



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS
UNIVERSITĀTES
AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKĀ INSTITŪTA
“*AGRIHORTS*”

Projekta

**Dzeltenās rūsas (ieros. *Puccinia striiformis*,
Wes.) izplatība Latvijā un pasākumi tās
postīguma ierobežošanai**

Nr.10 9.1-11/20/1633-e

zinātniskā atskaite

Projekta vadītāja: Līga Feodorova-Fedotova

Jelgava, 2020

Projekta izpildītāji:

LLU Augu aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”:

Viktorija Zagorska, vadošā pētniece

Inga Moročko-Bičevska, Ph.D., vadošā pētniece

Paweł Czembor, vadošais viespētnieks

Līga Feodorova-Fedotova, viespētniece

Alise Klūga, viespētniece

Vikram Reddy Narala, viespētnieks

Vladimirs Koteļņecs, viespētnieks

Vija Strazdiņa, pētniece

Inta Jakobija, zinātniskā asistente

Kristīne Hercberga, projekta administratore

Dainis Barkāns, tehniķis

Saturs

Kopsavilkums	4
Ievads	5
Dzeltenās rūsas ierosinātāja <i>P. striiformis</i> agresīvo rasu un Latvijā audzēto kviešu šķirņu mijiedarbības izpēte laboratorijas apstākļos	7
Metodika	7
Rezultāti	8
Secinājumi.....	11
Kviešu lapu paraugu ar dzeltenās rūsas <i>P. striiformis</i> pazīmēm ievākšana, sporu pavairošana...	12
Metodika kviešu lapu ar dzeltenās rūsas pazīmēm ievākšanai	12
Metodika dzeltenās rūsas <i>Puccinia striiformis</i> uredosporu pavairošanai uz kviešiem	13
Rezultāti	14
<i>P. striiformis</i> rasu identifikācija ar fenotipēšanas metodi laboratorijas apstākļos.....	15
Metodika	15
Rezultāti	16
Secinājumi.....	16
Rūsu <i>Puccinia</i> spp. sastopamība uz bārbeļu <i>Berberis</i> spp. lapām.....	17
Bārbeļu augu daļu ar <i>Puccinia</i> pazīmēm ievākšanas metodika	18
<i>Puccinia</i> spp. sugu identifikācija	20
Metodika	20
Rezultāti	21
Secinājumi.....	25
Toksīnu izraisošo sēņu sastopamība, sugu identificēšana auzu dīgstos un graudos.....	26
Auzu dīgstu un graudu paraugu ievākšana Latvijas teritorijā.....	26
<i>Fusarium</i> spp. izdalīšana no ievāktajiem paraugiem, tīrkultūru iegūšana, sākotnēja izolātu identifikācija un atlase kolekcijai, tīrkultūru saglabāšana.....	28
Metodika	28
Rezultāti	31
Secinājumi.....	36
Informatīvais materiāls par nozīmīgākajām auzu slimībām un kviešu dzelteno rūsas <i>P. striiformis</i>	37

Kopsavilkums

Projekta “Dzeltenās rūsas (ieros. *Puccinia striiformis*, Wes.) izplatība Latvijā un pasākumi tās postīguma ierobežošanai” pētījumi 2020. gadā veikti trīs virzienos: 1) Latvijā audzēto kviešu šķirņu izturības novērtējums pret dzelteno rūsu un *P. striiformis* rasu identifikācija ar fenotipēšanas metodi; 2) uz bārbeļu lapām sastopamo rūsu identifikācija; 3) patogēno sēņu izdalīšana no auzu augu daļām un tīrkultūru kolekcijas veidošana. Projekta uzdevumi ir izpildīti.

Siltumnīcas apstākļos novērtēta Latvijā audzēto kviešu šķirņu izturība pret dažādām *P. striiformis* rasēm. Pētījumam izmantotas šādas šķirnes: Brencis, Ceylon, Fredis, Edvins, Magnifik, Olivin, Reinis, Skagen, Talsis un Zeppelin. Veikta mākslīgā inokulācija ar pieciem *P. striiformis* izolātiem, kas pārstāv trīs Latvijā sastopamas rases. Pēc uzskaišu veikšanas secināts, ka Latvijā audzētās kviešu šķirnes juvenilā attīstības periodā ir ieņēmīgas pret *P. striiformis* rasēm Warrior un Warrior⁻, daļēji ieņēmīgas pret Triticale 2015.

Paralēli šķirņu izturības izvērtējumam, Latvijas teritorijā ievāktas kviešu lapas ar *P. striiformis* pazīmēm un LLU Augu aizsardzības zinātniskajā institūtā veikta uredosporu pavairošana. Ar iegūto materiālu inficētas kviešu diferenciatoršķirnes un pēc simptomu uzskaites identificētas rases. Pētījumā izmantoti četri *P. striiformis* izolāti un visi identificēti kā Triticale 2015.

Projekta laikā Latvijas teritorijā ievākti 54 bārbeļu augu daļu paraugi ar rūsas pazīmēm. Salīdzināšanai pētījumā iekļauti trīs dzeltenās rūsas paraugi no kviešiem. Pētījums veikts sadarbībā ar Dārzkopības institūta Augu patoloģijas un entomoloģijas nodaļu. Kopumā no 57 paraugiem sekmīgi izdalītas DNS, veikta ITS1/5.8S/ITS2/28S reģiona PCR amplifikācija un pilna garuma sekvenču iegūšana. Veikta sekvenču assemblja, salīdzināšana ar datu bāzēm, datu matricas izveide un filoģenētiskās analīzes sugu identifikācijai. Pēc pirmā gada pētījuma rezultātiem secināts, ka Latvijas teritorijā bārbeles *Berberis* spp. ir starpsaimnieki stiebru rūsas ierosinātajiem *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *P. graminis* f. sp. *lolii*, *P. tritici* f. sp. *avenae*. Uz bārbelēm atrasta arī rūsa, kas ir ģenētiski radniecīga dzeltenai rūsai *P. striiformis* f. sp. *tritici*, bet precīzai sugas identifikācijai un, vai šī rūsa ir kaitīga arī kviešiem, nepieciešami padziļinātas filoģenētiskās analīzes un papildu pētījumi par izplatību uz bārbelēm un to patogenitāti uz kviešiem vai citiem graudaugiem.

Lai noteiktu toksīnus veidojošo un graudu kvalitāti ietekmējošo sēņu izplatību un sugas, 2020. gada veģetācijas sezonā Latvijas teritorijā apsekoti 20 auzu sējumi integrētajās un bioloģiskajās saimniecībās, kā arī 1 sējums AREI Stendes pētniecības centrā. Katrā sējumā veģetācijas sākumā 10 vietās ievākti 10 dīgsti, un veģetācijas beigās 10 skaras ar redzamām slimības pazīmēm. Patogēnās sēnes izdalītas LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta laboratorijā, veikta izolātu grupēšana, aprakstīšana, mikroskopēšana, izveidota tīrkultūru kolekcija un veikta izolātu sākotnējā identifikācija. 44 izolāti identificēti sugu līmenī ar molekulārām metodēm, sekvenējot ITS1/5.8S/ITS2 reģionu. Pētījumā uz auzām konstatētas virkne graudu kvalitāti ietekmējošas patogēnās sēnes, starp kurām dominēja *Alternaria*, *Pyrenophora* un dažādas *Fusarium* sugas. Graudos identificētas vairākas toksīnus veidojošās *Fusarium* sugas – *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*. Pētījumā secināts, ka Latvijā auzām ir izplatītas vārpu slimības, no kurām daļa izpaužas jau dīgstu fāzē. Par šo slimību izplatību, nozīmi un ierosinātajiem ir nepieciešami papildu pētījumi un jau iegūto datu padziļināta analīze.

Ievads

Dzeltenā rūsa (ieros. *Puccinia striiformis*) ir postīga kviešu slimība, kas ieņēmīgu šķirņu sējumos var izraisīt nozīmīgus ražas zudumus. Dzeltenā rūsa ir sastopama daudzviet pasaulē, tai skaitā arī Latvijā. Jaunākie pētījumi atklāj, ka ir izveidojušās jaunas, agresīvas *P. striiformis* rases, kas veido vairāk sporu un ir pielāgojušās siltiem klimatiskajiem apstākļiem, tādējādi ir potenciāli bīstamas. Izturīgu šķirņu izvēle ir viens no veidiem, kā ierobežot *P. striiformis* izplatību, īpaši bioloģiskajos sējumos. Latvijā audzēto kviešu šķirņu izturība pret jaunajām, agresīvajām *P. striiformis* rasēm ir maz pētīta. Kviešu šķirnes var parādīt dažādu reakciju pret atšķirīgām *P. striiformis* rasēm, tāpēc projekta laikā tiks noskaidrots rasu sastāvs Latvijā. Projekta laikā iegūtā informācija par Latvijā audzētu kviešu šķirņu izturību pret dzelteno rūsu tiks izmantota rekomendāciju izveidē graudaugu audzētājiem.

Ir zināms, ka dzeltenās rūsas starpsaimnieks var būt bārbele *Berberis* spp., taču Latvijā bārbeļu loma dzeltenās rūsas un citu graudaugu rūsu attīstības ciklā nav pētīta. Eiropā un citviet pasaulē ir uzsākta rūsu izpēte uz bārbelēm, jo secināts, ka iespējams bārbelēm varētu būt nozīme patogēna agresivitātes mainībā. *Puccinia* spp. identifikācija no bārbeļu augu daļu paraugiem atklās, kādas rūsu sugas ir sastopamas uz bārbelēm Latvijas teritorijā, un ļaus izdarīt secinājumu, vai bārbelēm ir nozīmīga loma *P. striiformis* attīstībā kā starpsaimniekiem.

Pēdējos gados Latvijā auzas arvien biežāk tiek audzētas pārtikas graudu ieguvei. Latvijas klimatiskie apstākļi ir piemēroti auzu audzēšanai, taču augstas kategorijas ražas ieguvei ir nepieciešama auzu patogēnu ierobežošana. Latvijā auzu patogēni ir maz pētīti un arvien biežāk tiek saņemtas ziņas no zemniekiem un graudu pārstrādes uzņēmumiem par pārsniegtu mikotoksīnu pieļaujamo normu, kā arī par nekvalitatīviem graudiem. Projekta laikā tiks uzsākta auzu patogēnu izpēte, sugu identifikācija, izveidota tīrkultūru kolekcija. Iegūtā informācija sniegs ieskatu par Latvijā sastopamo auzu patogēnu t.sk. *Fusarium* spp. sugu sastāvu, kas ļaus izveidot ieteikumus patogēnu ierobežošanai.

Projekta mērķis ir dzeltenās rūsas ierosinātāja *P. striiformis* agresīvo rasu un Latvijā audzēto kviešu šķirņu mijiedarbības izpēte laboratorijas apstākļos; turpināt sagatavot informatīvo materiālu par dzelteno rūsu *P. striiformis*; informatīva materiāla sagatavošana par Latvijā nozīmīgu graudaugu patogēnu *Fusarium* spp.; *Fusarium* spp. sastopamība, sugu identificēšana auzu graudos.

Projekta uzdevumi 2020. gadam:

1. Latvijā audzēto kviešu šķirņu izturības pārbaude pret *P. striiformis* agresīvajām rasēm laboratorijas apstākļos.
2. Kviešu lapu paraugu ar dzeltenās rūsas *P. striiformis* pazīmēm ievākšana, sporu pavairošana.
3. *P. striiformis* rasu identifikācija ar fenotipēšanas metodi laboratorijas apstākļos.
4. Informatīvo materiālu par dzelteno rūsu *P. striiformis* un Latvijā nozīmīgiem auzu patogēniem, tai skaitā *Fusarium* spp. izveide.
5. Bārbeļu augu daļu ar *Puccinia* pazīmēm ievākšana visā Latvijas teritorijā.

6. *Puccinia* spp. DNS izdalīšana no ievāktajiem bārbeļu augu daļu paraugiem.
7. ITS PCR amplifikācija, produktu attīrīšana un nodošana sekvencēšanai, sekvenču asemblija, datu matricas izveide, filoģenētiskās analīzes.
8. Auzu augu daļu un graudu paraugu ievākšana Latvijas teritorijā.
9. *Fusarium* spp. izdalīšana no ievāktajiem paraugiem, tīrkultūru iegūšana, sākotnēja izolātu identifikācija un atlase kolekcijai, tīrkultūru saglabāšana.
10. Iegūto datu apkopošana un atskaites sagatavošana.

Dzeltenās rūsas ierosinātāja *P. striiformis* agresīvo rasu un Latvijā audzēto kviešu šķirņu mijiedarbības izpēte laboratorijas apstākļos

Metodika

Pētījumi kontrolētos apstākļos visprecīzāk atklāj patogēna ietekmi uz augu, tāpēc Latvijā audzēto kviešu šķirņu izturības pārbaudei kā pētījuma vieta izvēlēta LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta “Agrihorts” siltumnīca. Pētījumam izmantotas desmit Latvijā audzētas kviešu šķirnes: Brencis, Ceylon, Edvins, Fredis, Magnifik, Olivin, Reinis, Skagen, Talsis un Zeppelin. Sēklas iegūtas no AREI Stendes pētniecības centra.

Pētījumā izmantoti pieci *P. striiformis* agresīvo rasu izolāti: Pst18-64 (Warrior -), Pst19-46 un Pst19-63 (Warrior), Pst18-65 (Triticale 2015), kas iegūti no Plant Breeding and Acclimatization Institute (IHAR, Polija) un LV 54-17 Amb (Warrior), kas atsūtīts no Global Rust Reference Centre (GRRC, Dānija). Visi izmantotie izolāti ir molekulāri identificēti un iepriekš konstatēti arī Latvijas teritorijā. Saņemtās *P. striiformis* sporas uzglabātas saldētavā –80 °C temperatūrā, pirms izmantošanas tās karsētas ūdens vannā +42 °C temperatūrā 2 minūtes.

Kopumā ar katru *P. striiformis* izolātu kviešu šķirnes inficētas divas reizes divos atkārtojumos. Vienā reizē inficēti divdesmit podiņi ar kviešiem (divi no katras šķirnes). Plastmasas podiņos 7x7x6.5 cm izmērā iepildīts kviešu audzēšanai piemērots Pindstrup kūdras substrāts, katrā podiņā ievietotas 8 sēklas. Augiem siltumnīcā nodrošināti šādi apstākļi: gaisa temperatūra dienā +17 °C (16 stundas), naktī +12 °C (8 stundas), relatīvais mitrums 70 – 80 %, gaismas daudzums dienā 10 000 lx. Pēc aptuveni divu nedēļu veģetācijas perioda, kad otrā auga lapa ir izaugusi līdz pusei, kvieši inficēti ar *P. striiformis* izolātiem. Augi apstrādāti ar smidzinātāja (Air brush spray gun) palīdzību. Vienai paplātei ar divdesmit podiņiem izmantoti 10 mg sporu un 5ml Novec 7100 šķīduma, kas pirms apstrādes sajaukti kopā. Pēc inficēšanas ar izolātiem, augiem papildus uzsmidzināts ūdens, tie ievietoti kastē ar vāku un nolikti augu audzēšanas kamerā tumsā, +10 °C uz 24 stundām. Pēc tam augi pārvietoti uz siltumnīcu, nodalot atsevišķi ar atšķirīgiem izolātiem apstrādātos. Trīs nedēļas pēc inficēšanās veiktas uzskaites (1. pielikums, dzeltenās rūsas pazīmju novērtējuma veidlapa), papildus dzeltenās rūsas pazīmes dokumentētas fotogrāfijās. Uzskaitēs izmantota starptautiska 0-9 pazīmju vērtēšanas skala (1. attēls), kur 0 parāda izturīgu augu, bet 9 stipri inficētu.



1.attēls. Pazīmju vērtēšanas skala (¹Howmöller *et al.* 2017).

Rezultāti

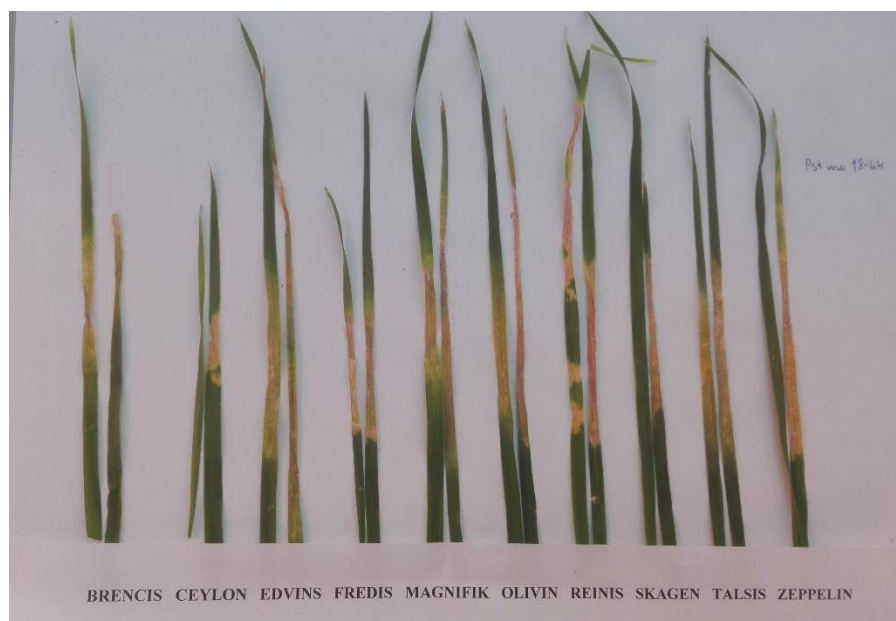
Trīs nedēļas pēc inficēšanas veikts slimības pazīmju novērtējums, rezultāti apkopoti tabulā (Tabula 1). Dati parāda vidējo rezultātu, veicot četrus eksperimenta atkārtojumus.

Tabula 1. *P. striiformis* rasu virulence uz Latvijā audzēto kviešu šķirņēm (+ virulents, (+) daļēji virulents, – avirulents).

Kviešu šķirne	<i>P. striiformis</i> izolāts (rase)				
	Pst18-64 (Warrior -)	Pst18-65 (Triticale 2015)	LV 54-17 Amb (Warrior)	Pst19-46 (Warrior)	Pst19-63 (Warrior)
Brencis	+	(+)	+	+	+
Ceylon	+	(+)	+	+	+
Edvins,	+	(+)	+	+	+
Fredis	+	–	+	+	+
Magnifik	+	(+)	+	+	+
Olivin	+	(+)	+	+	+
Reinis	+	–	+	+	+
Skagen	+	(+)	+	+	+
Talsis	+	(+)	+	+	+
Zeppelin	+	–	+	+	+

Inficējot kviešu šķirnes ar izolātu Pst18-64, visām šķirnēm novēroti izteiktas slimības pazīmes ar intensīvu sporulāciju (2. attēls). Īpaši stipri inficētas bija šķirnes Brencis, Edvins, Olivin, savukārt uz šķirnēm Ceylon, Reinis un Skagen novērotas mazāk intensīvas slimības pazīmes, salīdzinot ar citām šķirnēm.

¹Hovmöller, M.S., Rodriguez-Algaba, J., Thach, T. & Sørensen C.K. 2017. Race typing on *Puccinia striiformis* on wheat. *Wheat Rust Diseases*, 1659, 29-49.



2.attēls. Latvijā audzēto kviešu šķirņu reakcija uz *P. striiformis* izolātu Pst18-64.

Latvijā audzēto kviešu šķirņu simptomi inficējot ar *P. striiformis* izolātu Pst18-65 bija mazāk izteikti (3.attēls) nekā, inficējot ar pārējiem izolātiem. Uz kviešu lapām bija redzama hloroze, šķirnēm Edvins un Talsis arī neliela nekroze. Šķirnēm Fredis, Reinis, Zeppelin slimības simptomi netika novēroti. Lai varētu pārliecinoši apgalvot, ka minētās šķirnes juvenilos attīstības posmos ir izturīgas pret Triticale 2015 rasi, nepieciešams veikt vairākus atkārtojumus. Citu valstu pētījumi rāda, ka šī *P. striiformis* rase bieži izraisa epidēmijas tritikāles un cieto kviešu sējumos, savukārt parasto kviešu laukos sastopama retāk.

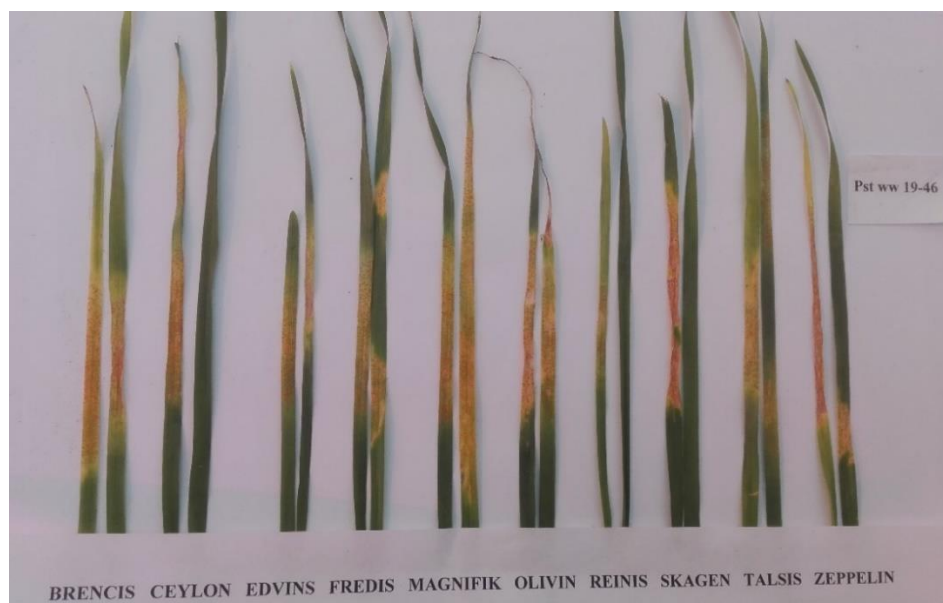


3.attēls. Latvijā audzēto kviešu šķirņu reakcija uz *P. striiformis* izolātu Pst18-65.

Novērota augsta kviešu šķirņu ieņēmība inficējot tās ar *P. striiformis* rasi Warrior (4., 5., 6.attēls). Visās uzskaitēs bija redzami slimības simptomi ar sporulāciju, īpaši izteikta tā bija kviešiem, inficētiem ar Pst19-46 izolātu.



4.attēls. Latvijā audzēto kviešu šķirņu reakcija uz *P. striiformis* izolātu LV 54-17 Amb.



5.attēls. Latvijā audzēto kviešu šķirņu reakcija uz *P. striiformis* izolātu Pst19-46.



6.attēls. Latvijā audzēto kviešu šķirņu reakcija uz *P. striiformis* izolātu Pst19-63.

Secinājumi

Latvijā audzētās kviešu šķirnes ir ieņēmīgas pret dažādām *P. striiformis* rasēm juvenilās attīstības stadijās. Lai iegūtu pārliecinošus rezultātus, nepieciešami vairāki eksperimenta atkārtojumi. Jaunu, izturīgu kviešu šķirņu selekcija un audzēšana ļautu izvairīties no epidēmijām nākotnē un ierobežotu *P. striiformis* izplatību Latvijas teritorijā, īpaši bioloģiskajos sējumos.

Kviešu lapu paraugu ar dzeltenās rūsas *P. striiformis* pazīmēm ievākšana, sporu pavairošana

Projekta ietvaros 2020. gada veģetācijas sezonā ievāktas kviešu lapas ar dzeltenās rūsas pazīmēm, kā arī *P. striiformis* uredosporas. Ievāktais materiāls izmantots *P. striiformis* rasu identifikācijā ar fenotipēšanas metodi un sporu kolekcijas izveidei turpmākiem pētījumiem.

Metodika kviešu lapu ar dzeltenās rūsas pazīmēm ievākšanai

Paraugu ievākšana veikta pēc Global Rust Reference Center (Dānija) izstrādātajiem ieteikumiem: https://agro.au.dk/fileadmin/GRRC_Submission_of_samples_NewMay2016.pdf

No katra sējuma ievāktas vismaz piecas, zaļas kviešu lapas ar acīm redzamām *P. striiformis* pazīmēm (7.attēls) bez citu patogēnu klātbūtnes. Lapas pārlocītas uz pusēm un ievietotas papīra maisiņos (8.attēls), kas vēlāk novietoti zem spiedes istabas temperatūrā uz 24 stundām. Papildus ievākta informācija par paraugu ievākšanas datumu, lauka koordinātām, kviešu šķirni, augu attīstības etapu (BBCH), kura auga lapa ir ievākta, fungicīdiem (ir lietoti, vai nav).



7.attēls. Kviešu lapa ar dzeltenās rūsas pazīmēm.



8.attēls. Ievākto kviešu lapu uzglabāšanas veids.

Metodika dzeltenās rūsas *Puccinia striiformis* uredosporu pavairošanai uz kviešiem

Nedēļas laikā pēc paraugu ievākšanas kviešu lapu fragmenti ar redzamām slimības pazīmēm ievietoti Petri platēs uz filtrpapīra, uz kura uzpilināts ~3 ml destilēts ūdens. Petri plates ar kviešu lapu fragmentiem ievietotas augu audzēšanas kamerā uz 12 stundām: gaisa temperatūra +17 °C, gaisa mitrums 70 %, gaismas daudzums 10 000 lx. Šādos apstākļos veicināta sporulācija (9. attēls), uzreiz pēc tam kviešu lapu fragmenti izmantoti jaunu augu inficēšanai.



9.attēls. Kviešu lapu fragmenti, uz kuriem vērojama sporulācija.

Sporu pavairošanai izmantota tā pati kviešu šķirne, no kuras iegūti paraugi. Augi ir gatavi inficēšanai aptuveni divu nedēļu vecumā, kad otrā auga lapa ir izaugusi līdz pusei (10.attēls). Iepriekš sagatavotie kviešu lapu fragmenti vairākas reizes novilkti gar veselā auga lapām, lai pārnestu sporas no inficētās lapas uz jauno augu. Pēc tam augi apsmidzināti ar ūdeni un novietoti paplātē guļus uz paliktņa. Virsū uzlikts vāks un podiņi ar kviešiem ievietoti augu audzēšanas kamerā tumsā, +10 °C uz 24 stundām. Vēlāk augi pārnesti uz siltumnīcu. Pēc desmit dienām podiņiem virsū uzlikti elpojoši, caurspīdīgi plastmasas maisiņi, kas nostiprināti ar gumiju.



10.attēls. Podiņi ar ziemas kviešiem, gatavi inficēšanai.

Trīs nedēļas pēc inficēšanas uzsākts vākt *P. striiformis* uredosporas. Darbs veikts sterilos apstākļos laminārajā boksā, dezinficējot vidi un instrumentus pēc katra parauga. Podiņš ar inficētajiem augiem sagāzts guļus, vienlaikus ar roku saspiežot maisiņu ap augsni, tādējādi novēršot augsnes daļiņu nokļūšanu maisiņa galā. Augu lapas caur maisiņu sakratītas, lai sporas nobirst no kviešu lapām un uzkrājas vienā no maisiņa stūriem (11.attēls). Ar dezinficētām šķērēm nogriezts maisiņa stūris un sporas izkratītas uz salocīta pergamenta papīra, pēc tam iebērtas aukstumizturīgā trauciņā. Maisiņa stūris aizlīmēts ar uzlīmi un pieskavots, podiņš novietots atpakaļ siltumnīcā, lai pēc nedēļas veiktu atkārtotu sporu novākšanu. Trauciņš ar uredosporām uz dažām dienām ievietots desikatorā istabas temperatūrā, lai veicinātu sporu izžūšanu. Pēc žāvēšanas sporas uzglabātas saldētavā -80 °C.



11.attēls. *P. striiformis* uredosporas pirms novākšanas.

Gadījumos, kad sējumos novērota stipra infekcijas pakāpe, *P. striiformis* uredosporas lauka apstākļos uzreiz ievāktas trauciņos, vēlāk izžāvētas desikatorā un ievietotas saldētavā -80 °C.

Rezultāti

2020. gada veģetācijas sezonā ievākti un pavairoti četri *P. striiformis* izolāti. Ievākšanas vieta: AREI Stendes pētniecības centrs, ziemas kviešu šķirnes Fredis (identifikācijas nr. Pst1), Edvins (Pst2) un Ruske (Pst3); Talsu novads, Šķēde, kviešu šķirne nezināma (Pst4).

***P. striiformis* rasu identifikācija ar fenotipēšanas metodi laboratorijas apstākļos**

Viena no *P. striiformis* rasu identifikācijas metodēm ir fenotipēšana. Tās princips balstās uz kviešu diferenciatoršķirņu inficēšanu ar *P. striiformis* uredosporām un slimības pazīmju vērtēšanu. Katra no diferenciatoršķirnēm satur zināmus rezidences gēnus, kas mijiedarbojoties ar patogēna virulences gēniem (2. pielikums) veido vai, rezistences gadījumā, neveido vizuālus simptomus uz auga lapām, kā rezultātā var noteikt *P. striiformis* rasi.

Metodika

Pētījumam izmantots starptautiski atzīts diferenciatoršķirņu komplekts, kas ietver 20 ziemas un vasaras kviešu šķirnes ar noteiktiem rezistences gēniem (Tabula 2.). Kviešu šķirņu sēklas iegūtas no The Plant Breeding and Acclimatization Institute, Polijā.

Tabula 2. Kviešu diferenciatoršķirņu komplekts *P. striiformis* rasu identifikācijai.

Nr.p.k.	Kviešu šķirnes	Rezistences gēni	Kvieši veids
1	Ambition	Amb	ziemas
2	Avocet Yr6	Yr6, AvS	vasaras
3	Avocet Yr8	Yr8	vasaras
4	Avocet Yr9	Yr9, AvS	vasaras
5	Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	vasaras
6	Avocet S	YrS	vasaras
7	Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	vasaras
8	Carstens V	Yr25, Yr32, +	ziemas
9	Cartago	nav	ziemas
10	Chinese 166	Yr1	ziemas
11	Cortez	Yr15	ziemas
12	Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	ziemas
13	Hybrid 46	Yr4, +	ziemas
14	Kalyansona	Yr2, +	vasaras
15	Lee	Yr7, +	vasaras
16	Moro	Yr10	ziemas
17	Opata	Yr18, Yr27, +	vasaras
18	TP 981	Yr25, +	Vasaras/ziemas
19	Vilmorin 23	Yr3, +	ziemas
20	VPM1	Yr17, +	ziemas

Kvieši audzēti Pindstrup kūdras substrātā, podiņā ievietojot 6 sēklas no katras diferenciatoršķirnes. Augiem siltumnīcā nodrošināti šādi apstākļi: gaisa temperatūra dienā +17 °C (16 stundas), naktī +12 °C (8 stundas), relatīvais mitrums 70 – 80 %, gaismas daudzums dienā

10 000 lx. Divas nedēļas pēc sējas, augi inficēti ar Latvijā ievāktajām/pavairotajām *P. striiformis* uredosporām (inficēšanas metodi skatīt 7. lpp.).

Kviešu inficēšanai izmantoti četri *P. striiformis* izolāti, kas 2020. gada veģetācijas sezonā ievākti Latvijas teritorijā: Pst1, Pst2, Pst3, Pst4.

Rezultāti

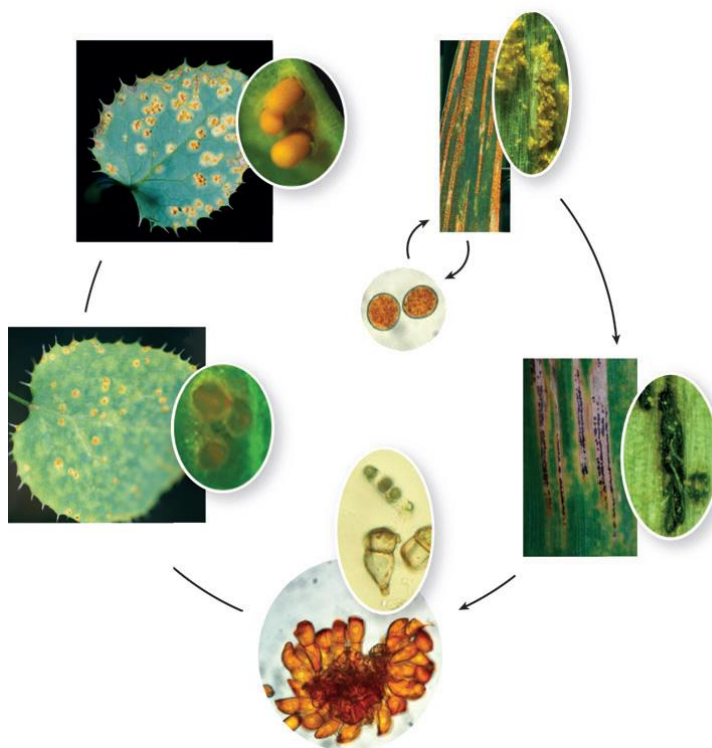
Iegūtie rezultāti apskatāmi 3., 4., 5., un 6. pielikumā. Analizējot uzskaišu datus un salīdzinot tos ar *P. striiformis* rasu virulences fenotipiem (2. pielikums) secināts, ka trīs izolāti (Pst1, Pst2 un Pst3) atbilst Warrior⁻ un viens (Pst4) Warrior rasei.

Secinājumi

Latvijā ir sastopamas agresīvas *P. striiformis* rases, kas pieder PstS10 un PstS7 ģenētiskajai grupai. Identificētās rases ir potenciāli bīstamas un spēj izraisīt epidēmijas. Ņemot vērā patogēna ģenētisko mainību, rasu identifikācija būtu jāveic katru gadu.

Rūsu *Puccinia* spp. sastopamība uz bārbeļu *Berberis* spp. lapām

P. striiformis ir patogēns ar sarežģītu attīstības ciklu (12.attēls). Primārais *P. striiformis* saimnieks ir kvieši, tritikāle un citas graudzāles, piemēram, parastā kamolzāle, savukārt starpsaimnieks var būt dažādu sugu bārbeles: *Berberis chinensis*, *B. koreana*, *B. holstii*, *B. vulgaris*, *B. shensiana*, *B. potaninii*, *B. dolichobotrys* vai mahonija *Mahonia aquifolium*. Uz primārā saimniekauga iespējams atrast trīs sporu veidus: uredosporas, teleitosporas un bazīdijsporas, uz sekundārā divus: spermācijas un ecīdijsporas. *P. striiformis* spēj inficēt primāro saimnieku ar uredosporām, taču pastāv uzskats, ka izejot pilnu attīstības ciklu, tā agresivitāte palielinās.



12.attēls. *P. striiformis* attīstības cikls (²Hovmøller *et al.*, 2011)..

Latvijā nav veikti pētījumi par patogēnu sugu sastāvu uz bārbelēm. Sugu identifikācija sniegs atbildi, vai bārbele ir *P. striiformis* starpsaimnieks Latvijas teritorijā.

² Hovmøller, M.S., Sørensen, C.K., Walter, S., & Justesen, A.F. (2011). Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annual Review of Phytopathology*, 49(1), 197–217. DOI: 10.1146/annurev-phyto-072910-095230.

Bārbeļu augu daļu ar *Puccinia* pazīmēm ievākšanas metodika

Metodikā izmantoti Global Rust Reference Center izstrādātie ieteikumi un fotogrāfijas. No katra krūma ievāktas vismaz 5 (ja nav, tad mazāk) bārbeļu lapas ar rūsas pazīmēm (13., 14., 15., 16. attēls). Priekšroka dota lapām ar ecīdijām.



13.attēls. Bārbeles lapas augšpuse.



14.attēls. Bārbeles lapas apakšpuse ar ecīdijām.



15.attēls. Rūsa uz bārbeles lapām.



16. attēls. Noslēgtas ecīdijas un bārbeles lapas.

Katra lapa atsevišķi ievietota elpojošā papīra maisiņā, paraugam piešķirts numurs. Aploksnes ar paraugiem novietotas zem sloga un izžāvētas.

Par katru ievākto paraugu ievākta un apkopota informācija: paraugu ievākšanas datums, bārbeles atrašanās vietas koordinātas, īss krūma un atrašanās vietas raksturojums (piemēram, lielākā daļa lapu inficētas ar rūsu, šobrīd zied, atrodas pilsētas parkā).

Ievākšanas procesa laikā uzņemtas fotogrāfijas – bārbeles lapas, ērkšķi, ziedi, augļi, kas vēlāk var kalpot kā līdzeklis bārbeles sugas identifikācijai.

Projekta laikā ievākti 54 bārbeļu augu daļu paraugi no dažādām vietām Latvijas teritorijā (17. attēls).



17.attēls. Bārbeļu lapu ievākšanas vietas Latvijas teritorijā.

***Puccinia* spp. sugu identifikācija**

Metodika

Projekta mērķu sasniegšanai izmantota I. Moročko-Bičevskas izstrādātā metodika bārbeļu augu daļu ar rūsas pazīmēm paraugu sagatavošanai, DNS izdalīšanai, PCR produktu sagatavošanai, amplifikācijai, PCR produktu attīrīšanai un sagatavošanai sekvencēšanai. Paraugu sagatavošana līdz sekvencēšanai veikta Dārzkopības institūta Augu patoloģijas un entomoloģijas nodaļas laboratorijā. Sekvencēšana veikta Latvijas Biomedicīnas pētījumu un studiju centrā.

Ievāktie bārbeļu augu daļu paraugi ar rūsas pazīmēm izšķiroti un atlasīti kvalitatīvākie, ar izteiktākiem rūsas simptomiem. Ar sterilu skalpeli sēnes struktūras izgrieztas no auga daļas un pārnestas Petri platē. Paraugiem piešķirts numurs. Darbā laikā ievērota sterilitāte, instrumenti dezinficēti pēc katra parauga.

Sēnes struktūras pārnestas sterilā, atdzesētā piestā un sasmalcinātas pulverī, izmantojot šķidro slāpekli un piestu. Sasmalcinātais materiāls ar spatulu pārnestas atdzesētā 2 ml Eppendorfa stobriņā un uzglabātas saldētavā -80°C līdz turpmākajām manipulācijām.

Tālāk veikta DNS izdalīšana, izmantojot *Qiagen DNeasy Plant Mini kit* DNS izdalīšanas reaģentu komplektu, sekojot ražotāja instrukcijām un sākot ar 7. soli protokolā. (*Protocol: Purification of total DNA from plant tissue (Mini Protocol)*). Izdalītā DNS šķīdumi nekavējoties novietoti uz ledus. Noteikta DNS koncentrāciju, izmantojot Nanodrop 1000 iekārtu. DNS uzglabāti saldētavā -20°C .

ITS1/5.8S/ITS2/28S reģiona PCR amplifikācija veikta, izmantojot Phire Hot Start II polimerāzi, augu materiālam pielāgotu polimerāzes buferi un ITS5 un Rust1 praimerus (Driessen et al., 2004). Amplikona garums ~1300 bp.

Elektroforēze veikta 1.5 % agarozes gēlā 1x TBE buferī, kam pievienots etīdija bromīda šķīdums. Gēlā ielikts 9 ul PCR produkta un 5 ul garuma marķieri. Aptuvenais fragmentu garums noteikts, izmantojot garuma standartu - GeneRuler™ 100 bp DNA ladder Plus, ready-to-use. Gēla attēli digitāli dokumentēti.

Atbilstošie PCR produktus attīrīti, izmantojot *QIAquick PCR Purification kit* (Qiagen) reaģentu komplektu, sekojot ražotāja instrukcijām (*Protocols: QIAquick PCR Purification Kit Protocol using a micro centrifuge*). PCR produktu koncentrācijas un tīrības pakāpes noteikšana veikta, izmantojot Nanodrop 1000.

Sekvencēšana veikta Latvijas Biomedicīnas un pētījumu studiju centrā kā ārpakalpojums. Lai izvēlētos piemērotākos sekvencēšanas praimerus, pieciem paraugiem izmantoti septiņi praimeru – ITS5, Rust1, Rust2, Rust3, ITS4, ITS2-P, IT3 (Gardes & Bruns, 1993; White et al., 1990; Driessen et al., 2004). Kā piemērotākie izvēlēti un pārējiem paraugiem izmantoti četri praimeru: ITS5, Rust1, ITS4, Rust3. Sekvenču asmeblija veikta, izmantojot datorprogrammu paketi Lasergene 14. Filoģenētiskās analīzes veiktas ar datorprogrammu PAUP.

Rezultāti

Pētījuma rezultāti apkopoti Tabula 3.

Kopumā sekvencēti 57 paraugi, 54 no tiem iegūti no bārbeļu augu daļām – lapām, ogām, zariem ar rūsas pazīmēm. Papildus sekvencēti 3 paraugi, kas iegūti no kviešu lapām ar *P. striiformis* pazīmēm. Analizējot sekvences un salīdzinot ar NCBI datu bāzē pieejamām sekvencēm, 37 paraugiem noteikta *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*, 2 paraugiem *Puccinia graminis* f.sp. *avenae*, 6 paraugiem *P. graminis* f. sp. *lolii*, 6 paraugiem *Puccinia graminis* HSZ0753, vienam paraugam sekvences atbilda *P. graminis* f. sp. *lolii* un *Puccinia graminis* HSZ0753, 2 paraugiem *Puccinia* sp. AB-2012, strain 633.

Tabula 3. *Puccinia* sugu identifikācija uz bārbelēm 2020. gadā.

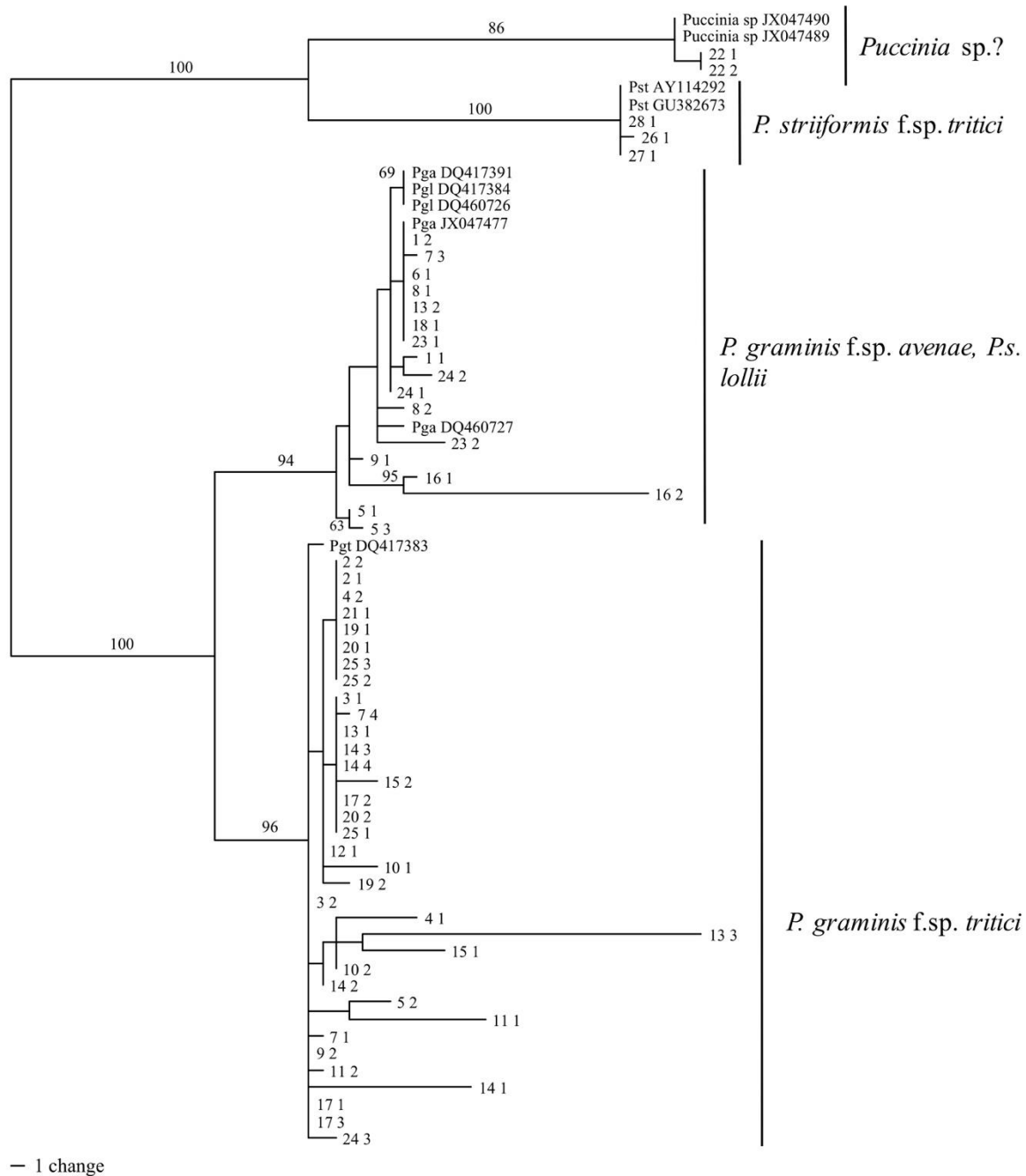
Parauga Nr.	Atradne	Saimniekaugs		ITS/5.8S/ITS2/28S (NCBI Blast)		
		Suga, genotips	Orgāns	Suga	Pārklājums, %	Identitāte, %
1.1	Vecdaugava, Ziemeļu rajons, Rīga	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> strain HSZ0753	99	99.34
1.2	Vecdaugava, Ziemeļu rajons, Rīga	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> strain HSZ0753	100	99.58
2.1	Lielais Nabes ezers, Padures pagasts	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	100	99.59
2.2	Lielais Nabes ezers, Padures pagasts	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	100	99.58
3.1	Odziņa	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	100	99.48
3.2	Odziņa	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	99.22
4.1	Lielais Nabes ezers, Padures pagasts	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	98.62
4.2	Lielais Nabes ezers, Padures pagasts	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.05
5.1	Bīriņu pils	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>P. graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	99	99.8
5.2	Bīriņu pils	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	98.71
5.3	Bīriņu pils	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>P. graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	99	98.71
6.1	Siguldas pils	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> strain HSZ0753	99	98.97

7.1	Jaunjelgava	<i>Berberis vulgaris</i>	Oga	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	99.14
7.3	Jaunjelgava	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> strain HSZ0753	99	98.80
7.4	Jaunjelgava	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	98.97
8.1	Staburags	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> strain HSZ0753	99	98.89
8.2	Staburags	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>avenae</i>	99	98.89
9.1	Staburags	<i>Berberis vulgaris</i>	Oga	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	99	98.89
9.2	Staburags	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	99.31
10.1	Eleja	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	98.79
10.2	Eleja	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	99.30
11.1	Eleja	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	98.43
11.2	Eleja	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	99.31
12.1	Pļavnieki, Rīga	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.14
13.1	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Oga	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	98.97
13.2	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	98.8
13.3	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	96.48
14.1	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Zars	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	98.11
14.2	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Oga	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.31
14.3	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.31
14.4	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.15
15.1	Aknīste	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	98.62
15.2	Aknīste	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	98.97
16.1	Jēkabpils	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>P. graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	99	98.54
16.2	Jēkabpils	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>P. graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	99	98.54
17.1	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.23
17.2	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.57

17.3	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	98	99.4
18.1	Mangaļsala	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.22
19.1	Mangaļsala	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.4
19.2	Mangaļsala	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.05
20.1	Odziņa	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.31
20.2	Odziņa	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.48
21.1	Nīcgale	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.14
22.1	Auru pagasts	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia</i> sp. AB-2012, strain 633	92	99.4
				<i>P. striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>	99	95.08
22.2	Auru pagasts	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia</i> sp. AB-2012, strain 633	92	99.4
				<i>P. striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>	99	95.08
23.1	Garkalnes novads	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> strain HSZ0753	100	98.89
				<i>P. graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	100	98.89
23.2	Garkalnes novads	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>avenae</i>	100	98.80
24.1	Cēsis	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> HSZ0753	99	99.22
24.2	Cēsis	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>P. graminis</i> f. sp. <i>lolii</i>	99	98.88
24.3	Cēsis	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	100	99.15
25.1	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	100	99.67
25.2	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	99	99.31
25.3	Tukums	<i>Berberis vulgaris</i>	Lapa	<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	100	99.15
26.1	Dižstende	<i>Triticum aestivum</i>	Lapa	<i>P. striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>	99	99.65
27.1	Šķēde, Laucienes pagasts	<i>Triticum aestivum</i>	Lapa	<i>P. striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>	99	98.24
28.1	Dižstende	<i>Triticum aestivum</i>	Lapa	<i>P. striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>	99	99.31

Veicot filoģenētiskās analīzes un salīdzinot ar references sekvencēm no NCBI datu bāzes, iegūtie paraugi no bārbelēm un kviešiem grupējās trīs klasteros ar augstu statistikas atbalstu – 1)

Puccinia graminis f. sp. *tritici*, 2) *P. graminis* f. sp. *lollii* un *P. tritici* f. sp. *avenae*; 3) *P. striiformis* f. sp. *tritici* un *Puccinia* sp. (18.attēls). Lielākā daļa no bārbelēm ievāko paraugu atbilda *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*.



18.attēls. *Puccinia* spp. filoģenētiskais koks konstruēts, izmantojot pilna garuma ITS1/5.8S/ITS2 un daļēja garuma 28S sekvences no 67 bārbeļu un kviešu paraugiem.

Kviešu dzeltenās rūsas ierosinātājs *P. striiformis* sp. tritici uz bārbelēm 2020. gada sezonā nav konstatēts, bet atrasta ģenētiski tuvi radniecīga suga, kurai datu bāzēs tuvākā līdzība bija ar *P. striiformis* f. sp. tritici.

Secinājumi

Iegūtie rezultāti parāda, ka Latvijas teritorijā parastā bārbele *Berberis vulgaris* ir stiebru rūsas *Puccinia graminis* starpsaimnieks.

Pēc pirmā gada pētījuma rezultātiem secināts, ka Latvijas teritorijā bārbeles *Berberis* spp. ir starpsaimnieki stiebru rūsas ierosinātājiem *Puccinia graminis* f. sp. tritici, *P. graminis* f. sp. lollii, *P. tritici* f. sp. avenae starpsaimnieki. Uz bārbelēm atrasta arī rūsa ģenētiski radniecīga dzeltenai rūasai *P. striiformis* f. sp. tritici, bet precīzai sugas identifikācijai un, vai šī rūsa ir kaitīga arī kviešiem, nepieciešami padziļinātas filoģenētiskās analīzes un papildu pētījumi par izplatību uz bārbelēm un to patogenitāti uz kviešiem vai citiem graudaugiem.

Toksīnu izraisīto sēņu sastopamība, sugu identificēšana auzu dīgļos un graudos

Sējas auzas *Avena sativa* ir graudzāļu dzimtas kultūraugs, kas Latvijā visbiežāk tiek audzēts zaļmasas un pārtikas graudu ieguvei. Pēdējos gados palielinās pieprasījums pēc pārtikas auzām, patērētāji izvēlas veselīgus, uzturvielām bagātus pārtikas produktus. Graudaugu pārstrādes uzņēmumi – AS “Rīgas Dzirnavnieks” un “Dobeles dzirnavnieks” ir izveidojuši auzu pārstrādes līnijas, kas motivē arī zemniekus pievērsties auzu audzēšanai.

Klimatiskie apstākļi Latvijā ir piemēroti augstas auzu ražas ieguvei, taču, lai iegūtu kvalitatīvu produktu, nepieciešama auzu slimību ierobežošana. Citu valstu pētījumi parāda, ka auzu graudu kvalitāti negatīvi ietekmē *Fusarium* spp. ģints sēnes, kas veido patērētāju veselībai bīstamus mikotoksīnus. Lai auzas būtu iespējams lietot pārtikā, mikotoksīnu daudzums nedrīkst pārsniegt pieļaujamo līmeni. Toksīnus var veidot arī citi auzu patogēni – *Alternaria* spp., *Pyrenophora avenae*. Auzu slimības negatīvi ietekmē ne tikai graudu kvalitāti, bet arī ražas daudzumu, spēcīgas infekcijas rezultātā augam būs traucēta fotosintēze, elpošana un citas svarīgas funkcijas.

Latvijā informācija par auzu patogēniem ir nepilnīga, nav veikti detalizēti pētījumi. Projektā plānots uzsākt auzu patogēnu identifikāciju, kolekciju veidošanu. Veiktais pētījums sniegs informāciju par patogēnu daudzveidību uz auzām Latvijas teritorijā, kas turpmāk ļaus izvēlēties slimībai atbilstošus ierobežošanas pasākumus.

Auzu dīgļu un graudu paraugu ievākšana Latvijas teritorijā

Projekta laikā tika ievākti auzu paraugi ar slimības pazīmēm (19., 20. attēls).



19.attēls. Auzu dīgļi ar slimības pazīmēm. 20.attēls. Auzu graudi ar slimības pazīmēm.

Paraugi ievākti no 20 saimniecībām Latvijas teritorijā (21.attēls). Integrētajā augu audzēšanas sistēmā auzas tika audzētas 17 saimniecībās, bioloģiskajā 3. Papildu paraugi ievākti AREI Stendes pētniecības institūta sējumos.



21.attēls. Auzu paraugu ievākšanas vietas Latvijas teritorijā.

Sējumos auzu paraugi ievākti 10 vietās, aptverot visa lauka platību, katrā vietā pa 10 augiem/skarām. Katrā vietā ievāktie paraugi iepakoti atsevišķi papīra maisiņā. Dīgstu paraugi ievākti maijā, 11–15 attīstības etapā, skaru paraugi augustā, 81–85 attīstības etapā.

Papildus paraugiem ievākta informācija par auzu šķirni, sēklas izcelsmi, izsējas normu, sējas dziļumu, augsnes tipu, pH un organisko vienu saturu, augsnes apstrādes veidu, priekšaugu, lietotajiem augu aizsardzības līdzekļiem, t.sk. kodnēm, kā arī mēslojumu. Ievāktu informāciju nepieciešams analizēt kontekstā ar izdalītajām patogēnajām sēnēm un novērotajiem slimību simptomiem katram paraugam – tam vajadzīgs papildu laiks, projekts būtu jāturpina.

***Fusarium* spp. izdalīšana no ievāktajiem paraugiem, tīrkultūru iegūšana, sākotnēja izolātu identifikācija un atlase kolekcijai, tīrkultūru saglabāšana**

Metodika

Pēc auzu paraugu ievākšanas izmantota I. Moročko-Bičevskas izstrādātā metodika patogēnu izdalīšanai un tīrkultūru iegūšanai. Augu daļu sterilizācija, likšana uz barotnes, pārsēšana, saglabāšana veikta sterilos apstākļos laminārajā boksā.

Ievāktie paraugi līdz sagatavošanai likšanai uz barotnēm uzglabāti + 4°C ne ilgāk kā 1–3 dienas. Ievāktais paraugs (1 augs = 1 paraugs) sadalīts vairākos paraugos atkarībā no augu daļas – graudi, stiebra apakšējā daļa, sakņu kakls, un ievietots Petri platē (22.attēls), kā arī attiecīgi numurēts, ievērojot vienotu sistēmu (piem. 3.6 G – trešā saimniecība, sestā ievākšanas vieta, graudi). Ja nepieciešams, parauga daļas – sakņu kakls vai stublāja apakšējā daļa, pirms tam noskalotas krāna ūdenī. Ja ir redzamas slimības pazīmes, tad auga daļas izvēlētas tā, lai būtu gan veselie, gan bojātie audi.

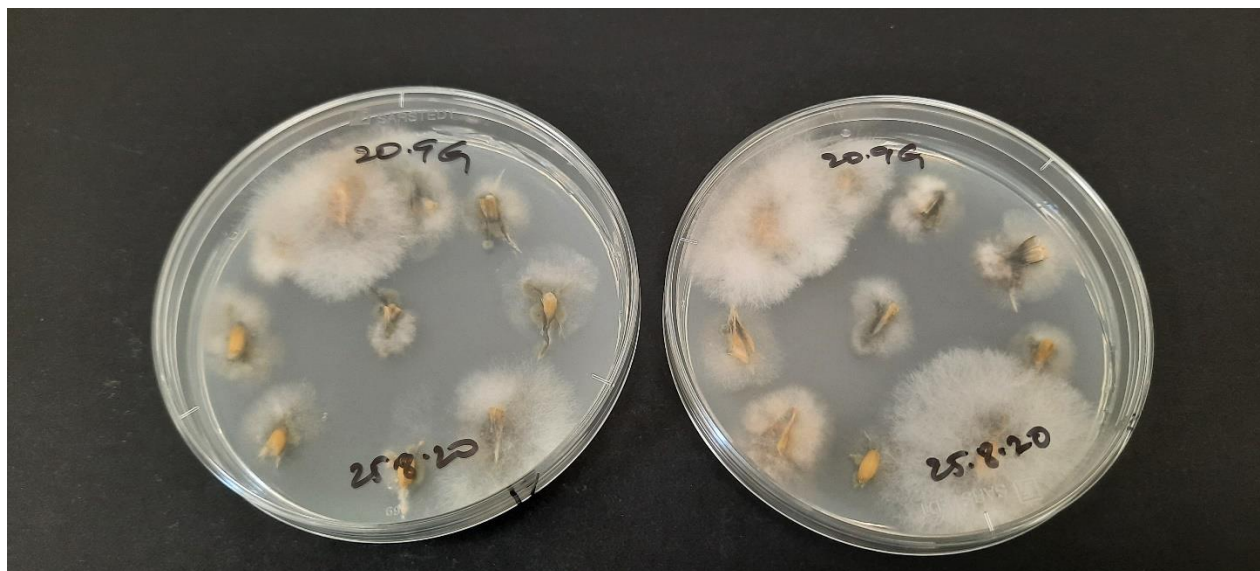


22.attēls. Auzu dīgstu daļas sagatavotas sterilizācijai.

Katrs sagatavotais paraugs sterilizēts atsevišķi vārglāzē, iemērcot 1.25 % nātrija hipohlorīda šķīdumā, Pēc sterilizēšanas augu daļas 3 reizes noskalotas sterilā, destilētā ūdenī (iemērcot vārglāzē ar sterilu ūdeni) un novietotas starp steriliem filtrpapīriem nosusināties. Sterilizācijas ilgums variēja no 30 s līdz 3 min atkarībā no auga daļām un sterilizējamā parauga lieluma, piemēram, graudi 2 min, lapas 1 min. Periodiski nomainīti sterilizācijas un skalošanas trauki un šķīdumi.

Pēc nosusināšanas augu daļas ar sterilu skalpeli uz filtrpapīra sagrieztas mazākos gabalos (~ 5 mm garumā un platumā) tā, lai būtu, gan bojātie, gan veselie, audi (audu gabaliņus izvēlas uz robežas starp veselajiem un bojātajiem). Uz barotnes (kartupeļu dekstrozes agara) vienā platē ievietoti 6–8 audu gabaliņi.

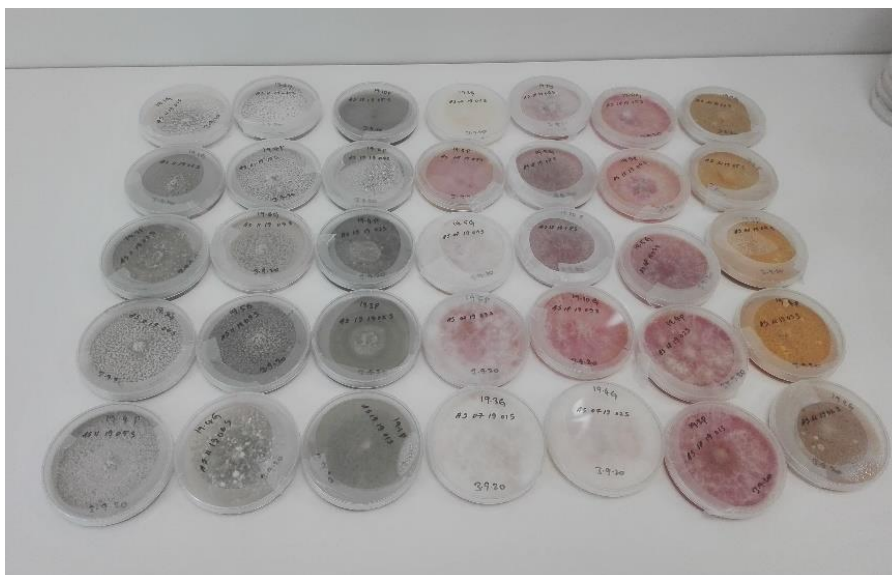
Plates inkubētas istabas temperatūrā uz laboratorijas galda 3 dienas (23.attēls). Pēc tam veikta saaugušo patogēnu pārsēšana tīrkultūrā.



23.attēls. Petri plates ar saaugušām patogēnu kolonijām, kas izdalītas no auzu graudiem.

Ar sterilu mikrobioloģisko adatu izgriezti nelieli (3–5mm diametrā) kolonijas gabali, kuros nav vērojama kontaminācija ar baktērijām vai dažādu sēņu sajaukums, un pārnesti jaunā platē ar barotni, novietojot to plates vidū ar kolonijas augšu uz leju.

Plates ar tīrkultūrām aptītas ar parafilmu un inkubētas uz laboratorijas galda temperatūrā 2 nedēļas. Pēc 2 nedēļām sēņu kolonijas sagrupētas grupās pēc koloniju morfoloģijas un veikta aprakstīšana (24.attēls). Nepieciešamības gadījumā veikta mikroskopija sporu morfoloģijas analīzei.



24.attēls. Sagrupētās Petri plates ar patogēnu kolonijām, kas izdalītas no auzu augu daļām.

No katras grupas izvēlēti tipiskākie pārstāvji, tā, lai būtu vismaz divi izolāti no viena parauga un veikta saglabāšana – katram izolātam 1 x PDA (7 ml Bijou pudelītē, kurā ir 4 ml ūdens) un 1 x sterilā krāna ūdenī (Bijou pudelītē). Saglabāšanai izmantota ~ 2 nedēļu veca tīrkultūra, no kuras malām izgriezts ~ 5 mm diametrā kultūras gabals un novietots barotnes vidū ar kolonijas augšu uz leju. Saglabāšanai ūdenī, 7 ml Bijou pudelītē ievietoti 7–10 kolonijas gabalus.

Plates un pudelītes inkubētas uz laboratorijas galda istabas temperatūrā ~ 5–7 dienas (atkarībā no sēnes augšanas ātruma) un ievietotas ledusskapī +4 °C.

Patogēnu molekulārā identifikācija.

Darbības veiktas sterilos apstākļos Dārzkopības institūta Augu patoloģijas un entomoloģijas laboratorijā. Molekulārajai identifikācijai izmantotas iepriekš sagrupētās un aprakstītās Petri plates ar patogēnu kolonijām. Laminārajā boksā no barotnes nokasīts sēnes micēlijs un ievietots tukšā Petri platē. Micēlijs pārņemts sterilā, atdzesētā piestā un sasmalcināts pulverī, izmantojot šķidro slāpekli un piestu. Sasmalcinātais materiāls ar spatulu pārņemtas atdzesētā 2 ml Eppendorfa stobriņā un uzglabāts saldētavā -80 °C līdz turpmākajām manipulācijām.

Tālāk veikta DNS izdalīšana, izmantojot *Qiagen DNeasy Plant Mini kit* DNS izdalīšanas reaģentu komplektu, sekojot ražotāja instrukcijām un sākot ar 7. soli protokolā (*Protocol: Purification of total DNA from plant tissue (Mini Protocol)*). Izdalītā DNS šķīdumi nekavējoties novietoti uz ledus. Noteikta DNS koncentrācija, izmantojot Nanodrop 1000 iekārtu. DNS uzglabāti saldētavā -20 °C.

Pilna garuma ITS1/5.8S/ITS2 reģiona PCR amplifikācija veikta, izmantojot DreamTaq PCR Green master mix un ITS1F un ITS4 praimerus (Gardes & Bruns, 1993; White et al., 1990). Amplikona garums ~ 600 bp.

Elektroforēze veikta 1.5 % agarozes gēlā 1x TBE buferī, kam pievienots etīdija bromīda šķīdums. Gēlā ielikts 9 ul PCR produkta un 5 ul garuma marķieri. Aptuvenais fragmentu garums noteikts, izmantojot garuma standartu - GeneRuler™ 100 bp DNA ladder, ready-to-use, 100-1000 bp. Gēla attēli digitāli dokumentēti.

Atbilstošie PCR produkti attīrīti, izmantojot *QIAquick PCR Purification kit* (Qiagen) reaģentu komplektu, sekojot ražotāja instrukcijām (*Protocols: QIAquick PCR Purification Kit Protocol using a micro centrifuge*). PCR produktu koncentrācijas un tīrības pakāpes noteikšana veikta, izmantojot Nanodrop 1000.

Sekvencēšana veikta Latvijas Biomedicīnas un pētījumu studiju centrā kā ārpalpojums, izmantojot praimerus ITS1-F, ITS2, ITS3, ITS4 praimerus. Sekvenču asmeblija veikta, izmantojot datorprogrammu paketi Lasergene 14. Iegūtās sekvenses salīdzinātas ar NCBI datu bāzē pieejamām sekvensēm, lai noteiktu sugu.

Rezultāti

Vizuāli novērtējot auzu sējumus, visos bija redzami augi ar izteiktām slimību pazīmēm. Slimības pazīmes uz auzu skarām aprakstītas Tabula 4. Bieži tika novēroti graudi ar pelēcīgiem galiem, uz plēksnēm bija dažādu nokrāsu pelēcīgi plankumi, kā arī redzamas rūsas un fuzariozes pazīmes.

Tabula 4. Slimību pazīmes uz auzu skarām

Saimniecības nr.	Slimības pazīmes
3	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm viegli pelēcīgi plankumi
4	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm viegli pelēcīgi, kā arī tumšāki plankumi
5	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas pazīmes
6	Atsevišķām skarām rūsas pazīmes un viegli pelēcīgi plankumi, kopumā bez slimības pazīmēm
7	Atsevišķām skarām tumšāki plankumi, kopumā bez slimības pazīmēm
8	Atsevišķām skarām tumšāki plankumi, kopumā bez slimības pazīmēm
9	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi
10	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas pazīmes, uz atsevišķām plēksnēm oranžīgi plankumi
11	Graudiem tumši gali, atsevišķi graudi tumši, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas un fuzariozes pazīmes
12	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi
13	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, izteiktas fuzariozes pazīmes
14	Graudiem tumši gali, rūsas pazīmes
15	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm pelēcīgi plankumi, rūsas pazīmes
16	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm pelēcīgi plankumi, rūsas pazīmes
17	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas pazīmes
18	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas un fuzariozes pazīmes
19	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas un fuzariozes pazīmes, uz atsevišķām plēksnēm oranžīgi plankumi
20	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas un fuzariozes pazīmes, uz atsevišķām plēksnēm oranžīgi plankumi
21	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas pazīmes, uz atsevišķām plēksnēm oranžīgi plankumi
22	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi
23	Graudiem tumši gali, uz plēksnēm tumšāki plankumi, rūsas pazīmes

Projekta laikā analizēti 1762 auzu daļu paraugi (Tabula 5., Tabula 6.), 614 no tiem iegūti no dīgstiem, 1148 no auzu skarām. Kopumā no dīgstiem izdalīti 1134 izolāti, no kuriem saglabāti 418 (Tabula 5.). Starp izolātiem visbiežāk bija sastopama *Drechslera avenae* – 57.76 % no izdalīto izolātu kopskaita.

Tabula 5. Izdalītās sēnes no simptomātiskajiem auzu (dīgsti) paraugiem un sākotnējā identifikācija pēc koloniju morfoloģijas

Sākotnējās identifikācijas grupas nr.	Iespējamā ģints, suga	Saimniecības skaits	Paraugu skaits	Sēņu izolāti, skaits		
				Izdalīts, skaits	% no kopskaita	Saglabāti kolekcijā
1	<i>F. cerealis</i>	2	18	30	2.65	13
2	<i>F. langsethiae</i>	2	3	3	0.26	3
3	<i>F. equiseti</i>	12	26	43	3.79	15
5		7	20	26	2.29	6
7	<i>Fusarium 1</i>	18	123	188	16.58	85
11	<i>Pyrenophora spp., Alternaria</i>	21	291	655	57.76	194
14	<i>F. oxysporum</i>	3	10	11	0.97	9
15	<i>Fusarium 2</i>	16	53	76	6.70	32
16		5	10	11	0.97	7
17	<i>F. poae</i>	10	32	46	4.06	30
18	<i>F. graminearum, F. culmorum, F. sporotrichoides</i>	6	28	45	3.97	24
kopā			614	1134	-	418

No dīgstiem izdalīti 2998 izolāti, no kuriem saglabāti 781 (Tabula 6.). Starp izolātiem visbiežāk bija sastopama *Drechslera avenae* – 50.40 %.

Tabula 6. Izdalītās sēnes no simptomātiskajiem auzu (skaras) paraugiem un sākotnējā identifikācija pēc koloniju morfoloģijas

Sākotnējās identifikācijas grupas nr.	Iespējamās ģintis, sugas	Saimniecības skaits	Peraugu skaits	Sēņu izolāti, skaits		
				Izdalīts, skaits	%, no kopskaita	Saglabāti kolekcijā
1	<i>F. cerealis</i>	1	1	1	0.03	0
7	<i>Fusarium</i> 1	21	189	392	13.07	164
11	<i>Pyrenophora</i> spp., <i>Alternaria</i>	21	461	1511	50.40	364
15	<i>Fusarium</i> 2	10	17	24	0.80	14
17	<i>F. poae</i>	7	13	18	0.60	12
18	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. sporotrichoides</i>	15	54	85	2.84	49
19	<i>Phoma</i> spp. <i>Alternaria</i> spp.	13	158	405	13.51	53
20		11	132	279	9.31	69
21	<i>Epicoccum</i> spp.	9	116	271	9.04	53
22		1	7	12	0.40	3
kopā			1148	2998	-	781

44 izolāti identificēti sugu līmenī ar molekulārām metodēm, sekvencējot ITS1/5.8S/ITS2 reģionu, kā arī veicot detalizētu sēņu morfoloģijas izpēti mikroskopā (Tabula 7).

Tabula 7. Izdalīto sēņu no simptomātiskiem auzu paraugiem identifikācija 2020. gadā

Izolāta nr.	Auga orgāns	Identifikācija				
		Sākotnējā identifikācija (ģints, suga)	Pēc morfoloģijas	Pēc ITS1/5.8S/ITS2 sekvences NCBI		
				Suga	Pārklājums, %	Identitāte, %
AS021502	sakņu kakls	<i>F. langsethiae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>F. redolens</i>	100	99.45
AS070402	sakņu kakls	<i>Fusarium</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. poae</i>	99	99.44
AS070701	stiebrs (dīgštam)	<i>Fusarium</i>	<i>F.sporotrichoides</i>	<i>F.sporotrichioides</i>	100	99.63
AS110603	grauds (dīgštam)	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	<i>Alternaria</i>	<i>A. alternata</i>	100	99.49
				<i>A. tenuissima</i>	100	99.49
				<i>A. angustiovoidea</i>	99	99.49
AS111505	stiebrs (dīgštam)	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>P. chaetomioides</i>	100	99.84
AS111509	stiebrs (dīgštam)	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>P. chaetomioides</i>	100	99.84
AS111605	lapa	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>P. chaetomioides</i>	100	99.67
AS171404	sakņu kakls	<i>F. poae</i>	Nesporulē	<i>F. graminearum</i>	100	100
				<i>F. cortaderiae</i>	100	100
AS171502	stiebrs (dīgštam)	<i>F. poae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>F. oxysporum</i>	100	99.82
AS181401	sakņu kakls	<i>F.graminearum, culmorum, sporotrichoides</i>	Nesporulē	<i>F. graminearum</i>	100	99.82
AS080101			-	<i>F. graminearum</i>	100	100
AS090201			-	<i>Fusarium sp. CBS122679</i>	100	99.82
				<i>F. graminearum</i>	99	99.82
AS030201			-	<i>Fusarium sp. CBS122679</i>	100	100
				<i>F. oxysporum</i>	99	100
				<i>F. avenaceum</i>	99	100
				<i>F. trinctum</i>	99	100
AS020201			-	<i>Arthrimum arundinis</i>	99	100
				<i>Periconia arundinis</i>	99	100
				<i>Digitaria exilis</i>	99	100
AS111310S	grauds	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. conjuncta</i>	100	99.67
AS111318S	grauds	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. infectoria</i>	99	99.35
				<i>A. quecicola</i>	99	99.35
AS111211S	plēksne	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>P. chaetomioides</i>	100	99.35
AS111608S	stiebrs	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	<i>Pyrenophora</i> (konīdijas)	<i>P. avenicola</i>	100	100

AS111648S	grauds	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. infectoria</i>	99	99.67
AS191604S	stiebrs	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria</i>	<i>A. tenuissima</i>	100	99.6
				<i>A. alternata</i>	99	99.6
AS191603S	plēksne	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria</i>	<i>A. tenuissima</i>	100	99.49
				<i>A. alternata</i>	99	99.49
AS191601S	plēksne	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria</i>	<i>A. tenuissima</i>	100	99.32
				<i>A. alternata</i>	100	99.32
AS111625S	stiebrs	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>Lewia infectoria</i>	100	99.84
				<i>A. infectoria</i>	99	99.84
AS111601S	plēksne	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. infectoria</i>	100	99.68
AS111647S	plēksne	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	<i>Pyrenophora</i> (konīdijas)	<i>P. avenicola</i>	100	99.84
				<i>D. avenae</i>	99	99.67
AS111646S	plēksne	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. rosae</i>	99	100
				<i>A. infectoria</i>	100	99.84
AS111634S	stiebrs	<i>Pyrenophora, Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. infectoria</i>	100	100
AS191602S		<i>Alternaria</i>	Nesporulē	<i>A. alternata</i>	100	99.7
AS200707S		?	-	<i>Nigrospora sp.</i>	100	100
				<i>N. oryzae</i>	99	100
AS200505S	plēksne	?	Konidiālā sporulācija?	<i>Nigrospora sp.</i>	99	100
				<i>N. oryzae</i>	98	100
AS181304S	grauds	<i>F.graminearum, culmorum, sporotrichoides</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. poae</i>	100	99.82
AS181202S	grauds	<i>F.graminearum, culmorum, sporotrichoides</i>	Nesporulē	<i>F. graminearum</i>	100	100
AS181203S	grauds	<i>F.graminearum, culmorum, sporotrichoides</i>	Nesporulē	<i>F. graminearum</i>	100	100
AS151602S	?	<i>Fusarium</i>	Nesporulē	<i>F. graminearum</i>	100	99.8
AS181501S	grauds	<i>F. graminearum, F. culmorum, F. sporotrichoides</i>	<i>F. poae</i>	<i>F. sporotrichoides</i>	100	99.64
AS171402S	grauds	<i>F. poae</i>	-	<i>F. poae</i>	100	100
AS151001S	grauds	<i>Fusarium</i>	-	<i>F. avenaceum</i>	100	99.32
AS071606S	stiebrs	<i>Fusarium</i>	Nesporulē	<i>F. avenaceum</i>	100	99.48
AS071603S	grauds	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>F. poae</i>	97	100
AS071605S	plēksne	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>F. poae</i>	99	99.46

Pētījumā uz auzām konstatētas virkne graudu kvalitāti ietekmējošas patogēnās sēnēs, starp kurām dominēja *Alternaria*, *Pyrenophora* un dažādas *Fusarium* sugas. Graudos identificētas vairākas toksīnus veidojošās *Fusarium* sugas – *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*.

Secinājumi

Pētījumā secināts, ka Latvijā auzām ir izplatītas gan vārpu slimības, no kurām daļa izpaužas jau dīgstu fāzē. Par šo slimību izplatību, nozīmi un ierosinātājiem ir nepieciešami papildu pētījumi un jau iegūto datu padziļināta analīze.

Informatīvais materiāls par nozīmīgākajām auzu slimībām un kviešu dzelteno rūsu *P. striiformis*

Projekta ietvaros tika izstrādāti informatīvi elektroniski materiāli par:

- nozīmīgākajiem auzu patogēniem;
- kviešu dzelteno rūsu.

Informatīvie materiāli apskatāmi 7. un 8. pielikumā.

1. pielikums

[illegible]

2. pielikums

Table 3. Correspondence between genetic lineages and prevalent races in *P. striiformis* tested at the Global Rust Reference Center 2008-2019. Definitions, [click here](#)

Common names for prevalent races and genetic groups in yellow rust - GRRC, February 2019			
Genetic group	Race	Virulence phenotype*	Prevalence in geographical region
PstS0	<i>Brigadier</i>	1,2,3,-,-,-,-,9,-,-,17,-,25,-,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Brigadier</i> ,v4	1,2,3,4,-,-,-,9,-,-,17,-,25,-,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Madrigal_Lymx</i>	1,2,3,-,-,6,-,-,9,-,-,17,-,25,-,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Madrigal_Lymx</i> ,v4	1,2,3,4,-,6,-,-,9,-,-,17,-,25,-,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Robigus</i>	1,2,3,4,-,-,-,9,-,-,17,-,25,-,32,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Robigus</i> ,v7	1,2,3,4,-,-,7,-,9,-,-,17,-,25,-,32,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Solstice_Oakley</i>	1,2,3,4,-,-,6,-,-,9,-,-,17,-,25,-,32,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Solstice_Oakley</i> ,v7	1,2,3,4,-,-,6,7,-,9,-,-,17,-,25,-,32,-,-,AvS,-	Europe
	<i>Tulsa</i>	-,-,3,4,-,-,6,-,-,-,-,-,25,-,32,-,-,AvS,-	Europe
	other	other	Europe, South America
PstS1	<i>PstS1</i>	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,25,-,-,-,AvS,-	North America, Australia
	<i>PstS1</i> ,v17	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,17,-,25,-,-,-,AvS,-	North America
	<i>PstS1</i> ,v10,v24,v27	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,10,-,-,-,24,25,27,-,-,-,AvS,-	East Africa
	other	other	North America
PstS2	<i>PstS2</i>	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,-,25,-,-,-,AvS,-	East Africa, West Asia, South Asia
	<i>PstS2</i> ,v1	1,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,25,-,-,-,AvS,-	East Africa, West Asia
	<i>PstS2</i> ,v3	-,-,2,3,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,25,-,-,-,AvS,-	East Africa
	<i>PstS2</i> ,v2/	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,25,27,-,-,-,AvS,-	East Africa, West Asia, North Africa
	<i>PstS2</i> ,v1,v27	1,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,25,27,-,-,-,AvS,-	East Africa, West Asia
	<i>PstS2</i> ,v3,v27	-,-,2,3,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,25,27,-,-,-,AvS,-	East Africa
	<i>PstS2</i> ,v10,v24	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,10,-,-,-,24,25,-,-,-,AvS,-	East Africa, West Asia
	<i>PstS2</i> ,v3,v10,v24,v27	-,-,2,3,-,-,-,6,7,8,9,10,-,-,-,24,25,27,-,-,-,AvS,-	East Africa
	<i>PstS2</i> ,v10,v24,v27	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,10,-,-,-,24,25,27,-,-,-,AvS,-	West Asia
	Other	other	East Africa & West Asia
PstS3	<i>PstS3</i>	-,-,-,-,-,6,7,8,-,-,-,-,-,-,-,AvS,-	North Africa, West Asia
	<i>PstS3</i> ,v10,v24	-,-,-,-,-,6,7,8,-,-,10,-,-,-,24,-,-,-,-,AvS,-	West Asia
	<i>PstS3</i> (-)	-,-,-,-,-,6,7,8,-,-,-,-,-,-,-,-	Europe, South Asia
PstS4	<i>Triticale2006</i>	-,-,2,-,-,-,6,7,8,-,-,10,-,-,-,24,-,-,-,-	Europe
	Other	other	Europe
PstS5	<i>PstS5</i>	1,2,3,4,-,6,-,-,9,-,-,-,25,-,32,-,-,AvS,Amb	Central Asia
	<i>PstS5</i> ,v17	1,2,3,4,-,6,-,-,9,-,-,-,17,-,25,-,32,-,-,AvS,Amb	Central Asia, South Asia
	Other	other	Central Asia, South Asia
PstS6	<i>PstS6</i>	1,2,-,-,-,6,7,-,9,-,-,-,17,-,-,-,27,-,-,-,AvS,-	East Africa, Central Asia, South Asia
PstS7	<i>Warrior</i>	1,2,3,4,-,6,7,-,9,-,-,-,17,-,25,-,32,Sp,AvS,Amb	Europe
PstS8	<i>Kranich</i>	1,2,3,-,-,6,7,8,9,-,-,-,17,-,25,-,32,-,-,AvS,Amb	Europe
PstS9	<i>PstS9</i>	1,2,3,4,-,6,-,-,9,-,-,-,25,27,32,-,-,AvS,Amb	Central Asia, South Asia
	<i>PstS9</i> ,v17	1,2,3,4,-,6,-,-,9,-,-,-,17,-,25,27,32,-,-,AvS,Amb	Central Asia
	Other	other	Central Asia
PstS10	<i>Warrior</i> (-)	1,2,3,4,-,6,7,-,9,-,-,-,17,-,25,-,32,Sp,AvS,-	Europe, North Africa
PstS11	<i>PstS11</i>	-,-,2,-,-,(4)-,6,7,8,-,-,-,17,-,-,-,27,32,-,-,AvS,-	Central Asia, East Africa
PstS12	<i>Hereford</i>	-,-,2,3,-,-,6,7,8,-,-,-,17,-,-,-,25,-,32,-,-,AvS,-	Europe
PstS13	<i>Triticale2015</i>	-,-,2,-,-,-,6,7,8,9,-,-,-,-,-,-,AvS,-	Europe, South America
PstS14	<i>PstS14</i>	-,-,2,3,-,-,6,7,8,9,-,-,-,17,-,-,-,25,-,32,(Sp),AvS,-	Europe, North Africa

* Figures and symbols designate virulence and avirulence (-) corresponding to yellow rust resistance genes: Yr1, Yr2, Yr3, Yr4, Yr5, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr24, Yr25, Yr27, Yr32, and the resistance specificity of Spalding Prolific (Sp), Avocet S (AvS) and Ambition (Amb), respectively.

3. pielikums

Kviešu diferenciatoršķirņu novērtējuma tabula pēc inficēšanas ar izolātu Pst1.

				pazīmju novērtējuma skala, 0-nav pazīmju, 9-stipri inficēts											
Šķirne	Rezistences gēni	augu skaits podiņā	lapas nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Chinese 166	Yr1	6	1									6			
Chinese 166	Yr1	6	2									5	1		
Kalyansona	Yr2, +	5	1											5	
Kalyansona	Yr2, +	5	2											5	
Vilmorin 23	Yr3, +	6	1									6			
Vilmorin 23	Yr3, +	6	2									1	1		
Hybrid 46	Yr4, +	6	1									6			
Hybrid 46	Yr4, +	6	2									6			
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	1									6			
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	2									6			
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	1											5	
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	2											5	
Lee	Yr7, +	6	1											6	
Lee	Yr7, +	6	2											6	
Avocet Yr8	Yr8	6	1	6											
Avocet Yr8	Yr8	6	2	6											
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	1									6			
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	2									3			
Moro	Yr10	6	1	3	3										
Moro	Yr10	6	2	3	2										
Cortez	Yr15	6	1	2	4										
Cortez	Yr15	6	2												
VPM1	Yr17, +	6	1									1	5		
VPM1	Yr17, +	6	2												
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	1											6	
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	2											6	
TP 981	Yr25, +	6	1									6			
TP 981	Yr25, +	6	2									6			
Opata	Yr18, Yr27, +	6	1									6			
Opata	Yr18, Yr27, +	6	2									6			
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	1									5			
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	2									5			
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	1									1	3		
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	2									1	3		
Avocet S	YrS	6	1											6	
Avocet S	YrS	6	2											6	
Ambition	Amb	6	1	4	2										
Ambition	Amb	6	2	4	2										
Cartago	nav	6	1											6	
Cartago	nav	6	2											6	

4. pielikums

Kviešu diferenciatoršķirņu novērtējuma tabula pēc inficēšanas ar izolātu Pst2.

				pazīmju novērtējuma skala, 0-nav pazīmju, 9-stipri inficēts										
Šķirne	Rezistences gēni	augu skaits podiņā	lapas nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Chinese 166	Yr1	6	1									5	1	
Chinese 166	Yr1	6	2									5	1	
Kalyansona	Yr2, +	5	1									6		
Kalyansona	Yr2, +	5	2									4		
Vilmorin 23	Yr3, +	6	1									5		
Vilmorin 23	Yr3, +	6	2									1		
Hybrid 46	Yr4, +	6	1									1	4	
Hybrid 46	Yr4, +	6	2									1		
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	1									6		
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	2											
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	1										4	
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	2										4	
Lee	Yr7, +	6	1										6	
Lee	Yr7, +	6	2										6	
Avocet Yr8	Yr8	6	1	6										
Avocet Yr8	Yr8	6	2	3										
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	1									5	1	
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	2									5	1	
Moro	Yr10	6	1	2	1									
Moro	Yr10	6	2											
Cortez	Yr15	6	1	6										
Cortez	Yr15	6	2	6										
VPM1	Yr17, +	6	1									1	5	
VPM1	Yr17, +	6	2										6	
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	1									5		
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	2									2		
TP 981	Yr25, +	6	1									6		
TP 981	Yr25, +	6	2									4		
Opata	Yr18, Yr27, +	6	1									3	2	1
Opata	Yr18, Yr27, +	6	2									2		
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	1									5		
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	2									2		
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	1									5		
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	2									5		
Avocet S	YrS	6	1									6		
Avocet S	YrS	6	2									6		
Ambition	u	6	1	6										
Ambition	u	6	2	2										
Cartago	nav	6	1										8	
Cartago	nav	6	2										2	

5. pielikums

Kviešu diferenciatoršķirņu novērtējuma tabula pēc inficēšanas ar izolātu Pst3.

				pazīmju novērtējuma skala, 0-nav pazīmju, 9-stipri inficēts											
Šķirne	Rezistences gēni	augu skaits podiņā	lapas nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Chinese 166	Yr1	6	1									5			
Chinese 166	Yr1	6	2									5			
Kalyansona	Yr2, +	5	1									3			
Kalyansona	Yr2, +	5	2									4			
Vilmorin 23	Yr3, +	6	1									6			
Vilmorin 23	Yr3, +	6	2												
Hybrid 46	Yr4, +	6	1									1	5		
Hybrid 46	Yr4, +	6	2									1	1		
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	1									6			
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	2									3			
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	1										5		
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	2										5		
Lee	Yr7, +	6	1										5		
Lee	Yr7, +	6	2										3		
Avocet Yr8	Yr8	6	1	6											
Avocet Yr8	Yr8	6	2	6											
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	1									3	2		
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	2									5			
Moro	Yr10	6	1	3	2										
Moro	Yr10	6	2												
Cortez	Yr15	6	1	6											
Cortez	Yr15	6	2	6											
VPM1	Yr17, +	6	1									1	5		
VPM1	Yr17, +	6	2										2		
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	1									6			
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	2									5			
TP 981	Yr25, +	6	1									6			
TP 981	Yr25, +	6	2												
Opata	Yr18, Yr27, +	6	1									5	1		
Opata	Yr18, Yr27, +	6	2									1			
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	1									6			
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	2									3			
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	1									6			
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	2									3			
Avocet S	YrS	6	1									6			
Avocet S	YrS	6	2									3			
Ambition	Amb	6	1	6											
Ambition	Amb	6	2	4											
Cartago	nav	6	1									5			
Cartago	nav	6	2									4			

6. pielikums

Kviešu diferenciatoršķirņu novērtējuma tabula pēc inficēšanas ar izolātu Pst4.

				pazīmju novērtējuma skala, 0-nav pazīmju, 9-stipri inficēts									
		augu skaits podīnā	lapas nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Chinese 166	Yr1	6	1	6									
Chinese 166	Yr1	6	2	6									
Kalyansona	Yr2, +	5	1	6									
Kalyansona	Yr2, +	5	2	2									
Vilmorin 23	Yr3, +	6	1	1 4									
Vilmorin 23	Yr3, +	6	2	1									
Hybrid 46	Yr4, +	6	1	6									
Hybrid 46	Yr4, +	6	2	4									
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	1	6									
Heines Kolben	Yr2, Yr25, +	6	2	6									
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	1	6									
Avocet Yr6	Yr6, AvS	5	2	5									
Lee	Yr7, +	6	1	1 4									
Lee	Yr7, +	6	2	5									
Avocet Yr8	Yr8	6	1	6									
Avocet Yr8	Yr8	6	2	6									
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	1	2 4									
Avocet Yr9	Yr9, AvS	6	2	2									
Moro	Yr10	6	1	4	2								
Moro	Yr10	6	2										
Cortez	Yr15	6	1	6									
Cortez	Yr15	6	2	6									
VPM1	Yr17, +	6	1	5									
VPM1	Yr17, +	6	2										
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	1	6									
Avocet Yr17	Yr17, AvS, +	6	2	6									
TP 981	Yr25, +	6	1	6									
TP 981	Yr25, +	6	2	4									
Opata	Yr18, Yr27, +	6	1	6									
Opata	Yr18, Yr27, +	6	2	5									
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	1	5									
Carstens V	Yr25, Yr32, +	5	2	4									
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	1	6									
Avocet YrSp	Yr1, Yr18, AvS	5	2										
Avocet S	YrS	6	1	6									
Avocet S	YrS	6	2	5									
Ambition	Amb	6	1	4									
Ambition	Amb	6	2	2									
Cartago	nav	6	1	6									
Cartago	nav	6	2	2									

7. pielikums

Nozīmīgākās auzu slimības, to bioloģija un ierobežošanas iespējas

Sējas auzas *Avena sativa* ir graudzāļu dzimtas kultūraugs, kas Latvijas graudaugu sējumu struktūrā ik gadu aizņem vairāk nekā 10 %. Pēdējos gados sējumu platībām ir tendence pieaugt, auzas audzē gan zaļmasai, gan pārtikai, to vērtīgo īpašību dēļ. Tiek uzskatīts, ka auzas ir izturīgas pret slimībām, tomēr tās var negatīvi ietekmēt ražas kvantitāti un, galvenokārt kvalitāti. Vairāku auzu slimību norises rezultātā graudos veidojas cilvēku un lauksaimniecības dzīvnieku veselībai kaitīgi mikotoksīni vai pigmenti, kas samazina auzu pārstrādes produktu kvalitāti. Lai auzas būtu iespējams lietot pārtikā, mikotoksīnu daudzums nedrīkst pārsniegt pieļaujamo līmeni.

Latvijā informācija par auzu patogēniem ir nepilnīga, veikti tikai atsevišķi novērojumi (Bimšteine, 2017; Bimšteine, 2018). Citu valstu, piemēram, Lietuvas, Zviedrijas, Somijas, pētījumos (Lugauskas et al., 2006; Pettersson et al., 2008; Hietaniemi et al., 2016) kā nozīmīgi auzu patogēni tik minēti *Pyrenophora avenae*, *Puccinia coronata*, dažādas *Fusarium* ģints sēnes.

Auzu lapu brūnplankumainība. Ierosina *Pyrenophora chaetomioides* (citi literatūrā biežāk sastopamie nosaukumi: *Dreschlera avenae*, *Helminthosporium avenae*). Inficē auzu lapas un graudus. Infekcijas rezultātā uz lapām sākumā veidojas nelieli tumši brūni plankumi ar gaišāku vidu (1.att.). Ap plankumiem veidojas sarkanbrūnas apmales, palielinoties tie saplūst, veidojot atmirušu audu svītras (2.att.). Slimības pazīmes kā melni plankumi novērojamas arī uz plēksnēm un vērojama graudu galotnes tumšošanās (3.att.), kas pārstrādes procesā var bojāt produkta kvalitāti.



1.att. (no kreisās uz labo) Pirmās brūnplankumainības pazīmes. 2.att. Atmirušu audu svītra uz auzu lapas. 3.att. Gaudu galotnes tumšošanās.

Saglabājas ar micēliju augu atliekās un sēklās. Sēklas ir primārais infekcijas avots veģetācijas perioda sākumā uz dīgstiem (Lângaro, Reis, & Floss, 2001). Sekundārā infekcija notiek ar sporām no slimības plankumiem. Vēlāk inficē graudu plēksnes un graudus. Mitri un vēsi laika apstākļi labvēlīgi slimības attīstībai (Lashram, 2019).

Ierobežošanas iespējas: augu maiņa, mazāk ieņēmīgu šķirņu izvēle, rūpīga inficēto augu atlieku iestrādāšana augsnē, neinficēts sēklas materiāls, sēklas kodināšana, fungicīdu smidzinājumi, galvenokārt, lai pasargātu karoglapu un vārpu. Pēdējos gados citu valstu pētījumi parāda (Cotuna et al., 2015), ka pārejot uz bezaršanas augsnes apstrādes tehnoloģijām, palielinās radniecīga patogēna *Pyrenophora tritici-repentis* bojājumi kviešu sējumos.

Auzu vainagrūsa. Ierosina *Puccinia coronata*. Inficē auzas un savvaļas graudzāles. Pazīmes – koši oranžas lielas pustulas izvietotas izklaidus uz lapām un lapu makstīm, reizēm arī uz stiebriem un graudu plēksnēm (4., 5. att.). Slimības rezultātā inficētās auga daļas nokalst. Auzu vainagrūsa satopama katru gadu ar nelielu izplatību, taču atsevišķos gados var izraisīt epidēmiju.

Būtiski tiek ietekmēta auzu graudu kvalitāte, kā arī samazinās vērtīgu aminoskābju daudzums graudos (Priekule, 2014).



4. un 5.att. Auzu vainagrūsas pazīmes (no LAAPC arhīviem).

Slimības attīstības ciklā veidojas 5 sporu veidi. Vasarā uz auzām attīstās uredosporas un infekcijas izplatīšanās notiek atkārtoti vairākas reizes (apmēram ik pa 2 nedēļām). Vasaras beigās veidojas teleito sporas, ar kurām sēne inficētajās augu atliekās pārziemo. Pavasarī izveidojas bazīdijsporas un inficē starpsaimniekus – pabērzu ģints augus. Uz starpsaimnieka veidojas spermāciji un pēc tam ecīdijsporas, kas ar gaisa plūsmām pārvietojas lielos attālumos un inficē saimniekaugus, t.i., sējas auzas un savvaļas graudzāles. Labvēlīgi apstākļi slimības attīstībai – augsts gaisa mitrums un gaisa temperatūra 20 – 23°C robežās (Nazareno et al., 2018).

Ierobežošanas iespējas: augu maiņa, izturīgu šķirņu izvēle, rūpīga inficēto augu atlieku iestrādāšana augsnē, fungicīdu smidzinājums pēc pirmo pazīmju parādīšanās.

Vārpu fuzarioze. Ierosina *Fusarium* ģints sēnes. Inficē visus graudaugus, t.sk., auzas, arī savvaļas graudzāles. Inficējas sakņu kakls, dīgsti, vārpas un graudi. Infekcijas rezultātā dīgsti nīkuļo vai aiziet bojā. Infekcijas vietā uz graudu plēksnes sākumā brūngans ūdeņains plankums, vēlāk uz bojātās vietas oranžsārti sporu sakopojumi. Ir novērts, ka raksturīgākie vārpu fuzariozes simptomi uz auzu vārpām un graudiem lauka apstākļos (6.att.) parasti nav vizuāli novērojami. Infekcijas pazīmes parādās mitros apstākļos vai pēc ievietošanas mitrajā kamerā (7.att.).

Slimība ir potenciāli bīstama, jo ierosinātājas sēnes veido toksīnus, kas ir kaitīgi cilvēkiem un mājlopiem.

Slimības ierosinātāji saglabājas augu atliekās un sēklās un kalpo kā primārais infekcijas avots veģetācijas perioda sākumā. Auzu ziedēšanas laikā siltos un mitros laika apstākļos uz inficētajām augu atliekām un sēklām veidojas sporas, kas ar gaisa plūsmu palīdzību iekļūst ziedā. Sekundārā infekcija ar lietus šļakatu palīdzību izplatās ar sporām no slimības bojājumiem uz veselīgiem augiem.

Ierobežošanas iespējas: augu maiņa, rūpīga inficēto augu atlieku iestrādāšana augsnē, sēklu kodināšana (ierobežos dīgstu infekcijas), profilaktisks fungicīdu smidzinājums slimības attīstībai labvēlīgos apstākļos ziedēšanas laikā.



6.att. (No kreisās uz labo) Iespējamās vārpu fuzariozes pazīmes lauka apstākļos.

7.att. Vārpu fuzariozes pazīmes uz auzu grauda pēc uzglabāšanas mitrajā kamerā (no LAAPC arhīviem).

Auzu slimību sastopamība Latvijā

2017. gadā vārpu fuzariozes izplatība auzu sējumos piengatavības fāzē (pētījumā iekļautie genotipi ‘Laima’, Symphony’, Nord 15/325’) bija 12-62%, auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe nepārsniedza 5%, auzu vainagrūsas attīstības pakāpe vienā no sējumiem sasniedza 10% (Bimšteine, 2017). Savukārt 2018. gadā piengatavības fāzē (pētījumā iekļautie genotipi ‘Laima’, Symphony’, Nord 15/325’, ST32553, Caddy, Herkules Baltic) Skrīveros auzu lapu brūnplankumainības attīstības pakāpe uz lapām nepārsniedza 8%, bet Stendē – 3.2%. Vārpu infekcijas netika konstatētas (Bimšteine, 2018). 2019. gadā, veicot novērojumus auzu sējumos (pētījumā iekļautie genotipi ‘Laima’, Symphony’, STH 6.835, Delphin, Caddy, WBP12, Lelde, Herkules Baltija) Stendē, neapstrādātā variantā auzu lapu brūnplankumainība sasniedza 12.46%, auzu vainagrūsa 1.25% un plēkšņu plankumainība 38%, savukārt Skrīveros auzu lapu brūnplankumainība sasniedza 7.11%, auzu vainagrūsa 1.55% un plēkšņu plankumainība 22% (Bimšteine, 2019).

Auzu lapu brūnplankumainība 2020. gada veģetācijas periodā bija sastopama visos 14 novērotajos auzu sējumos, un piengatavības laikā sasniedza 12-60% izplatību atkarībā no sējuma. Auzu vainagrūsa bija sastopama pusē no novērotajiem sējumiem, tās izplatība bija neliela, izņemot vienu sējumu, kur tās izplatība bija 22% (Pēc VAAD datiem).

Nozīmīgākie mikotoksīni un tos veidojošas sēņu sugas auzās.

T2 un HT2 toksīni sastopami kviešos, miežos, kukurūzā, sojas pupās un daļēji arī auzās un to produktos (Krska et al., 2014). *F. poae*, *F. sporotrichioides* un *F. langsethiae* bija biežāk sastopamās *Fusarium* sugas pētījumos auzu sējumos Krievijā. Ir atrasta augsta pozitīva korelācija starp *F. langsethiae* sastopamību un mikotoksīnu T-2 un TH-2 veidošanos auzu graudos (Gavrilova, Gannibal, & Gagkaeva, 2016). Parasti šie toksīni veido kompleksu graudu kontamināciju (Wanda M., Haschek Kenneth, & Voss, 2013.).

T-2 ir viens no toksiskākajiem savā grupā (trihotecēni). Toksisks gan cilvēkiem, gan lauksaimniecības dzīvniekiem. Apēdot tam piemīt kairinošs efekts, ierosina iekaisumus gremošanas traktā; aknu, sirds, smadzeņu, nieru un perifērās nervu sistēmas atrofēšanos. T2 var uzsūkties tieši caur ādu, saindēšanās izpaužas kā vemšana, apetītes zudums, svara zaudēšana, čulgas uz ādas. Hroniski T2 var izraisīt novājēšanu, negatīvas izmaiņas limfu sistēmā, gastrītu, smadzeņu darbības traucējumus (Adhikari et al., 2017).

HT- 2. Bīstams apēdot, iekļūstot caur ādu, ieelpojot. Izraisa acu iekaisumu. (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Mycotoxin-HT-2#section=Safety-and-Hazards>)

Deoksinivalenolu (DON) veido galvenokārt *Fusarium graminearum* (Kushiro, 2008). Sastopams graudaugos, t.sk., auzās (Haschek & Voss, 2013). *F. graminearum* un *F. culmorum* atzītas par galvenajām DON mikotoksīna veidotājām auzās Krievijā (Gavrilova, Gannibal, & Gagkaeva, 2016). DON iztur augstu temperatūru 170 °C to 350 °C iedarbību (Hughes et al., 1999; Manthey et al., 2004), tādēļ liela iespēja nonākt pārtikā. Izraisa vemšanu, caureju, galvassāpes (Perkowski et al., 1990). Toksisks gan cilvēkiem, gan dzīvniekiem. Ļoti lielas devas var izraisīt šoku un nāvi.

Nivalenols (NIV) – toksisks dzīvniekiem. *F.poeae* ir bieži sastopama auzās (Gagkaeva & Gavrilova, 2011) un ir nozīmīga sēņu suga, kas veido NIV.

Zearelons (ZEN) rada hormonu darbības izmaiņas zīdītāju organismā. Galvenokārt atrodams kukurūzā, taču ir konstatēts arī citos graudaugos. Īpaši jutīgas sugas pret šo toksīnu ir cūkas, tādēļ ir pamats uzskatīt, ka arī cilvēku jutīgums ir līdzīgs (“Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food,” 2011).

Pētījumos Lietuvā konstatēts, ka biežāk sastopamās sēņu sugas auzu graudos un auzu produktos, kas veido mikotoksīnus (NIV, T2, ZEN) ir *F. equiseti*, *F. solani*, *F. poae*, *F. graminearum* un *F. sporotrichioides* (Lugauskas et al., 2006). Latvijā no auzām 2014. gadā ir izdalītas vairākas mikotoksīnus veidojošas *Fusarium* sugas: *F.poeae*, *F. langsetia*, *F.oxysporum*, *F.graminearum* (pēc LAAPC datiem).

Alternaria ģints sēnes veido vairākus toksīnus, un tie sastopami graudaugu produktos gan cilvēku, gan dzīvnieku pārtikā. Tiem piemīt zema akūta toksicitāte (Asam, Konitzer, & Rychlik, 2011). Pētījumos Kanādā konstatēts, ka biežāk sastopamā *Altrnaria* suga auzās, kas veido toksīnus, ir *A.alternata*, taču nozīmīga toksicitāte zirgu barībā nav konstatēta (Sacchi et al., 2009). Pētījumos Krievijā atzīts, ka *A. tenuissima* un *A. arborescens* ir mikotoksīnus veidojošas *Alternaria* sugas auzās (Gavrilova, Gannibal, & Gagkaeva, 2016).

Literatūra

- Adhikari, M., Negi, B., Kaushik, N., Adhikari, A., Al-Khedhairi, A. A., Kaushik, N. K., & Choi, E. H. (2017). T-2 mycotoxin: Toxicological effects and decontamination strategies. *Oncotarget*, 8(20), 33933–33952. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.15422>
- Asam, S., Konitzer, K., & Rychlik, M. (2011). Precise determination of the Alternaria mycotoxins alternariol and alternariol monomethyl ether in cereal, fruit and vegetable products using stable isotope dilution assays. *Mycotoxin Research*, 27(1), 23–28. <https://doi.org/10.1007/s12550-010-0071-6>
- Bimšteine, G. (2017). *Graudaugu šķirņu izturības izvērtējums pret slimībām Latvijas agroklimatiskajos apstākļos , novērtējot šķirņu saimnieciskās īpašības.*
- Bimšteine, G. (2018). *Graudaugu šķirņu izturības izvērtējums pret slimībām Latvijas agroklimatiskajos apstākļos , novērtējot šķirņu saimnieciskās īpašības.*
- Bimšteine, G. (2019). *Graudaugu šķirņu izturības izvērtējums pret slimībām Latvijas agroklimatiskajos apstākļos , novērtējot šķirņu saimnieciskās īpašības.*
- Cotuna, O., Paraschivu, M., Paraschivu, A., & Saratelanu, V. (2015). The influence of tillage, crop rotation and residue management on tan spot (Drechslera Tritici Repentis Died. Shoemaker) in winter wheat. *Research Journal of Agricultural Science*, 47(2), 13–21.
- Haschek, W. M., & Voss, K. A. (2013). Mycotoxins. In *Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology* (pp. 1187–1258). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415759-0.00039-X>

- Hietaniemi, V., Rämö, S., Yli-Mattila, T., Jestoi, M., Peltonen, S., Kartio, M., Sieviläinen, E., Koivisto, T. & Parikka, P. (2016) Updated survey of *Fusarium* species and toxins in Finnish cereal grains, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33:5, 831-848. <https://doi.org/0.1080/19440049.2016.1162112>
- Lângaro, N. C., Reis, E. M., & Floss, E. L. (2001). Detection of *drechslera avenae* in oat seeds. *Fitopatologia Brasileira*, 26(4), 745–748. <https://doi.org/10.1590/s0100-41582001000400010>
- Lashram, M. A. (2019). *Some Studies on Leaf Spot of Oats and Triticale*. Retrieved from <https://openprairie.sdstate.edu/etd/3125>
- Lugauskas, A., Levinskaitė, L., Mačkinaitė, R., Raudonienė, V., Railienė, M., & Raila, A. (2006). Ecological and technological factors influencing the distribution of toxin producing micromycetes on oats and their products. *Ekologija*, 3, 112–121.
- Nazareno, E. S., Li, F., Smith, M., Park, R. F., Kianian, S. F., & Figueroa, M. (2018). *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*: a threat to global oat production. *Molecular Plant Pathology*, 19(5), 1047–1060. <https://doi.org/10.1111/mpp.12608>
- Pettersson, H., Börjesson, T., Persson, L., Lerenius, C., Berg, G. & Gustafsson, G. (2008). T-2 and HT-2 toxins in oats grown in Northern Europe. *Cereal Research Communications* 36(Suppl B):591-592.
- Sacchi, C., González, H. H. L., Broggi, L. E., Pacin, A., Resnik, S. L., Cano, G., & Taglieri, D. (2009). Fungal contamination and mycotoxin natural occurrence in oats for race horses feeding in Argentina. *Animal Feed Science and Technology*, 152(3–4), 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.04.008>
- Scientific Opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. (2011). *EFSA Journal*, 9(6), 2197. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2197>
- Wanda M., Haschek Kenneth, & Voss, A. (n.d.). HT 2 Toxin - an overview (pdf) | ScienceDirect Topics. In Wanda M. Haschek, Kenneth A. Voss, in *Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology (Third Edition)*, 2013. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/ht-2-toxin/pdf>

8. pielikums

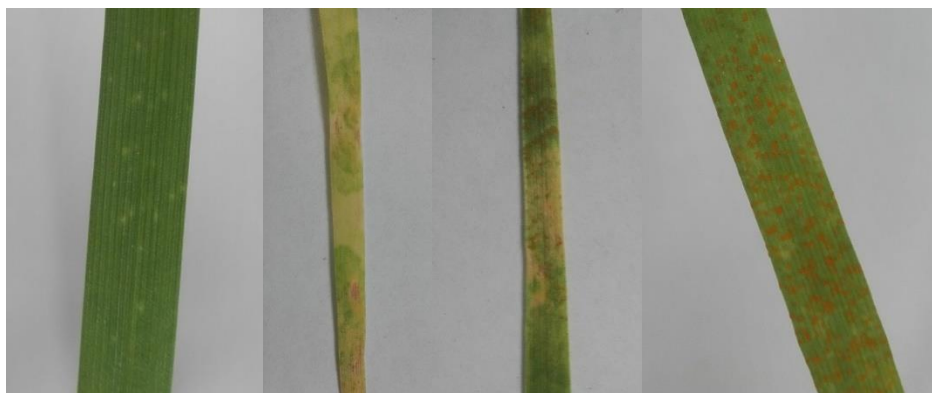
Kviešu šķirņu ieņēmība pret dzeltenās rūsas ierosinātāju *P. striiformis*

Kviešu dzeltenā rūsa *Puccinia striiformis* ir potenciāli bīstama kviešu slimība (1.attēls), kas ieņēmīgu šķirņu sējumos var izraisīt ievērojamus ražas zudumus. Tā ir aktuāla problēma bioloģiskajiem graudaugu audzētājiem, kas savos sējumos nelieto ķīmiski sintezētus augu aizsardzības līdzekļus. Viens no efektīvākajiem dzeltenās rūsas ierobežošanas veidiem ir rezistentu kviešu šķirņu audzēšana. Šķirne tiek uzskatīta par izturīgu, ja uz auga nav novērojamas slimības pazīmes.



1.attēls. *P. striiformis* kviešu sējumā.

Ir zināms, ka kviešu šķirnes satur rezistences gēnus, kas nodrošina to izturību pret dzelteno rūsu. Rezistences gēni ir dažādi, katra šķirne var būt ieņēmīga pret atšķirīgām *P. striiformis* rasēm. Patogēnam ir liela ģenētiskā mainība, pēdējos gados Eiropā, tai skaitā arī Latvijā, ir identificētas agresīvas *P. striiformis* rases, kas spēj producēt ievērojamu daudzumu uredosporu un atkārtoti inficēt kviešus vairākas reizes sezonā. Patogēna virulences gēniem un saimniekauga rezistences gēniem mijiedarbojoties, uz auga lapām var novērot dažādas slimības pazīmes, sākot no nelieliem hlorotiskiem plankumiem līdz intensīvai sporulācijai (2.attēls).



2.attēls. Dzeltenās rūsas pazīmes uz kviešu lapām.

Kviešiem izšķir divu veidu rezistenci – pirmajā gadījumā tie ir izturīgi pret dzelteno rūsu visos attīstības etapos, otrajā – rezistences mehānisms aktivizējas auga vēlākajos attīstības etapos. Rezistences veids ir jāņem vērā izvēloties kviešu šķirnes, augiem ar otrā veida rezistenci būs nepieciešama apstrāde ar augu aizsardzības līdzekļiem stiebrošanas laikā. Rezistenci ietekmē gaisa temperatūra un auga nodrošinājums ar barības vielām – slāpekļa pārbagātība var veicināt dzeltenās rūsas uzliesmojumu.

Par Latvijā audzēto kviešu šķirņu izturību pret *P. striiformis* agresīvajām rasēm ir maz informācijas. Atsevišķi pētījumi lauka apstākļos veikti AREI Stendes pētniecības centrā. 2020. gadā veiktajos eksperimentos LLU Augu aizsardzības zinātniskā institūta “Agrihorts” siltumnīcā, kviešu šķirnes Fredis, Reinis un Zeppelin juvenilā attīstības etapā bija izturīgas pret *P. striiformis* agresīvo rasi Triticale 2015, bet kviešu šķirnes Brencis, Ceylon, Edvins, Magnifik, Olivin, Skagen, Talsis – daļēji izturīgas (3.attēls), savukārt inficējot kviešus ar *P. striiformis* rasi Warrior, visas eksperimentā izmantotās šķirnes bija ieņēmīgas (4.attēls).



3.attēls. Dzeltenās rūsas pazīmes uz Latvijā audzētu kviešu šķirņu lapām pēc inficēšanas ar *P. striiformis* rasi Triticale 2015.



4.attēls. Dzeltenās rūsas pazīmes uz Latvijā audzētu kviešu šķirņu lapām pēc inficēšanas ar *P. striiformis* rasi Warrior.

Līdz šim nav zināmas kviešu šķirnes, kas būtu izturīgas pret visām *P. striiformis* rasēm, tāpēc svarīga ir regulāra klātesošo rasu identifikācija. Zinot, kādas patogēna rases ir sastopamas Latvijas teritorijā, ir iespējams izvēlēties sējai izturīgas kviešu šķirnes pret konkrētajām rasēm. Nozīmīgs ir arī regulārs kviešu šķirņu novērtējums lauka apstākļos – tas ļauj laicīgi pamanīt notikušās izmaiņas *P. striiformis* rasu sastāvā.

Puccinia striiformis – patogēns ar sarežģītu attīstības ciklu

P. striiformis ir biotrofs patogēns, kura attīstībai nepieciešams dzīvs augs. Tā attīstība galvenokārt notiek uz graudaugiem – kviešiem (5.attēls), tritikāles, parastās kamolzāles u.c., bet starpsaimnieks var būt dažādu sugu bārbeles (6.attēls): *Berberis chinensis*, *B. koreana*, *B. holstii*, *B. vulgaris*, *B. shensiensis*, *B. potaninii*, *B. dolichobotrys* vai mahonijas *Mahonia aquifolium*. *P. striiformis* izplatās galvenokārt ar vēja palīdzību, sporas var pārvietoties pat vairāk nekā 1000km attālumā.



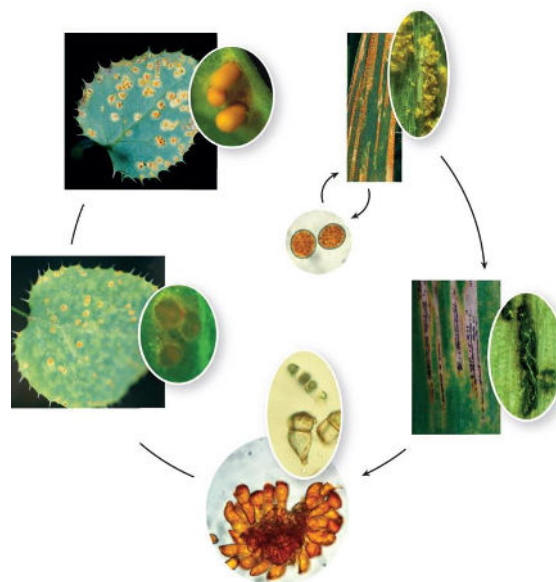
5.attēls. *P. striiformis* uredosporas uz kviešu lapas.



6.attēls. Rūsas simptomi uz bārbeles.

Pilnā *P. striiformis* attīstības ciklā ir zināmi pieci sporu veidi (7.attēls). Uz primārā saimniekauga – kviešiem, ir atrodamas uredosporas, teleitosporas un bazīdijsporas, savukārt uz sekundārā saimnieka – bārbeles, spermācijiem un ecīdijsporām.

Kviešu inficēšanās visbiežāk notiek pavasarī. Apstākļi *P. striiformis* attīstībai ir labvēlīgi, ja gaisa mitrums pārsniedz 50 % un gaisa temperatūra ir robežās no 0 °C līdz 26 °C. Ecīdijsporas no bārbelēm nokļūst uz kviešiem un sāk dīgt. Veidojas uredīniji, tajos attīstās milzīgs daudzums oranžīgu uredosporu, kuras, izkļūstot ārā, spēj atkārti, vairākas reizes sezonā, inficēt kviešus. Vēlāk uz kviešiem veidojas teliji, kuros attīstās teleitosporas. Mitrā laikā, dīgstošas teleitosporām, veidojas bazīdijsporas, kas inficē starpsaimnieku – bārbeles. Turpinot attīstību, uz bārbeles lapas augšpuses veidojas spermogoniji ar spermācijiem, bet uz apakšpuses ecīdiji ar ecīdijsporām.



7.attēls. *P. striiformis* attīstības cikls (*Hovmøller et al., 2011)

*Hovmøller, M.S., Sørensen, C.K., Walter, S., & Justesen, A.F. (2011). Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annual Review of Phytopathology*, 49(1), 197–217. DOI: 10.1146/annurev-phyto-072910-095230.

