocciferum* Causing Wilt Disease of Chili (*Capsicum annuum*) in Northern Himalayas. *Plant Disease*, <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-23-1730-PDN>
- 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
- White, T.J. (1990) Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. In: *PCR Protocols, a Guide to Methods and Applications*, 315-322.
- 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
- Wiśniewska H., Stępień Ł, Waśkiewicz A., Beszterda M., Góral T., Belter J. (2014) Toxigenic *Fusarium* species infecting wheat heads in Poland *Central European Journal of Biology*, 9: 163-172. DOI: 10.2478/s11535-013-0262-1

1. pielikums

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)	Ref
<i>F. graminearum</i>	Fg16R	GGTAGGTATCCGACATGGCAA	Līnijas 1, 2, 6, 7	400-500	Kon (Ori
	Fg16F	CTACGGATATGTTGCGTCAA		Ta 55 °C	
	Fg11F	CTCCGGATATGTTGCGTCAA		400	Wis
	Fg11R	GGTAGGTATCCGACATGGCAA		Ta 57 °C	
	Fg16NF	ACAGATGACAAGATTCAGGCACA		280	Kon
	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	Aok
	Fp1-2	GAG AAT GTG ATG ACG ACA ATA		Ta 55 °C	
<i>F. cerealis</i>	CroA R	CTCAGTGTCCCAATCAAATAGTCC		842	Wis
	CroA F	CTCAGTGTCCACCGGTTGCGTAG		Ta 60 °C	
<i>F. avenaceum</i>	JiAR	CTGTAATAGGTTATTTACATGGGGCG	Nestrādā <i>F. trinctum</i>	Ta 57.5 °C	Turr
	JiAF	GCTAATTCTTAACCTACTAGGGGCC			
	FaF	AGCATTGTCGCCACTCTC		920	Wis
	FaR	GTTTGGCTCTACCGGGACTG		Ta 56.3 °C	
	FA- ITSF	CCA GAG GAC CCA AAC TCT AA		272	Sch
	FA- ITSr	ACC GCA GAA GCA GAG CCA AT		Ta 56.3 °C	
<i>F. culmorum</i>	C51F	ATGGTGAACCTCGTCGTGGC	=Fc01F	Ta 58 °C	Wis 1998
	C51R	CCCTTCTTACGCCAATCTCG	=Fc01R		
<i>F. langsethiae</i>	FlangF3	CAAAGTTCAGGGCGAAAACCT		-	Fred
<i>F. langsethiae/ sporotrichioides</i>	LanspoR1	TACAAGAAGACGTGGCGATAT		Ta 55.9 °C	(orig
	Lanspo	TACAAGAAGAGCGTGGCGATAT	Tas pats, kas LanspoR1, tikai divi nt samainīti vietām	300 Ta 55.9 °C	Wis
<i>F. sporotrichioides</i>	FSporF1	CGCACAAACGCAAACATCATC	=Fspo; kā reverso LanspoR1 vai Lanspo	300 Ta 57 °C	Wis 2013

<i>F. poae</i>	FP82F	CAAGCAAACAGGCTCTCCACC		220	Wisn
	FP82R	TGTTCCACCTCAGTGACAGGTT		Ta 63 °C	Nich
<i>F. tricinctum</i>	tri1	CGTGTCCCTCTGTACAGCTTTGA		215	Wisn
	tri2	GTGGTTACCTCCCGATACTCT		Ta 60.5 °C	
<i>F. redolens</i>	Redolens-F	ATC GAT TTTCCC TTC GAC TC		386	
	Redolens-R	CAA TGA TGA TTGTGA TGA GAC		Ta 53,6 °C	Bog
<i>F. oxysporum</i>	PFO3	CGG GGG ATA AAT GCG G		70	
	PFO2	CCC AGG GTA TTA CAC GGT		Ta 56.1 °C	Ede
<i>F. armeniacum</i> (= <i>F. acuminatum</i> subsp. <i>armeniaceum</i>)	FarspF1	GGGATGGTAAGACGATCTAC	<i>phosphate phosphase gene</i>	313	
	FarspR1	CTTCCATCATCACCTCTGAG		Ta 54.2 °C	Pate
<i>F. acuminatum</i>	FAC-F	GGG ATA TCG GGC CTC A		602	Will
	FAC-R	GGG ATA TCG GCA AGA TCG		Ta 55 °C	
<i>F. equiseti</i>	FeF1	CATACCTATACGTTGCCTCG		389	
	FeR1	TTACCAGTAACGAGGTGTATG		Ta 54.1 °C	Wisn
<i>PKS4</i>	PKS4_F	AGACGGCGCAACAAGGGCTG		355	
	PKS4_R	GCAGTTGCCCGTGTCGGACA		Ta 64.6 °C	Wisn
<i>PKS13</i>	PKS13_1	CCCAGCCAAGCCCAGTACGC		532	
	PKS13_2	ACAGCGGCTGACCTGGGTCA		Ta 65.3 °C	Wisn
<i>TRI13</i>	TRI13DON-F	CATCATGAGACTTGKTRAGTTGGG		216	
	TRI13DON-R	GCTAGATCGATTGTTGCATTGAG		Ta 58 °C	Wisn
<i>TRI13</i>	TRI13NIV-F	CCAAATCCGAAAACCGCAG		308	
	TRI13NIV-R	TTGAAAGCTCCAATGTCGTG		Ta 55.5 °C	Wisn
<i>esyn1</i>	Esyn_1	GCCGTTGGCGAGCTGGTCAT		997	
	Esyn_2	GCAAAGCACGCGTCAACGCA		Ta 62.9 °C	Wisn
<i>esyn1</i> homologue	beas_1	TKGARCAGCGBAYGAGACM		495	
	beas_2	GGWCGRGGGAARTCRGTDGG		Ta 55 °C	Wisn
<i>TRI3 3-AcDON</i>	TRI3F1325	GCATTGGCTAACACATGA		354	
	TRI3R1679	TT(AG)TAGTTGCATCATT(AG)TAG		Ta 55 °C	Wisn

TRI7	TRI7F340	ATCGTGTACAAGGTTTACG		625	Wis
	TRI7R965	TTCAAGTAACGTTTCGACAAT		Ta 51.9 °C	
TRI3	3CON	TGGCAAAGACTGGTTCAC	kopīgs visiem ķīmiskajiem tipiem <i>multiplex-PCR</i> kopā ar ķīmiskajam tipam specifisku praimeru		Starl
	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	
TRI12	12CON	CATGAGCATGGTGATGTC	kopīgs visiem ķīmiskajiem tipiem <i>multiplex-PCR</i> kopā ar ķīmiskajam tipam specifisku praimeru		Starl
	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.