

LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE  
*LATVIA UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES AND TECHNOLOGIES*

LAUKSAIMNIECĪBAS FAKULTĀTE  
*FACULTY OF AGRICULTURE*

AUGSNES UN AUGU ZINĀTŅU INSTITŪTS  
*INSTITUTE OF SOIL AND PLANT SCIENCES*



Latvijas  
Biozinātņu un tehnoloģiju  
universitāte

*Mg. agr. Agrita Švarta*

**ZIEMAS KVIEŠU LAPU SLIMĪBU IETEKME UZ RAŽU UN  
TĀS STRUKTŪRELEMENTIEM**

***THE INFLUENCE OF WINTER WHEAT LEAF DISEASES ON  
YIELD AND YIELD COMPONENTS***

PROMOCIJAS DARBS

zinātnes doktora grāda (Ph.D.) iegūšanai lauksaimniecības, meža un veterinārajās zinātnēs

*DOCTORAL THESIS*

*for Doctoral Degree Doctor of Science (Ph.D) in Agriculture, Forestry and Veterinary  
Sciences*

Promocijas darba vadītāja:

Profesore, Dr.agr. Gunita Bimšteine

\_\_\_\_\_

Promocijas darba autore

\_\_\_\_\_

Jelgava  
2023

# ANOTĀCIJA

Švarta A. (2023). *Ziemas kviešu lapu slimību ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem*. Promocijas darbs zinātņu doktora grāda (Ph.D.) iegūšanai. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte. Jelgava: LBTU, 89 lpp.

Zinātniskā darba izstrādāšanai lauka izmēģinājumi veikti Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (iepriekš Latvijas Lauksaimniecības universitāte) Lauksaimniecības fakultātes Mācību un pētījumu saimniecībā "Pēterlauki", izmēģinājuma periods četras ražas sezonas: 2016./2017. – 2019./2020. gads. Pētījums veikts ar EIP-AGRI projekta "Lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde ziemas kviešu lapu un vārpu slimību ierobežošanai" un ESF projekta Nr. 8.2.2.0/20/1/001 "LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli" atbalstu.

## **Darba hipotēze:**

Ziemas kviešu lapu slimību postīgums ir atkarīgs no slimību attīstības pakāpes veģetācijas periodā un gada meteoroloģiskajiem apstākļiem.

## **Promocijas darba mērķis**

Noskaidrot ziemas kviešu lapu slimību ietekmi uz ražu un tās struktūrelementiem atkarībā no agroekoloģiskajiem apstākļiem.

## **Pētījuma uzdevumi**

1. Raksturot ziemas kviešu lapu slimību attīstības īpatnības atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem.
2. Analizēt lapu slimību attīstību atkarībā no fungicīdu lietošanas intensitātes.
3. Analizēt ziemas kviešu ražu un tās struktūrelementus atkarībā no fungicīdu lietošanas intensitātes.
4. Analizēt slāpekļa ietekmi uz lapu slimību attīstību, kviešu ražu un tās struktūrelementiem.

## **Promocijas darba strukturējums:**

1. nodaļa – **Literatūras apskats** ietver četras apakšnodaļas. Nodaļā ietilpst izplatītāko ziemas kviešu lapu slimību raksturojums, aprakstīta agrotehnisko pasākumu ietekme, lapu slimību ietekme uz ražas veidošanos un lapu slimību ķīmiskā ierobežošana.

2. nodaļa – **Materiāli un metodes** ietver piecas apakšnodaļas. Nodaļā aprakstīta lauka izmēģinājumu ierīkošanas metodika, veiktās uzskaites, raksturoti meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājumu vietā, kā arī izmantotās datu matemātiskās apstrādes metodes.

3. nodaļa – **Izmēģinājuma rezultāti un diskusija** ietver četras apakšnodaļas. Tajās analizēta lapu plankumainību attīstības dinamika, kopējā lapu plankumainību attīstība (AUDPC), fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte lapu plankumainību ierobežošanā pie dažādām slāpekļa papildmēslojuma normām, izvērtēta fungicīdu lietošanas shēmu ietekme uz kviešu ražas struktūrelementu veidošanos un graudu ražu, vērtētas sakarības starp lapu plankumainību attīstības pakāpi un ražas veidošanos.

**Secinājumos** dotas atbildes uz izvirzītajiem pētījuma uzdevumiem.

Darbā ietvertas 14 tabulas, 18 attēli, 24 pielikumi, izmantoti 217 literatūras avoti, 11 atsauces parindenī.

## ANNOTATION

Švarta A. (2023). *The influence of winter wheat leaf diseases on yield and yield components*: research paper to obtain for the Doctoral degree Ph.D. in Agriculture, Forestry and Veterinary sciences. Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava: LLU, p. 89

The field trials was conducted at Training and Research Farm “Pēterlauki” of Latvia University of Life Sciences and technologies in four seasons from 2017/2018 till 2020/2021. The research was supported by the EIP–AGRI project “The development of the decision-making support system for restriction of the diseases, affecting leaves and ears of winter wheat” and by the European Social Fund within the project 522 (No. 8.2.2.0/20/I/001) “LLU Transition to a new funding model of doctoral studies”

### **Hypothesis of the thesis:**

The harmfulness of winter wheat leaf diseases depends on the severity of disease during the vegetation period and the meteorological conditions of the year.

### **The aim of the thesis**

To determine the impact of the winter wheat leaf diseases on the yield and yield-forming components, depending on the agro-ecological conditions.

### **Research tasks**

1. To describe the peculiarities of development of winter wheat leaf diseases depending on meteorological conditions.
2. To analyze the development of winter wheat leaf diseases depending on intensity of fungicide treatment.
3. To analyze the yield and the yield-forming components of winter wheat depending on intensity of fungicide treatment.
4. To analyze the influence of nitrogen on the development of winter wheat leaf diseases, the yield and the yield-forming components.

The structure of the research paper:

Chapter 1 – **The literature review** includes four subchapters. The chapter includes the characteristics of the most common leaf diseases of winter wheat, describes the effect of agrotechnical measures, the effect of leaf diseases on yield and yield-forming components and chemical control of leaf diseases.

Chapter 2 – **Materials and methods** includes five subchapters. The chapter describes the methodology of field trial, field observations and analysis, the meteorological conditions at the site as well as the mathematical data processing methods used.

Chapter 3 – **The results and discussion** includes four subchapters. The chapter analyzes the dynamics of development of leaf blotches at different plant growth stages, the total disease impact (AUDPC) during vegetation period, the efficiency of fungicide treatment schemes at different rates of top-dressing nitrogen fertilisation. The impact of fungicide treatment schemes on the grain yield and yield-forming components, as well as the interaction between the severity of leaf blotches and formation of yield were evaluated.

**The conclusions** include answers to the research tasks.

The paper contains 14 tables, 18 figures, 24 annexes, 217 scientific source references, 11 footnotes.

# SATURS

ANOTĀCIJA .....	2
ANNOTATION .....	3
DARBĀ IEVIETOTI TABULU SARAKSTS .....	5
DARBĀ IEVIETOTO ATTĒLU SARAKSTS .....	6
PIELIKUMU SARAKSTS .....	7
IEVADS .....	8
1. LITERATŪRAS APSKATS .....	11
1.1. Nozīmīgākās ziemas kviešu lapu slimības, to izplatība un postīgums pasaulē un Latvijā .....	11
1.1.1. Kviešu lapu dzeltenplankumainība .....	12
1.1.2. Kviešu lapu pelēkplankumainība .....	13
1.1.3. Kviešu plēkšņu plankumainība .....	14
1.1.4. Graudzāļu miltrasa .....	15
1.1.5. Dzeltenā un brūnā rūsa .....	15
1.2. Agrotehnisko pasākumu ietekme uz lapu slimību attīstību .....	17
1.3. Ziemas kviešu raža un ražas struktūrelementi .....	20
1.3.1. Lapu slimību ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem .....	23
1.3.2. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem .....	24
1.3.3. Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem .....	26
1.4. Ziemas kviešu lapu slimību ķīmiskā ierobežošana .....	27
1.4.1. Fungicīdu lietošana .....	27
1.4.2. Plašāk lietoto darbīgo vielu raksturojums .....	29
1.4.3. Fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte .....	32
1.4.4. Lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas .....	34
2. MATERIĀLI UN METODES .....	38
2.1. Lauka izmēģinājuma varianti .....	38
2.2. Lauka izmēģinājuma apstākļi un pielietotā agrotehnika .....	39
2.3. Veiktie novērojumi un analīzes .....	40
2.4. Meteoroloģisko apstākļu raksturojums .....	42
2.5. Datu matemātiskā apstrāde .....	45
3. IZMĒĢINĀJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA .....	46
3.1. Lapu slimību attīstības izvērtējums .....	46
3.1.1. Lapu slimību attīstība vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas .....	46
3.1.2. Fungicīdu ietekme uz kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību .....	48
3.1.3. Fungicīdu ietekme uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību .....	52
3.1.4. Lapu zaļās virsmas laukums .....	56
3.1.5. Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte .....	57
3.2. Slāpekļa papildmēslojuma ietekme uz kviešu lapu slimību attīstību .....	58
3.3. Ziemas kviešu raža atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas .....	62
3.4. Ziemas kviešu ražas struktūrelementu analīze .....	66
SECINĀJUMI .....	74
PATEICĪBAS .....	76
IZMANTOTIE LITERATŪRAS AVOTI .....	77
PIELIKUMI .....	90

## DARBĀ IEVIETOTO TABULU SARAKSTS

2.1. tabula	Fungicīdu lietošanas shēmas.....	38
2.2. tabula	Slāpekļa papildmēslojuma varianti.....	39
2.3. tabula	Augsnes agroķīmiskie rādītāji ziemas kviešu izmēģinājumu laukos.....	40
2.4. tabula	Meteoroloģisko apstākļu raksturojums dažādos ziemas kviešu attīstības etapos .....	44
3.1. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE 2018.–2021. g. ....	50
3.2. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību (AUDPC) 2018.–2021. g. ....	51
3.3. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE 2018.–2021. g. ....	54
3.4. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību (AUDPC) 2018.–2021. g. ....	55
3.5. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz lapu zaļās virsmas laukumu 75.–77. AE 2018.–2021. g. ....	56
3.6. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz fungicīdu lietošanas tehnisko efektivitāti 2018.–2021.g. ....	57
3.7. tabula	Faktoru ietekme (p-vērtība) uz ziemas kviešu graudu ražu 2018.–2021. g. ..	62
3.8. tabula	Ziemas kviešu graudu ražas atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021.g., t ha <sup>-1</sup> .....	63
3.9. tabula	Ziemas kviešu graudu ražas atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., t ha <sup>-1</sup> .....	64
3.10. tabula	Sakarības starp lapu plankumainību attīstības pakāpi 75.–77. AE, AUDPC vienībām un graudu ražu, Pīrsona korelācijas koeficients .....	66
3.11. tabula	Produktīvo stiebru skaits atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., gab. m <sup>2</sup> .....	67
3.12. tabula	Graudu skaits vārpā atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., gab.....	69
3.13. tabula	Vienas vārpas graudu masa atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas, 2018.–2021. g., g .....	70
3.14. tabula	1000 graudu masa atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas, 2018.–2021. g., g .....	71

## DARBĀ IEVIETOTO ATTĒLU SARAKSTS

3.1. att.	Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamika vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g, % .....	46
3.2. att.	Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības dinamika vidēji variantos Bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g, % .....	47
3.3. att.	Lapu plankumainību kopējā attīstība vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g, AUDPC vienības .....	48
3.4. att.	Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamika atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g., % .....	49
3.5. att.	Kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtības atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g.....	52
3.6. att.	Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības dinamika atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g., % .....	53
3.7. att.	Kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vērtības atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2020.–2021. g.....	55
3.8. att.	Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no fungicīdu lietošanas hēmas 75.–77. AE 2018.–2021. g., % .....	57
3.9. att.	Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g., % .....	58
3.10. att.	Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe 75.–77. AE atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2021. gadā, %.....	59
3.11. att.	Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 75.–77. AE 2018. –2021. g., % .....	61
3.12. att.	Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %.....	61
3.13. att.	Četru gadu vidējā graudu raža atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., t ha <sup>-1</sup> .....	62
3.14. att.	Ražas pieaugums salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2020. g., t ha <sup>-1</sup> .....	65
3.15. att.	Ražas pieaugums salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018. g., t ha <sup>-1</sup> .....	65
3.16. att.	Lineārās korelācijas koeficienti $r_{yx}$ starp ražu (x) un ražas struktūrelementiem (y), 2018.–2021. g. ....	72
3.17. att.	Lineārās korelācijas koeficienti $r_{yx}$ starp lapu plankumainību attīstības pakāpi 75.–77. AE (x) un 1000 graudu masu (y) 2018.–2021. g. ....	73
3.18. att.	Lineārās korelācijas koeficienti $r_{yx}$ starp lapu plankumainību AUDPC vienībām un 1000 graudu masu (y) 2018.–2021. g. ....	73

## PIELIKUMU SARAKSTS

1. pielikums Lauka izmēģinājuma shēma
2. pielikums Izmēģinājumu ierīkošanas, kopšanas darbu un lapu slimību vērtēšanas datumu kopsavilkums
3. pielikums Vidējā gaisa temperatūra pētījuma gados MPS “Pēterlauki”, °C
4. pielikums Nokrišņu daudzums pētījuma gados MPS “Pēterlauki”, mm
5. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības (ieros. *P. tritici-repentis*) attīstības dinamika 2018.–2021. g., %
6. pielikums Kviešu lapu pelēkplankumainības (ieros. *Z. tritici*) attīstības dinamika 2018.–2021. g., %
7. pielikums Graudzāļu miltrasas (ieros. *B. graminis*) attīstības dinamika 2018.–2019. g., %
8. pielikums Brūnās rūsas (ieros. *P. recondita*) attīstības dinamika 2021. g., %
9. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības kopējā attīstība vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g., AUDPC vienības
10. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe 75.–77. AE atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %
11. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība 2018.–2021. g., AUDPC vienības
12. pielikums Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe 75.–77. AE atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %
13. pielikums Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība 2018.–2021. g., AUDPC vienības
14. pielikums Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %
15. pielikums Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte 2018.–2021. g., %
16. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe variantos bez fungicīdu lietošanas 75.–77. AE atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %
17. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība variantos bez fungicīdu lietošanas atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., AUDPC vienības
18. pielikums Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2021. g.
19. pielikums Ziemas kviešu izturība pret veldri atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2020. g, balles
20. pielikums Sakarības starp veldri un ražas struktūrelementiem 2020. g., Pīrsona korelācijas koeficients
21. pielikums Sakarības starp ražas struktūrelementiem un graudu ražu, Pīrsona korelācijas koeficients
22. pielikums Sakarības starp ražas struktūrelementiem
23. pielikums Sakarības starp kviešu lapu plankumainību attīstības pakāpi 75.–77. AE un ražas struktūrelementiem, Pīrsona korelācijas koeficients
24. pielikums Sakarības starp lapu plankumainību AUDPC vienībām un ražas struktūrelementiem, Pīrsona korelācijas koeficients

## IEVADS

Kvieši (*Triticum* spp.) ir pasaulē plašāk audzētie kultūraugi, kuru sējplatības pārsniedz 200 milj. ha ar kopražu 770 milj. tonnu gadā<sup>1</sup>. Latvijā ziemas kviešu sējplatības un iegūtā raža pēdējos divdesmit gados ir būtiski pieaugusi, jo tie ir viens no ekonomiski izdevīgākajiem kultūraugiem, it sevišķi valsts centrālajā daļā. Ja 2000. gadā ziemas kviešus audzēja 117.4 tūkst. ha platībā ar kopražu 336.0 tūkst. t., tad 2020. gadā platības aizņēma jau 382.2 tūkst. ha ar kopražu 2174.5 tūkst. t. Ienākot ražošanā jaunām un augstražīgām šķirnēm, kā arī pilnveidojot audzēšanas tehnoloģijas, vidējās graudu ražas pieaugušas no 2.86 t ha<sup>-1</sup> (2000. g.) līdz 5.69 t ha<sup>-1</sup> (2020. g.)<sup>2</sup>, taču daudzi zemnieki iegūst krietni augstākas graudu ražas, kas nereti sasniedz pat 10 t ha<sup>-1</sup>.

Ziemas kviešu augšanu un attīstību ietekmē daudzi faktori, viens no tiem ir lapu slimības. Līdzšinējo pētījumu rezultāti pasaulē un Eiropā rāda, ka kviešu lapu slimības attīstībai labvēlīgos apstākļos rada ievērojamus ražas zudumus un samazina graudu kvalitāti. Lapu slimību ierobežošanai lieto fungicīdus, kurus bieži smidzina pēc iepriekš izstrādātām fungicīdu lietošanas shēmām, neņemot vērā situāciju uz lauka. Saskaņā ar Augu aizsardzības likumu<sup>3</sup>, saimniecībās ir obligāta integrētās augu aizsardzības ieviešana, kas paredz bioloģisku, agrotehnisku un ķīmisku pasākumu kombinēšanu, lai pēc iespējas mazinātu augu aizsardzības līdzekļu lietošanu. Pārsvarā pētījumi par lapu slimību ierobežošanu veikti reģionos ar atšķirīgu klimatu, tāpēc šos rezultātus nevar pilnībā izmantot Latvijas agroklīmatiskajos apstākļos.

Līdz šim plaši pētīta kviešu ražas un tās struktūrelementu (produktīvo stiebru skaits, graudu skaits vārpā, 1000 graudu masa) veidošanās atkarībā no dažādiem agrotehniskajiem pasākumiem kā augu maiņa, augsnes apstrādes sistēma, slāpekļa papildmēslojums, taču trūkst pētījumu par lapu slimību ietekmi uz ražas struktūrelementiem un abu iepriekš minēto faktoru mijiedarbību. Lapu slimību izplatību un attīstību ietekmē arī meteoroloģiskie apstākļi, līdz ar to slimību attīstība un ietekme ir grūti prognozējama. Svarīgi noteikt un analizēt slimību attīstības tendences, kas katrā reģionā var būt stipri individuālas atkarībā no apstākļiem, kas vai nu veicina vai kavē lapu slimību attīstību.

### Darba hipotēze

Ziemas kviešu lapu slimību postīgums ir atkarīgs no slimību attīstības pakāpes veģetācijas periodā un gada meteoroloģiskajiem apstākļiem.

### Promocijas darba mērķis

Noskaidrot ziemas kviešu lapu slimību ietekmi uz ražu un tās struktūrelementiem atkarībā no agroekoloģiskajiem apstākļiem.

### Pētījuma uzdevumi

1. Raksturot ziemas kviešu lapu slimību attīstības īpatnības atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem.
2. Analizēt lapu slimību attīstību atkarībā no fungicīdu lietošanas intensitātes.
3. Analizēt ziemas kviešu ražu un tās struktūrelementus atkarībā no fungicīdu lietošanas intensitātes.
4. Analizēt slāpekļa ietekmi uz lapu slimību attīstību, kviešu ražu un tās struktūrelementiem.

<sup>1</sup> FAOSTAT: wheat. *In: Food and Agricultural Organisation of the United Nations*. [Tiešsaiste]. [Skatīts 2023. g. 04. jūn.]. Pieejams: <https://www.fao.org/faostat/en/#compare/>

<sup>2</sup> Lauksaimniecības kultūraugu sējumu platība, kopražs un vidējā ražība 2000.–2022. *No: LR Centrālās statistikas pārvaldes datu bāzes*. [Tiešsaiste]. [Skatīts 2023. g. 04. apr.]. [https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP\\_PUB/START\\_NOZ\\_LA\\_LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/](https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START_NOZ_LA_LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/)

<sup>3</sup> *Augu aizsardzības likums*: LR likums. Stājas spēkā ar 13.01.1999., ar grozījumiem. [Tiešsaiste]. [Skatīts 2023. g. 04. apr.]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/51662-augu-aizsardzibas-likums/>



### **Aizstāvāmās tēzes**

1. Latvijā nozīmīgākās kviešu lapu slimības ir lapu dzeltenplankumainība (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*) un kviešu lapu pelēkplankumainība (ieros. *Zymoseptoria tritici*).
2. Fungicīdu lietošana būtiski samazina ziemas kviešu slimību attīstību, bet atsevišķu shēmu efektivitāte ir atkarīga no apstākļiem veģetācijas periodā.
3. Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība nav atkarīga no slāpekļa mēslojuma normas.
4. Slimību ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem ir atkarīga no veģetācijas perioda agroekoloģiskajiem apstākļiem.

### **Novitāte**

Latvijā nav pētīta saistība starp kviešu lapu slimību attīstības pakāpi un ražu, kā arī ražu veidojošiem struktūrelementiem.

### **Projekti, kas nodrošināja promocijas darba izstrādi:**

1. EIP–AGRI projekts “Lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde ziemas kviešu lapu un vārpu slimību ierobežošanai”;
2. ESF projekts Nr. 8.2.2.0/20/I/001 “LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli”.

### **Pētījumu datu aprobācija**

#### **Publikācijas, kas indeksētas SCOPUS un/vai WEB of SCIENCE datu bāzēs**

1. Gaile Z., Bankina B., Plūduma-Paunina I., Šterna L., Bimšteine G., Švarta A., Kaneps J., Arhipova I., Šutka A. (2023). Performance of winter wheat (*Triticum aestivum*) depending on fungicide application and nitrogen top-dressing rate. *Agronomy*, 13(2), Art. No. 318. DOI: 10.3390/agronomy13020318 (Scopus, Web of Science).
2. Švarta A., Bimšteine G., Gaile Z., Kaņeps J., Plūduma-Pauniņa I. (2022). Winter wheat leaf blotches development depending on fungicide treatment and nitrogen level in two contrasting years. *Agronomy Research*, Vol.20 (2), p. 414–423. DOI: 10.15159/ar.21.160 (Scopus (citēts 1 reizi))
3. Švarta A., Bimšteine G., Gaile Z., Stanka T., Daugaviņa L., Plūduma-Pauniņa I. (2020). Development of winter wheat blotches depending on fungicide treatment schemes and nitrogen rates. *In: Research for Rural Development 2020*; annual 26<sup>th</sup> International Scientific conference proceedings, Jelgava, May 13–15, 2020. Latvia University of Life sciences and Technologies, Vol. 35, p. 7–13. DOI: 10.22616/rrd.26.2020.001 (Scopus (citēts 2 reizes))
4. Švarta A., Bimšteine G. (2019). Winter wheat leaf diseases and several steps included in their integrated control: a review. *In: Research for Rural Development 2019*: annual 25<sup>th</sup> International Scientific conference proceedings, Jelgava, May 15–17, 2019. Latvia University of Life Sciences and technologies, Vol. 2, p. 55–62. DOI: 10.22616/rrd.25.2019.049. (Scopus (citēts 4 reizes), Web of Science (citēts 3 reizes)).

#### **Recenzēti zinātniskie raksti**

1. Gaile Z., Bankina B., Plūduma-Pauniņa I., Šterna L., Bimšteina G., Švarta A., Kaņeps J., Arhipova I., Šutka A. (2022). Fungicīdu pielietojuma un slāpekļa papildmēslojuma ietekme uz ziemas kviešu ražu un ražas kvalitāti 2018.–2021. g. *No: Ražas svētki “Vecauce 2022”* Miers baro, karš posta: zinātniskā semināra rakstu krājums. Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte. SIA LLU MPS “Vecauce”. Jelgava: LLU, 32.–35. lpp.
2. Švarta A., Bimšteine G., Kaņeps J. (2021). Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas. *No: Ražas svētki “Vecauce 2021”* Raža ekstremālos apstākļos: zinātniskā semināra rakstu krājums. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. SIA LLU MPS “Vecauce”. Jelgava: LLU, 55.–58. lpp.

### **Apstiprināts publicēšanai:**

1. Švarta A., Bimšteine G., Bankina B., Kaņeps J., Gaile Z. (2023). Impact of fungicide treatment schemes on the severity of leaf blotches in winter wheat. *Rural Sustainability Research*, Vol. 49 (344).

### **Konferenču tēzes**

1. Švarta A., Bimšteine G., Kaņeps J. (2022). Development of winter wheat leaf blotches depending on meteorological conditions. *Journal of Biological Studies*, Vol 5 (3) (Special Issue). <https://onlinejbs.com/index.php/jbs/article/view/7091>
2. Švarta A., Bimšteine G., Gaile Z., Kaņeps J., Plūduma-Pauniņa I. (2021). Winter wheat leaf blotch development depending on fungicide treatment scheme under different nitrogen levels. *In: International Scientific conference Byosystems Engineering 2021. Book of Abstracts.*, Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia, May 05–07, 2021, p. 86. [https://science.rsu.lv/ws/portalfiles/portal/25356424/Biosystems\\_Engineering\\_2021\\_Abstr act\\_Book.pdf](https://science.rsu.lv/ws/portalfiles/portal/25356424/Biosystems_Engineering_2021_Abstr act_Book.pdf)
3. Švarta A., Bimšteine G., Kaņeps J. (2020). Slāpekļa papildmēslojuma un slimību ierobežošanas ietekme uz ziemas kviešu ražu un kvalitāti. *In: The 3rd international scientific virtual conference AgroEco 2020 sustainability: Links between carbon sequestration in soils, food security and climate change. Abstract book.* Vytautas Magnus University Kaunas, Lithuania, December 02–03, 2020, p. 30

### **Referāti starptautiskās konferencēs**

1. Švarta A., Bimšteine G., Kaņeps J. (2022). Development of winter wheat leaf blotches depending on meteorological conditions. *International conference on Food, nutrition and Agriculture ICFNA22*, June 25–26, 2022. Budapest, Hungary (online)
2. Švarta A., Bimšteine G., Gaile Z., Kaņeps J., Plūduma-Pauniņa I. (2021). Winter wheat leaf blotch development depending on fungicide treatment scheme under different nitrogen levels. *International Scientific conference Byosystems Engineering 2021*, May 05–07, 2021. Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia (online).
3. Švarta A., Bimšteine G., Kaņeps J. (2020). Slāpekļa papildmēslojuma un slimību ierobežošanas ietekme uz ziemas kviešu ražu un kvalitāti. *The 3rd International scientific virtual conference AgroEco 2020 sustainability: Links between carbon sequestration in soils, food security and climate change*, December 02–03, 2020, Vytautas Magnus University Kaunas, Lithuania (online).
4. Švarta A., Bimšteine G., Gaile Z., Stanka T., Daugaviņa L., Plūduma-Pauniņa I. (2020). Development of winter wheat blotches depending on fungicide treatment schemes and nitrogen rates. *Annual 26<sup>th</sup> International scientific conference Research for Rural Development 2020*, May 13–15, 2020. Jelgava, Latvia.
5. Švarta A., Bimšteine G. (2019). Winter wheat leaf diseases and several steps included in their integrated control: a review. *Annual 25<sup>th</sup> International scientific conference Research for Rural Development 2019*, May 15–17, Jelgava, Latvia.

### **Stenda referāti**

1. Švarta A., Bimšteine G., Bankina B., Kaņeps J., Gaile Z. (2023). Fungicīdu lietošanas intensitātes ietekme uz ziemas kviešu lapu plankumainību attīstību. *V. Pasaules latviešu zinātnieku kongress "Zinātne Latvijai"*. 2023. g. 28.–29. jūnijā, Rīga, Latvija.
2. Švarta A., Bimšteine G., Kaņeps J. (2021). Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas. *Zinātniskais seminārs "Ražas svētki Vecauce – 2021: Raža ekstremālos apstākļos"*. 2021. g. 4. novembrī, Vecauce, Latvija.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Nozīmīgākās ziemas kviešu lapu slimības, to izplatība un postīgums pasaulē un Latvijā

Lapu slimības ir plaši izplatītas ziemas kviešu sējumos visā pasaulē, taču to izplatība reģionos laika gaitā mainās. Pēdējos gados veiktie pētījumi parāda, ka par dominējošos kviešu lapu slimību pasaulē kļuvusi kviešu lapu pelēkplankumainība (ieros. *Zymoseptoria tritici*) (Krupinsky et al., 2007; Jørgensen et al., 2014; Fones, Gurr, 2015; Savary et al, 2017.). Eiropā kviešu lapu pelēkplankumainība kļuva nozīmīga jau 1980-ajos gados, izplatībā pārspējot kviešu plēkšņu plankumainību (ieros. *Parastagonospora nodorum*) (Shaw et al., 2008). Pētījumos Vācijā konstatēts, ka laika posmā no 1995. līdz 2021. gadam kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe kviešu sējumos kontroles variantā pakāpeniski pieauga un pētījuma pēdējos gados tā ir būtiski augstāka nekā pirmajos (Klink et al., 2022).

Pētījumā (Willoquet et al., 2021) par kviešu slimību izplatību lauka izmēģinājumos (37 izmēģinājumi, 447 fungicīdu lietošanas variantu un šķirņu kombinācijas) sešās Eiropas valstīs: Beļģijā, Francijā, Vācijā, Itālijā, Norvēģijā un Zviedrijā laika posmā no 2013. līdz 2017. gadam kviešu lapu slimības pēc nozīmīguma sarindotas sekojošā secībā: kviešu lapu pelēkplankumainība, kviešu plēkšņu plankumainība, kviešu lapu dzeltenplankumainība, brūnā rūsa (ieros. *Puccinia recondita*), dzeltenā rūsa (ieros. *Puccinia striiformis*) un graudzāļu miltrasa (ieros. *Blumeria graminis*). Slimību izplatība un attīstības pakāpe atšķīrās ne tikai starp valstīm, bet arī dažādos valsts reģionos, un bija atkarīga no šķirņu ieņēmības, fungicīdu lietošanas intensitātes un meteoroloģiskajiem apstākļiem. Salīdzinot kopējo slimību attīstības līmeni, tas bija augstākais Itālijā, bet zemākais – Vācijā. Lapu plankumainības konstatēja katru gadu. Kviešu lapu pelēkplankumainība dominēja Beļģijā, Francijā, Vācijā un Itālijā, bet Norvēģijā un Zviedrijā novēroja kviešu lapu pelēkplankumainības, kviešu plēkšņu plankumainības un kviešu lapu dzeltenplankumainības kompleksu infekciju. Pārējās lapu slimības (dzeltenā un brūnā rūsa, graudzāļu miltrasa) konstatēja periodiski.

Arī H. Klinka un kolēģu (Klink et al., 2022) ilggadīgos pētījumos Vācijā konstatēja, ka rūsas parādās periodiski: dzeltenā rūsa – 11 gados no 26, brūnā rūsa – 13 gados no 26, tomēr brūnās rūsas attīstības pakāpe variantos bez fungicīdu lietošanas pēdējos gados pieaug. Līdzīga tendence novērota kviešu lapu dzeltenplankumainībai. Lai gan kviešu lapu dzeltenplankumainība pētījuma laikā konstatēta tikai deviņos gados no 26, tomēr augstākā slimības attīstības pakāpe novērota 2018. gadā. Tas varētu liecināt, ka slimība var kļūt aktuāla. Pretstatā graudaugu miltrasas attīstības pakāpe gadu gaitā nav būtiski pieaugusi.

Bieži vien uz lapām novērojama kompleksa infekcija. A. Dubas un kolēģu (Duba, Goriewa-Duva, Washowska, 2018) veiktajā pētījumā Ziemeļeiropas valstīs (Dānija, Vācija, Lielbritānija un Norvēģija) divās trešdaļās no ievāktajiem lapu paraugiem konstatēja divu vai pat trīs lapu plankumainību slimību izraisītāju DNS, pat, ja vizuāli slimību simptomi nebija redzami. Analizējot vidējos paraugus, 90% gadījumu konstatēja kviešu lapu pelēkplankumainības ierosinātāja DNS, 54% gadījumu – kviešu plēkšņu plankumainības un 57% gadījumu – kviešu lapu dzeltenplankumainības ierosinātāja DNS. Zinātnieki atzīst, ka novērotā neatbilstība starp vizuālo slimības attīstības pakāpes novērtējumu un DNS līmeni lapās norāda uz to, ka diezgan bieži var nepamanīt kādas slimības simptomus kompleksas infekcijas gadījumā. Tāpat vizuāla slimības simptomu noteikšana ir daudz grūtāka vēlīnākajos augu attīstības etapos (pēc 75. AE), kad lapas dabiski noveco. Lielbritānijā un Dānijā dominēja kviešu lapu pelēkplankumainība, ar minimālu kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu plēkšņu plankumainības īpatsvaru. Vācijā biežāk konstatēja kviešu lapu dzeltenplankumainības ierosinātāju, retāk – kviešu lapu pelēkplankumainības ierosinātāju. Kviešu lapu dzeltenplankumainības ierosinātāja DNS konstatēja 94% Vācijā, 75% Dānijā un 71% Norvēģijā ievāktu lapu paraugos. Lai gan dzeltenplankumainības ierosinātāju konstatēja daudzus laukos,

tomēr tā DNS līmenis paraugos bija salīdzinoši zems, izņemot Vācijā un Dānijā ievāktajos paraugos, kuri ievākti laukos, kuros plaši izmanto minimālo augsnes apstrādi.

Latvijā izplatītākās ziemas kviešu lapu slimības ir kviešu lapu dzeltenplankumainība un kviešu lapu pelēkplankumainība, graudzāļu miltrasa, brūnā un dzeltenā rūsa (Bankina et al., 2022).

Kviešu lapu dzeltenplankumainība Latvijā pirmo reizi konstatēta pagājušā gadsimta 90-tajos gados. Ja 1995. gadā tās izplatība sējumā bija tikai 6%, jau 2002. gadā slimības simptomi konstatēti praktiski uz visiem augiem sējumā (Bankina, Jakobija, Bimšteine, 2011). Balstoties uz pētījuma rezultātiem, kas iegūti analizējot deviņu gadu datus (2012.–2020.), kviešu lapu dzeltenplankumainība ziemas kviešu sējumos kļuvusi par dominējošo slimību. Tikai vienā gadā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe pārsniedza kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību (Bankina et al., 2022).

Graudzāļu miltrasu kviešu sējumos Latvijā konstatē katru gadu, taču tās attīstības pakāpe sējumos nepārsniedz 2% (Bankina et al., 2018; 2022) un būtiski ražu neietekmē. Dzeltenā rūsa un brūnā rūsa novērotas periodiski (Bankina, Jakobija, Bimšteine, 2011; Feodorova-Fedotova, Bankina, 2018).

### 1.1.1. Kviešu lapu dzeltenplankumainība

Slimību ierosina sēne *Pyrenophora tritici-repentis* no *Ascomycota* nodalījuma. Kviešu lapu dzeltenplankumainība lielākos ražas zudumus izraisa kviešu sējumos, taču sastopama arī uz savvaļas graudzālēm un retos gadījumos arī rudzu (*Secale cereale* L.) sējumos (Singh et al., 2010). Kviešu lapu dzeltenplankumainība izraisa vidēji 5–10% ražas zudumus, bet attīstībai labvēlīgos apstākļos var radīt pat līdz 50% zudumus (Wegulo, Breatnach, Baenziger, 2009), atsevišķos laukos Krievijā, Rostovas apgabalā aprēķināti pat 80–100% ražas zudumi (Kremneva et al., 2021).

Atkarībā no rases (ir atklātas 8 rases) patogēns auga audos izdala trīs veidu toksīnus vai to kombinācijas, kas veicina hlorofila noārdīšanos, kā rezultātā lapas priekšlaicīgi nokalst; 2., 3. un 5. rases izolāti izdala vienu toksīnu, attiecīgi *Ptr ToxA* (izraisa nekrozi), *Ptr ToxB* (izraisa nekrozi) vai *Ptr ToxC* (izraisa nekrozi). Savukārt 2., 6. un 7. rases izolāti izdala divu veidu toksīnus dažādās kombinācijās: *Ptr ToxA* + *Ptr ToxC*, *Ptr ToxB* + *Ptr ToxC* un *Ptr ToxA* + *Ptr ToxB*, bet 8. rases izolāti izdala visu trīs veidu toksīnus. Ceturtās rases izolātiem nav zināms toksīns (Singh et al., 2010). Latvijā šāda veida pētījumi ir nesen uzsākti, bet to ir par maz, lai izvērtētu situāciju kopumā. No 2019. gadā ievāktajiem paraugiem (21 gab.) 44% gadījumos konstatēja *ToxA* gēnu, savukārt *ToxB* un *ToxB* konstatēja tikai vienā paraugā (Kaņeps et al., 2022).

Kviešu lapu dzeltenplankumainība ir policikliska slimība un tās ierosinātājs *P. tritici-repentis* izplatās gan ar dzimumsporām (asku sporām), gan bezdzimumsporām (konīdijām). Galvenais infekcijas avots ir asku sporas, kuras veidojas pseudotēcijās kviešu salmos pēc ražas novākšanas. Latvijā pseudotēciji uz salmiem attīstās aptuveni divus mēnešus pēc ražas novākšanas, taču sporu diferencēšanās sākas tikai pavasarī (marts–aprīlis). Asku sporas parasti nogatavojas maijā (Bankina, Priekule, 2011), taču to nogatavošanās notiek pakāpeniski un to izplatīšanās var notikt visu veģetācijas periodu. Savukārt konīdijas veidojas tikai uz lieliem, jau nekrotiskiem plankumiem visu veģetācijas laiku (De Wolf et al., 1998).

Slimības pirmie simptomi ir mazi, aptuveni 1 mm Ø brūni plankumi ar gaišu vidu. Apkārt plankumam veidojas oreols, kas sākumā iekrāsojas gaiši dzeltenā krāsā, bet, slimībai attīstoties, vēlāk – koši dzeltenā krāsā. Pakāpeniski plankumi kļūst lielāki un izplešas, to vidusdaļa paliek pelēka, bet centrā redzams sīks tumšs plankumiņš. Slimības simptomi var atšķirties atkarībā no šķirnes ieņēmības. Ieņēmīgām šķirnēm veidojas ovāli līdz rombveida plankumi, turpretim daļēji ieņēmīgām un rezistentām šķirnēm plankumi ir reducēti, hloroze un nekroze var pat nebūt (De Wolf et al., 1998).

Pirmie kviešu lapu dzeltenplankumainības simptomi var būt novērojami dažādās kviešu attīstības fāzēs, sākot no cerošanas līdz pat piengatavībai. Pētījumos Lietuvā un Latvijā pirmie vizuāli redzami slimības simptomi konstatēti jau stiebrošanas fāzes sākumā (Ronis, Semaškienė, 2011; Bankina, Jakobija, Bimšteine et al., 2011; Bankina et al., 2018). Tomēr patogēna attīstībai labvēlīgos apstākļos kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe cerošanas beigās – stiebrošanas sākumā var būt ievērojama, it sevišķi atkārtotos kviešu sējumos (Jørgensen, Olsen, 2007). Pētījumi rāda, ka, augiem strauji augot, slimība savā attīstībā netiek tiem līdzī. Fizioloģiski vecākās lapas ir ieņēmīgākas pret inficēšanos (De Wolf et al., 1998; Ronis et al., 2014), tāpēc straujāka slimības attīstība atsākas vārpošanas laikā. Latvijas apstākļos strauja slimības attīstība biežāk novērojama pēc ziedēšanas (Bankina, Priekule, 2011; Bankina et al., 2021).

Inficēšanās notiek plašā temperatūras diapazonā. Pseudotēciju un asku sporu nogatavošanās notiek pie +15...+18 °C (Wright, Sutton, 1990), bet optimālā temperatūra konīdiju dīgšanai ir +20...+28 °C (Hosford, Larez, Hammond, 1987). Konīdiju dīgšana ievērojami samazinās pie +10 °C.

Gan asku sporu, gan konīdiju atbrīvošanos un izlidošanu veicina brīvs ūdens un augsts gaisa mitrums zemenī. Nokrišņiem bagātos veģetācijas periodos var attīstīties vairākas konīdiju paaudzes, kā rezultātā strauji pieaug slimības izplatība un attīstība (De Wolf et al., 1998; Ronis, Semaškienė, 2009; 2011).

### 1.1.2. Kviešu lapu pelēkplankumainība

Slimību ierosina sēne *Zymoseptoria tritici* no *Ascomycota* nodalījuma. Slimības radītie bojājumi uz lapām samazina fotosintēzējošo lapu virsmu un paātrina audu novecošanu (Savary et al., 2017). Fotosintētiskā aktivitāte būtiski samazinās, kad hlorotiskie bojājumi pāriet nekrotiskos (Mihailova et al., 2019).

Kviešu lapu pelēkplankumainība ir policikliska slimība un tās ierosinātājs *Z. tritici* var vairoties gan dzimumceļā, gan bezdzimumceļā, kā rezultātā inficēšanās var notikt gan ar asku sporām, gan konīdijām. Tomēr līdz šim veiktajos pētījumos biežāk uzsvērtā tieši bezdzimumvairošanās nozīme slimības izplatībā, jo ir valstis, tai skaitā arī Latvija, kur asku sporu veidošanās nav pierādīta.

Patogēns saglabājas uz augu atliekām, nodrošinot spēcīgu primāro infekciju sējumos blakus inokulācijas vietai (Suffert, Thompson, 2018). Konīdijas izplatās ar lietu un vēju salīdzinoši nelielā attālumā. Sporu veidošanās notiek dobumos – piknīdās, kas attīstās uz atmirušajiem lapas audiem. Labvēlīgos apstākļos var veidoties pat sešas bezdzimumsporu paaudzes (Fones, Gurr, 2015). Ja novērojama asku sporu veidošanās, tad šo sporu izplatība arī notiek ar vēju un iespējama izplatīšanās lielākos attālumos.

Kviešu lapu pelēkplankumainībai raksturīgie simptomi ir dzeltenīgi neregulāri hlorotiski vai nekrotiski plankumi, kuros novērojamas sīkas, melnas piknīdas (Kema et al., 1996). Pētījumos konstatēts, ka slimības simptomi variē atkarībā no šķirnes ieņēmības. Bulgārijā konstatēts, ka ieņēmīgai šķirnei 'Enola' veidojas plaši saplūstoši nekrotiski plankumi, kuri aizņem līdz pat 90% no lapas virsmas, ar lielu daudzumu piknīdu, mazieņēmīgajai šķirnei 'Arina' – tikai daži smalki pelēkzaļi elipses veida plankumi bez piknīdām. Savukārt vidēji ieņēmīgām šķirnēm nekrotiskie plankumi (līdz 20% no lapas virsmas) veidojas lapu galos un malās, bez piknīdām vai nelielu to daudzumu (Mihailova et al., 2019).

Slimības attīstību būtiski ietekmē meteoroloģiskie apstākļi (Gooding et al., 2000; Wiik, Ewaldz, 2009; Kuzdralski et al., 2015; Bankina et al., 2018). Konīdiju izplatīšanās un dīgšana ir atkarīga no ūdens pieejamības un nokrišņiem (Wiik, Ewaldz, 2009). Minimālā temperatūra patogēna attīstībai ir +8 °C, maksimālās no +15 °C... + 25 °C, relatīvais gaisa mitrums virs 80% un pēc iespējas garāks periods, kurā augiem ir mitras lapas (Gomes et al., 2016). Lauka apstākļos patogēna attīstības latentais periods ilgst apmēram 14 dienas, vēsākā laikā – līdz pat

28 dienām (Fones, Gurr, 2015; Suffert, Thompson, 2018), bet citos literatūras avotos minēts, ka periods var ilgt līdz pat 36 dienām (Steinberg, 2015). Vācijā veiktie pētījumi rāda, ka latentā perioda garumu būtiski ietekmē vidējā gaisa temperatūra inficēšanās laikā, vidējā gaisa temperatūra latentā perioda laikā un nokrišņu daudzums, kā arī ģeogrāfiskā vietas platuma grādi. Vides apstākļos: vidējā gaisa temperatūra +13.6°C, lapu mitrums 92.4% un nokrišņi 0.04 mm, slimības uzliesmojums novērots pēc aptuveni 20 dienām. Vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās par 1 °C inficēšanās laikā samazina latentu periodu gandrīz par vienu dienu, savukārt latentā perioda laikā – to pagarina par 0.2 dienām. Vidējais latentā perioda garums samazinās par 1.7 dienām katram ziemeļu platuma grādam (Henze et al., 2007).

Agrā epidēmija sākas 181–210 dienas pēc sējas, ja vidējā gaisa temperatūra turas nemainīga +13.2 °C. Šajā pašā laikā jau pie +8.7 °C līdz +12.1 °C sākas arī vēlā epidēmija un pieaug apmēram lineāri temperatūras pieaugumam (Beyer et al., 2012). Vidējais latentā perioda garums dīgstu fāzē ir būtiski īsāks nekā pieaugušiem augiem. Patogēna attīstība apstājas, ja temperatūra pazeminās zem +6.6 °C (Henze et al. 2007).

Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi par patogēna bioloģiju un attīstību, bet pētīta slimības attīstība kompleksi kopā ar citām kviešu lapu slimībām.

### 1.1.3. Kviešu plēkšņu plankumainība

Kviešu plēkšņu plankumainību ierosina sēne *Parastagonospora nodorum* no *Ascomycota* nodalījuma. Ražas zudumi kviešu plēkšņu plankumainības attīstībai labvēlīgos apstākļos var sasniegt 65–75% (Jørgensen et al., 2014).

Patogēns izdala nekrotrofiskus toksīnus, kuri nogalina kviešu augsni. Uz šo brīdi identificēti astoņi toksīni, no kuriem plašāk aprakstīti trīs: *Sn ToxA*, *Sn Tox1* un *Sn Tox3* (Liu et al., 2015; Lin et al., 2020).

Slimības simptomi var parādīties uz visām kviešu virszemes daļām visā to augšanas un attīstības laikā, kas izraisa bojāto audu hlorozi vai nekrozi (Abdullah, Gibberd, Hamblin, 2020; Lin et al., 2020). Dīgstu fāzē uz augiem veidojas relatīvi mazi, ovāli, sākotnēji hlorotiski, vēlāk nekrotiski plankumi gaiši brūnā krāsā, uz kuriem var novērot arī piknīdas. Turpmākajās augu attīstības stadijās attīstās ovāli līdz iegareni, sarkanbrūni plankumi, kur sakopotas piknīdas. Slimībai progresējot, plankumi palielinās un var saplūst (Liu et al., 2015; Nedyalkova, Stovanova, Rodeva, 2020; Lin et al., 2020). Vēlākajos augu attīstības etapos (sākot no piengatavības fāzes) slimības simptomi labi saskatāmi uz vārpām. Biežāk vārpu augšējā daļā un malās veidojas brūngani violeti plankumi un piknīdas, savukārt uz akotiem – mazi, brūni plankumi (Nedyalkova, Stovanova, Rodeva, 2020).

Patogēns attīstās plašā temperatūras diapozonā, bet optimālā temperatūra tā attīstībai ir +20... +25 °C ar relatīvo gaisa mitrumu virs 75% un biežiem nokrišņiem (Verreet, Hoffmann, 1990). Pētījumi Polijā parāda, ka slimības izplatību ietekmē nokrišņu daudzums visā ziemas kviešu attīstības laikā. Polijā ziemošanas laikā novērota pozitīva lineāra korelācija starp *P. nodorum* izplatību un dienu skaitu ar nokrišņiem februārī, kā arī ar kopējo nokrišņu daudzumu novembrī. Savukārt veģetācijas laikā slimības attīstību būtiski ietekmēja nokrišņu daudzums maijā un jūnijā (Bartosiak et al., 2021). Arī M. Glazeks ar kolēģiem (Glazek, Krzyzińska, Naczyńska, 2012) konstatējis, ka noteicošais faktors kviešu plēkšņu plankumainības attīstībai ir nokrišņu daudzums jūnijā. Slimības izplatību veicina krasas temperatūras svārstības no sala līdz atkusnim un sniegs (Bartosiak et al., 2021).

Patogēns saglabājas ar micēliju un piknīdām pēcpļaujas atliekās (salmos) un graudos (Krupinsky et al., 2007, Mehra et al., 2015; Shankar et al., 2020).

Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi par patogēna bioloģiju un attīstību, bet pētīta slimības attīstība kompleksi kopā ar citām kviešu lapu slimībām.

#### 1.1.4. Graudzāļu miltrasa

Graudzāļu miltrasu ierosina sēne *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*, no *Ascomycota* nodalījuma. *B. graminis* ir obligātais parazīts ar šauru specializāciju.

Spēcīgas infekcijas gadījumā lapām var veidoties hloroze un tās nokalst (Pietrusiņska, Tratwal, 2020).

Patogēns attīstās uz dzīvjiem auga audiem, šūnās iekļūst tikai haustorijas. Inficēšanās var notikt gan ar asku sporām, gan konīdijām rudenī vai pavasarī. Patogēns pārziemo micēlija veidā dzīvos augos vai augļķermeņu – hasmotēciju veidā. Pavasarī veidojas konīdijnesēji ar konīdijām (Gao, Nui, Li, 2018).

Slimības pirmās pazīmes ir balta, tīmekļveida apsarme, kas sastāv no micēlija, konīdiju nesējiem un konīdijām. Sākumā slimības pazīmes redzamas uz apakšējām lapām, bet labvēlīgos apstākļos inficējas arī stiebrs, augšējās lapas un vārvas. Slimības sākumā apsarme veido atsevišķus, nelielus plankumus, bet pakāpeniski saplūst un pārklāj visu lapas plātņi un stiebru. Sākumā apsarme ir balta, bet vēlāk tā paliek tumšāka, un tajā redzami hasmotēciji (Pietrusiņska, Tratwal, 2020).

Uz labību lapām, īpaši bieži uz miežu lapām, var novērot rezistences reakciju uz patogēna mēģinājumu inficēt audus – tumšus, izplūdušus plankumus, vēlāk tos pārsedz micēlijs. Optimālā temperatūra konīdiju dīgšanai ir +10...+20 °C, taču tās dīgst daudz plašākā temperatūras amplitūdā – no +5...+30 °C. Konīdiju dīgšanas ilgums atkarīgs no apkārtējās vides apstākļiem un var ilgt līdz septiņām dienām. Patogēna attīstībai svarīgs ir gaisa mitrums, jo konīdijas dīgst bez brīva ūdens – optimālais gaisa relatīvais mitrums ir 95% (Savary et al., 2017; Gao, Niu, Li, 2018). Attīstībai optimālos apstākļos konīdijas veidojas ik 7–10 dienām (Draz et al., 2019). Savukārt brīvais ūdens (bieži nokrišņi un liels nokrišņu daudzums) var kavēt konīdiju dīgšanu un izplatību. Konīdiju izplatīšanos veicina vējš un tās var pārvietoties lielos attālumos (Savary et al., 2017; Gao, Niu, Li, 2018).

Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi par patogēna bioloģiju un attīstību, bet pētīta slimības attīstība kompleksi kopā ar citām kviešu lapu slimībām.

#### 1.1.5. Dzeltenā un brūnā rūsa

Latvijā izplatītākās rūsas ir dzeltenā rūsa un brūnā rūsa. Slimības ietekmē samazinās fotosintizējošā virsma, līdz ar to samazinās auga garums un graudu raža (Chen et al., 2014).

**Dzelteno rūsu** ierosina sēne *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* no *Bazidiomycota* nodalījuma. *P. striiformis* ir obligātais parazīts.

Dzeltenās rūsai raksturīgs sarežģīts attīstības cikls. Ilgus gadus uzskatīja, ka dzeltenā rūsa attīstās ar nepilnu attīstības ciklu, līdz atklāja, ka bārbele (*Berberis* spp.) ir starpsaimnieks. Arī Latvijā uzsākti pētījumi, lai identificētu pie mums sastopamās *P. striiformis* rases, pētītu bārbeļu kā starpsaimnieku lomu, kā arī noteiktu kviešu šķirņu reakciju uz agresīvajām rasēm. Latvijā 2020. gadā veiktajos pētījumos dzeltenās rūsas ierosinātājs uz bārbeles lapām netika atrasts, bet uz viena auga konstatēja radniecīgu sugu (Feodorova-Fedotova, Jakobija, Moročko-Bičevska, 2021).

Ziemas kviešiem inficējas visas auga virszemes daļas: lapas, stieбри un vārvas. Inficēšanās var notikt visu auga attīstības laiku, sākot no vienas lapas fāzes līdz pat nogatavošanās brīdim, ja vēl palikusi zaļa virsma (Gomes et al., 2016).

Simptomi parādās apmēram vienu nedēļu pēc inficēšanās (Khanfri, Boulif, Lahlali, 2018). Sākotnējie simptomi uz kviešiem ir sīkas (0.4–0.7 mm garas un 0.1 mm platas), dzeltenas līdz oranžas krāsas pustulas, kuras izvietotas rindā paralēli lapas asij, parasti starp dzīslām. Pustulās veidojas tūkstošiem uredo sporu. Uredo sporas ir elipses veida, to izmērs ir 24.5 × 21.6 μm (Chen et al., 2014). Sporu izlidošana sākas apmēram divas nedēļas vēlāk (Khanfri, Boulif, Lahlali, 2018). Slimības simptomi ir atkarīgi no šķirnes ieņēmības. Mazieņēmīgām šķirnēm

veidojas mazi plankumi ar nekrozi un hlorozi vai arī simptomu vispār nav, sporu veidošanās praktiski nenotiek. Dīgstu stadijā pustulas neveidojas rindās paralēli lapas asij, bet gan pārklāj visu lapas virsmu (Chen et al., 2014).

Uredo sporu dīgšana, inficēšanās un izplatība ir tieši saistīta ar mitrumu. Patogēns attīstās, ja kviešu lapu virsma vismaz trīs stundas ir mitra (de Vallavieille-Pope et al., 1995). Labvēlīgi apstākļi uredo sporu dīgšanai ir arī neliels lietuss, bet pārāk stipri nokrišņi var negatīvi ietekmēt to dzīvotspēju (Chen, 2005; Khanfri, Boulif, Lahlali, 2018).

*P. striiformis* attīstībai labvēlīga ir vidēji silta gaisa temperatūra. Minimālā gaisa temperatūra patogēna attīstībai ir + 7 °C...+ 10 °C, taču Portugālē konstatēts, ka *P. striiformis* var dīgt pat pie 0 °C (Gomes et al., 2016). Līdz pagājušā gadsimta beigām pētījumos konstatēja, ka patogēns attīstās līdz +14 °C... +16 °C. Taču, sākot ar 2000. gadu, pasaulē izplatās agresīvākas rases, kuras ir tolerantas pret augstām temperatūrām, tām ir īsāks latentais periods un tās veido lielāku daudzumu sporu (Milus, Kristensen, Hovmøller, 2016). Šāda rase atklāta Ziemeļāfrikā un Francijas dienvidos 2004. gadā. Ziemeļeiropā kopš 2011. gada izplatās multivirulentas rases – *PstS7* (*Warrior*-), *PstS10* (*Warrior*), *Kranich* u.c. (Hovmøller, Yahyaoui, Milus, 2008, Hovmøller et al., 2016). Vērtējot astoņu Latvijā plašāk audzēto ziemas kviešu šķirņu izturību pret dzelteno rūsū, konstatēts, ka rases *Warrior* un *Warrior*- juvenilā etapā ir virulentas šķirnēm ‘Brencis’, ‘Ceylon’, ‘Fredis’, ‘Edvins’, ‘Magnific’, ‘Olivin’, ‘Reinis’, ‘Skagen’, ‘Talsis’, ‘Zeppelin’. Savukārt rase *Triticale 2015* ir avirulenta (Feodorova-Fetodova, Jakobija, Moročko-Bičevska, 2021). Līdzīgā pētījumā ar šķirnēm ‘Ambition’, ‘Mariboss’, ‘Moro’, ‘Compair’, ‘Rendezvous’, ‘Spalding Prolific’ un ‘Fredis’ konstatētas piecas rases: *PstS4*, *PstS7* (*Warrior*-), *PstS10* (*Warrior*), *PstS13* un *PstS14* (Feodorova-Fetodova, Bankina, 2020).

Patogēna attīstībai optimālos apstākļos (gaisa temperatūra + 12...+19 °C) latentais periods ilgst 10–15 dienas (He et al., 2019). Ja gaisa temperatūra pazeminās, tad latentais periods var ilgt pat līdz 180 dienām (Sørensen, 2012). Dzeltenās rūsas attīstību veicina vēss pavasaris (Chen et al., 2014) ar palielinātu nokrišņu daudzumu, garāku mitro lapu periodu un vidēji siltu temperatūru (Bhatta et al., 2018). Siltās ziemas var veicināt agrāku rūsas infekciju un izplatību (Hovmøller, Yahyaoui, Milus, 2008).

Slimības straujo izplatību veģetācijas periodā nosaka tas, ka uredo sporas veidojas lielos daudzumos un spēj pārvietoties ar vēju lielos attālumos (Singh, Huerta-Espino, William, 2004). Tās var pārnest arī ar transportu un tūristi, jo pēdējā laikā slimība parādījusies arī reģionos, kur iepriekš netika konstatēta (Gomes et al., 2016).

**Brūno rūsū** ierosina sēne *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* no *Bazidiomycota* nodalījuma. Patogēns inficē lapas un, stipras infekcijas gadījumā, arī graudu plēksnes (Rodríguez-Moreno et al., 2020). Brūnā rūsā samazina kviešu lapu fotosintētisko virsmu (Carretero, Bancal, Miralles, 2011).

*P. recondita* ir obligātais parazīts, tas var attīstīties gan ar pilnu, gan nepilnu attīstības ciklu. Ja slimība attīstās ar pilnu attīstības ciklu, tads starpsaimnieki var būt no saulkrēsliņu (*Thalictrum*), mežvīteņu (*Clematis*) vai gundegu (*Isopyrom*) ģintīm. Tipiska brūnās rūsas pazīme ir oranžas, līdz brūnas uredo pustulas, kuras izvietotas pa visu lapas plātņi. Stipras infekcijas gadījumā pustulas var būt arī uz vārpām. Vēlāk uz lapām veidojas melnas teleito pustulas. Patogēns ziemo micēlija veidā inficētos ziemājos, pabiru asnos, augu atliekās un starpsaimniekos (Boltonn, Kolmer, Garvin, 2008).

Slimības intensitāte variē galvenokārt atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Tās attīstību ietekmē gaisa relatīvais mitrums, gaisa temperatūra un nokrišņi (Rodríguez-Moreno et al., 2020). Rūnā rūsā attīstās no +10... +30 °C (Wagar et al., 2018), bet optimālā temperatūra +20... +25 °C ar nakts temperatūru no +15... +20 °C (Rodríguez-Moreno et al., 2020).

Pētījumi Serbijā rāda, ka obligāto parazītu, kāds ir arī *P. recondita*, attīstību būtiski ietekmē straujas temperatūras svārstības ziemošanas periodā un brūnā rūsā var dominēt pār dzelteno rūsū (Jevtić et al., 2020). Arī pētījumi Vācijā norāda, ka abas rūsas savā starpā var spēcīgi konkurēt (Zetzsche, Friedt, Ordon, 2020).



Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi par brūnās rūsas ierosinātāja bioloģiju un attīstību, bet pētīta slimības attīstība kompleksi kopā ar citām kviešu lapu slimībām.

## 1.2. Agrotehnisko pasākumu ietekme uz lapu slimību attīstību

Lapu slimību izplatību ietekmē agrotehniski pasākumi: augu maiņa, augsnes apstrādes sistēma, šķirne, mēslojums u.c. Atsevišķi zinātnieki uzskata, ka izvēlētā agrotehnika (augšnes apstrādes sistēma, vasaras kviešu nomaiņa pret ziemas kviešiem, šķirnes spēja adaptēties augšanai konkrētajā vietā) nosaka, kura no slimībām dominēs kompleksas inficēšanās gadījumā (Duba, Goriewa–Duva, Washowska, 2018). Tomēr citos pētījumos konstatēts, ka vides apstākļiem ir daudz būtiskāka ietekme uz lapu slimību attīstību nekā augsnes apstrādes tehnoloģijai, vai augu maiņai (Bailey et al., 2000; Wyzcling, Lenc, Sadowski, 2010).

**Augu maiņa.** Kvieši (ziemas kvieši) ir visplašāk audzētais graudaugs Latvijā. Ziemas un vasaras kvieši 2020. gadā aizņēma 66% no kopējās graudaugu sējumu platības<sup>4</sup>, kas parāda, ka kviešus bieži sēj atkārtotos sējumos vai labākajā gadījumā, pēc eļļas rapša (*Brassica napus* L.).

Kviešus audzējot atkārtoti, tie vairāk inficējas ar sēņu izraisītām slimībām, palielinās nezāļu daudzums, kā arī pasliktinās augsnes struktūra, kas ietekmē ūdens un gaisa režīmu (Babulicová, 2014). Atkārtotos kviešu sējumos kviešu lapu dzeltenplankumainība sākas agrāk (Bankina et al., 2018) un sasniedz augstāku attīstības pakāpi (Kuzdralinski et al., 2015; Fernandez et al., 2016; Bankina et al., 2018).

Augu maiņa būtiski ierobežo kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību (Jørgensen, Olsen, 2007; Wyzcling, Lenc, Sadowski, 2010; Cotuna et al., 2015, Bankina et al., 2018). L.J. Duczek ar kolēģiem (Duczek et al., 1999) konstatējis, ka kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība ievērojami samazinās jau pēc viena gada starplaika starp kviešiem. Polijā konstatēts, ka, audzējot ziemas kviešus pēc eļļas rapša, kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe bija būtiski zemāka visās lapu slimību uzskaites reizēs (55. AE, 75. AE un 85. AE) (Wyzcling, Lenc, Sadowski, 2010). B. Bankina un kolēģi (Bankina et al., 2021) konstatējuši, ka priekšaugi: rapsis un lopbarības pupas būtiski samazina kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību neatkarīgi no priekš-priekšauga.

Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība ievērojami samazinās pēc divu gadu starplaika starp kviešiem (Duczek et al., 1999).

Pēc rapša audzētajos kviešos konstatēja augstāku attīstības pakāpi graudzāļu miltrasai nekā audzējot tos atkārtotos sējumos. Pētnieki to skaidro ar to, ka augsne pēc rapša varētu būt bagātāka ar slāpekli. Rapsim augstas ražas ieguvei nepieciešamas lielākas slāpekļa normas, kuras bieži vien nav pilnībā izmantotas. Savukārt eļļas rapsis kā priekšaug, brūnās rūsas attīstību neietekmēja, tomēr novēroja šķirnes ietekmi (Wyzcling, Lenc, Sadowski, 2010).

**Augsnes apstrādes sistēma.** Augšnes apstrādes mērķis ir nodrošināt labvēlīgus apstākļus kultūraugu dīgšanai un turpmākajai augšanai un attīstībai, radot augsnē optimālu barības vielu un gaisa-ūdens režīmu.

Augu atliekas ir galvenais pārziemošanas un sākotnējās infekcijas avots kviešu lapu dzeltenplankumainībai (De Wolf et al., 1998; Bankina, Priekule, 2011; Ronis, Semaškiene, 2009, 2011; Cotuna et al., 2015), kviešu lapu pelēkplankumainībai (Suffert, Thompson, 2018) un kviešu plēkšņu plankumainībai, it īpaši, ja augu atliekas atrodas augsnes virspusē (Mehra et al., 2015). Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība ir augstāka laukos ar minimālo augsnes apstrādi nekā ar tradicionālo (Jørgensen, Olsen, 2007; Cotuna et al., 2015; Fernandez et al., 2016, Bankina et al., 2014, 2018, 2021). Dānijā laukos, kur pāriet no tradicionālas augsnes

<sup>4</sup> Lauksaimniecības attīstības prognozēšana un politikas scenāriju izstrāde līdz 2050. gadam (2021). Atskaite par zinātnisko pētījumu Nr. 21-00-SOINVO5-000007. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Projekta vad. I. Pilvere. [Tiešaiste] [skatīts 2023. g. 20. apr.]. Pieejams file:///C:/Users/Lietotajs/Downloads/lit/Lauksaimniecības\_attistības\_prognozesana\_un\_politikas\_scenariju\_izstrade\_lidz\_2050\_gadam\_PETIJUMS\_0.pdf

apstrādes sistēmas ar aršanu uz minimālo augsnes apstrādi, jau nākamajā gadā kviešu lapu dzeltenplankumainība izkonkurēja kviešu lapu pelēkplankumainību un kļuva par dominējošo slimību. Jau stiebrošanas sākumā (31. AE) veiktajās slimību uzskaitēs (maiņa sākums) novērota būtiska atšķirība slimību attīstībā abās augsnes apstrādes sistēmās. Laukos ar minimālo augsnes apstrādi kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe bija 4–10 reizes augstāka nekā laukos, kur augsni uzara (Jørgensen, Olsen, 2007). Arī pētījumi ilggadīgā stacionārā (2012.–2017.) Latvijā rāda, ka augsnes aršana mazina priekšauga nozīmi pat atkārtotos kviešu sējumos. Savukārt laukos ar minimālo augsnes apstrādi, augu maiņa ir ļoti svarīga (Bankina et al., 2021). Gados ar mazu nokrišņu daudzumu, augsnes apstrādes sistēmai uz lapu slimību attīstības pakāpi bija minimāla ietekme (Krupinsky et al., 2007; Kutcher et al., 2011).

Kviešu plēkšņu plankumainības attīstību būtiski ietekmē pēcpļaujas atlieku daudzums uz augsnes. Modelētā lauka izmēģinājumā strauja kviešu plēkšņu plankumainības attīstība sākās jau pie 10% augsnes pārklājuma ar pēcpļaujas atliekām (atbilst tradicionālajai augsnes apstrādei, izmantojot aršanu), turklāt slimības attīstības pakāpe būtiski neatšķīrās no 30% augsnes pārklājuma (minimālā augsnes apstrāde). Palielinot pēcpļaujas atlieku pārklājumu līdz 60 un 90% no lauka virsmas (atbilst bezapvēršanas tehnoloģijai), slimības attīstības temps bija lēnāks. Pētnieki uzskata, ka viens no iemesliem lēnajai slimības attīstībai liela pēcpļaujas atlieku daudzuma apstākļos ir tas, ka daļa slimību ierosinātāju atrodas pēcpļaujas atlieku apakšējā slānī un nevar izplatīties (Mehra et al., 2015).

Graudzāļu miltrasas un dzeltenās rūsas attīstību ietekmē citi faktori, nevis augsnes apstrāde, jo minēto slimību ierosinātāji pieder obligātajiem parazītiem.

**Šķirne.** Viens no pasākumiem lapu slimību ierobežošanai ir mazieņēmīgāku šķirņu audzēšana (Singh, Singh, Rutkoski, 2016; Gao, Niu, Li, 2018). Tomēr daudzos gadījumos šķirne ir izturīga pret vienu lapu slimību, bet ieņēmīgāka pret citu. Lielāki ražas zudumi (līdz pat 54%) konstatēti tām šķirnēm, kuras ieņēmīgas pret vairākām slimībām, piemēram, graudzāļu miltrasu un brūno rūsu (Green et al., 2014).

Izmēģinājumos iegūtās kviešu ražas atšķirības nesmidzinātajos variantos starp lapu plankumainību (kviešu lapu dzeltenplankumainība un pelēkplankumainība) ieņēmīgām un mazieņēmīgām šķirnēm variē 0.5–1.0 t ha<sup>-1</sup> (Jørgensen, Olsen, 2007, Mazzili et al., 2016, Jevtić et al., 2017), atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem audzēšanas gadā. Lielākās atšķirības slimības attīstībā novērotas kviešu karoglapas attīstības fāzē. Šajā laikā ieņēmīgajai šķirnei ‘Ritmo’ slimības attīstības pakāpe bija 4.3 reizes augstāka nekā mazieņēmīgai šķirnei ‘Stakado’. Kviešiem nogatavojoties, ieņēmīgajai šķirnei lapas atmira 10–12 dienas ātrāk nekā neieņēmīgajai šķirnei (Jørgensen, Olsen, 2007). Savukārt pret kviešu plēkšņu plankumainību ieņēmīgākām šķirnēm ražas zudumi sasniedz pat 40–60% salīdzinot ar mazieņēmīgām šķirnēm, kā arī konstatēta 1000 graudu masas samazināšanās (Shankar et al., 2020).

Šķirnes ieņēmībai pret lapu plankumainībām ir būtiska nozīme, taču slimības attīstība šķirnēm dažādos vides apstākļos var atšķirties (Willyeard et al., 2015). Slimības attīstība ir atkarīga no vides apstākļiem konkrētā laukā. Piemēram, kultūraugu šķirņu saimniecisko īpašību novērtēšanas izmēģinājumā 2018./2019. gada veģetācijas periodā desmit ziemas kviešu šķirņu salīdzinājumā (‘Skagen’, ‘SW Magnific’, ‘Fredis’, ‘Edvins’, ‘94 –5–N’, ‘12–27’, ‘12–292’, ‘Malunas’, ‘Rotax’ un ‘Julius’) novēroja, ka lapu slimību izplatība un attīstības pakāpe pētījumu vietās atšķīrās. Skrīveros dominējošā slimība bija kviešu lapu pelēkplankumainība (attīstības pakāpe piengatavības fāzē atkarībā no šķirnes sasniedza 6.7% šķirnei ‘Rotax’ un 39.0% šķirnei ‘Fredis’), turpretim otrā pētījumu vietā Pēterlaukos – ievērojami zemāka (0–3.3%) (Bimšteine, Smirnovs, Rūtenberga-Āva, 2020). Krievijā veiktajā pētījumā (salīdzinot 34 ziemas kviešu šķirnes), konstatēts, ka kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe mainījās atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem. 2019. gadā, kad maijā un jūnijā nokrišņu daudzums bija 2.5 reizes lielāks, un vidējā gaisa temperatūra par +2...+3 °C augstāka salīdzinot ar pārējiem diviem izmēģinājuma gadiem, novēroja, ka slimības attīstības pakāpe būtiski pieauga arī mazieņēmīgām šķirnēm (Kremneva et al., 2021).

Obligāto parazītu izraisīto lapu slimību ražas zudumi var būt ievērojami lielāki, piemēram, Serbijā desmit gadu laikā pret graudzāļu miltrasu, dzelteno un brūno rūsu ieņēmīgajai šķirnei 'Barbee' vidējais ražas zudums bija 30% (līdz pat 45% atsevišķos gados) nesmidzinātajā variantā (Jevtić et al., 2017). Dzeltenās rūsas radītie zaudējumi variē no 10–70% (Chen, 2005). Pētījumi Dānijā parāda, ka dzeltenās rūsas attīstību būtiski ietekmē temperatūra, auga attīstības etaps un patogēna rase, un šo faktoru mijiedarbība bieži vien nav prognozējama (Rodrigues-Algaba et al., 2020). Brūnās rūsas ietekmē ražas zudumi ieņēmīgām šķirnēm var sasniegt 14–29% (samazinās 1000 graudu masa) (Huerta-Espino et al., 2011), atsevišķos pētījumos – līdz 33% (Green et al., 2014).

Pētījumos novērots, ka graudzāļu miltrasas izplatība pieaug īsstiebraino šķirņu sējumos, jo palielinās augu biezība, pieaug mitruma daudzums un veidojas siltumnīcas efekts. Tomēr *B. graminis* ir plastisks patogēns, un šķirnes var zaudēt rezistenci 5–6 gadu laikā (Gao, Niu, Li, 2018). Garstiebrainas un veldres neizturīgas šķirnes vairāk inficējas ar graudzāļu miltrasu, kviešu lapu pelēkplankumainību un rūsām (Bunta et al., 2016).

**Slāpekļa mēslojums.** Slāpekļa mēslojumam ir būtiska loma augu vielmaiņas un bioloģisko procesu regulēšanai, kas nodrošina augu augšanu un attīstību.

Augstas slāpekļa normas palielina auga garumu un veido biezāku zelmeni (Olesen et al., 2003; Devadas et al., 2014; Jensen, Jørgensen, 2016), kā arī aizkavē lapu novecošanos (Simón et al., 2011; Mazzili et al., 2016). Nekrotrofisko patogēnu izraisīto lapu slimību (kviešu lapu dzeltenplankumainība un kviešu lapu pelēkplankumainība) izplatība un attīstība pieaug pie zemām slāpekļa normām, jo augi ir vājāki, mazāk aplapoti un lapas ātrāk noveco. Slāpekļa normas palielināšana aizkavē kviešu lapu pelēkplankumainības (Carretero, Bancal, Miralles, 2010) un dzeltenplankumainības attīstību (Krupinsky et al., 2007; Simón et al., 2011). Piemēram, pētījumā Argentīnā konstatēts, ka, pieaugot slāpekļa papildmēslojuma normai, kviešu lapu pelēkplankumainības (bez slāpekļa mēslojuma – 2758 AUDPC vienības (kopējā slimības attīstība)), N mēslojuma norma 70 kg ha<sup>-1</sup> – 2474, N mēslojuma norma 140 kg ha<sup>-1</sup> – 2164 AUDPC vienības) un dzeltenplankumainības attīstība (bez slāpekļa mēslojuma – 498 AUDPC vienības, N mēslojuma norma 70 kg ha<sup>-1</sup> – 461, N mēslojuma norma 140 kg ha<sup>-1</sup> – 401 AUDPC vienības) būtiski samazinājās (Castro et al., 2018). Meteoroloģiskie apstākļi ietekmē slāpekļa papildmēslojuma ietekmi uz kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vērtībām. Nokrišņiem bagātos gados ar augstāku slimību attīstības pakāpi, slāpekļa papildmēslojums būtiski samazināja slimības attīstību. Pretēji, gadā ar izteiktu mitruma trūkumu, netika novērotas slimību attīstības atšķirības dažādos slāpekļa fonos (Fleitas et al., 2018).

Tomēr ir pētījumi, kuros iegūti pretēji rezultāti. Dānijā veiktajā pētījumā zelmeņos ar atšķirīgu biomasas daudzumu (zems, vidējs vai augsts), kuri iegūti kombinējot N mēslojuma un kviešu izsējas normas, secināts, ka, palielinoties augu biomasai, nesmidzinātajos variantos būtiski pieaug kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe. Veicot slimību uzskaiti 42 dienas pēc fungicīdu lietošanas, kontroles variantā pie zema biomasas daudzuma kviešu lapu plankumainības attīstības pakāpe uz karoglapas bija 57.5%, bet pie augsta biomasas daudzuma – karoglapa bija atmirusi (Jensen, Jørgensen, 2016). Citā Dānijā veiktā pētījumā konstatēts, ka kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība straujāk pieauga variantos, kur N mēslojumu izklīdēja pēc veģetācijas atjaunošanās nekā vēlākajos attīstības etapos (karoglapas plaukšanas laikā) (Olesen et al., 2003).

Slāpekļa mēslojums veicina obligāto patogēnu izraisīto lapu slimību: graudzāļu miltrasas, brūnās un dzeltenās rūsas attīstību (Olesen et al., 2003; Carretero, Bancal, Miralles, 2011; Jensen, Jørgensen, 2016; Savary et al., 2017; Gao, Niu, Li, 2018; Koua et al., 2021). Apjomīgā pētījumā Vācijā (pētītas 178 šķirnes) konstatēts, ka N mēslojuma normas palielināšana no 110 uz 220 kg ha<sup>-1</sup> būtiski palielināja kviešu ieņēmību pret dzelteno rūsu par 7.7%, brūno rūsu 23.6% un graudzāļu miltrasu 23.3% (Zetzsche, Friedt, Ordon, 2020).

Graudzāļu miltrasas attīstība pieaug sabiezinātos sējumos, kur ir vāja gaisa cirkulācija (Gao, Niu, Li, 2018), turklāt graudzāļu miltrasas attīstību ietekmē N mēslojuma lietošanas laiks.

Slimības attīstība pieaug sējumos, kur N mēslojumu izklīdē agri, pēc veģetācijas atjaunošanās (Olesen et al., 2003). Vācijā konstatēts, ka pie N mēslojuma normas  $110 \text{ kg ha}^{-1}$ , graudzāļu miltrasa samazināja 1000 graudu masu, bet pie slāpekļa normas  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  šis rādītājs netika ietekmēts (Zetzsche, Friedt, Ordon, 2020). Graudzāļu miltrasas attīstību veicina veldre (Rempelos et al., 2020).

Austrālijā konstatēts, ka vidēji ieņēmīgām šķirnēm piengatavības vidū, pieaugot slāpekļa normai (N no  $0\text{--}300 \text{ kg ha}^{-1}$ ), pieauga arī dzeltenās rūsas izplatība. Tomēr statistiski būtisks graudu ražas (par 10%) samazinājums konstatēts tikai vienā izmēģinājumu gadā. Zinātnieki skaidro, ka dzeltenās rūsas radītie audu bojājumi veicināja slāpekļa uzņemšanas palēnināšanos (Devadas et al., 2014). Pretēji rezultāti iegūti Ungārijā. Slāpekļa mēslojuma normas palielināšana līdz  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  neietekmēja dzeltenās rūsas attīstības pakāpi, bet tā bija atkarīga no genotipa (Kiss, Veres, 2017).

### 1.3. Ziemas kviešu raža un ražas struktūrelementi

Galvenie ziemas kviešu ražas struktūrelementi ir produktīvo stiebru skaits, graudu skaits vārpā un 1000 graudu masa. Tie veidojas secīgi visā auga attīstības laikā. Ražas struktūrelementi ietekmē ražu, savstarpēji mijiedarbojoties (Gaile et al., 2017; Protić et al., 2019; Willocquet et al., 2021). Ražas struktūrelementu vērtības būtiski ietekmē genotips, augšanas vieta un gada klimatiskie apstākļi (Smutná, Elzner, Středa, 2018).

Augstu ražu iegūšanai jānodrošina optimāls augu skaits platības vienībā. Produktīvo stiebru skaitam  $1 \text{ m}^2$  ir lielāka ietekme uz ražu nekā graudu skaitam vārpā (Lynch et al., 2017). Augu skaitu pieskaņo konkrētajiem agroekoloģiskajiem apstākļiem un izvēlētajai šķirnei, lai iegūtu optimālo vārpu skaitu platības vienībā un maksimālo ražu (Ahmad et al., 2010; Racz et al., 2015; Protić et al., 2019).

**Produktīvo stiebru skaits** ir atkarīgs no cerošanas mezgla attīstības. Jo spēcīgāks cerošanas mezgls, jo veidojas lielāka īsto sakņu masa un ir vairāk sānzdzinumu. Kviešu cerošanas spēja ir augsta, tomēr pārmērīgi liela cerošana nenodrošina lielu produktīvo stiebru skaitu, jo sākas konkurence pēc gaismas. Pārāk liela sējumu biežība var negatīvi ietekmēt graudu skaitu vārpā, jo palēninās vārpas attīstību. Produktīvo stiebru skaits ražas novākšanas laikā atkarīgs no daudziem faktoriem, ieskaitot auga attīstību, cerošanas dinamiku un dzinumu attīstību līdz ziedēšanai. Produktīvo stiebru skaits atkarīgs arī no genotipa. Piemēram, pie izsējas normas 450 dīgstošas sēklas  $1 \text{ m}^2$ , produktīvo stiebru skaits ziemas kviešu šķirnei 'Edvins' bija 522, 'Skagen' – 554, 'Talsis' – 556 un 'Brencis' – 684 gab. uz  $\text{m}^2$  (Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020).

Cerošanas koeficients ir rādītājs, kas var būtiski ietekmēt ražas kompensācijas mehānisma izpausmi (Gaile et al., 2017; Protić et al., 2019). Pētījumā Pēterlaukos ziemas kviešu šķirnēm 'Cubus', 'Tarso' un 'Zentos' ar trīs izsējas normām (300, 400 un 500 dīgstošas sēklas uz  $\text{m}^2$ ) četros dažādos sējas termiņos, konstatēts, ka graudu ražu būtiski ietekmēja šķirne un sējas laiks, bet ne izsējas norma. Izmēģinājumā cerošanas koeficients bija no 1–6. Tik augstu cerošanas koeficientu ieguva ar salīdzinoši zemu augu biežību (laukdīdzība un augu izkrišana ziemošanas periodā), labvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem rudenī (it īpaši agri sētajiem kviešiem (30. augusts  $\pm 2$  d. vai 10. septembris  $\pm 2$  d.)), kā arī cerošanai labvēlīgiem apstākļiem pavasarī vēlāk sētajiem kviešiem (19. septembris  $\pm 2$  d. vai 29. septembris  $\pm 2$  d.). Lielākā daļa augu sējumā bija ar cerošanas koeficientu 3 ( $\sim 20\%$ ), taču bija augi, kuri nebija cerojuši (vidēji 13%). Ražīgākie bija augi ar cerošanas koeficientu 4 un 5 (Gaile et al., 2017). Savukārt D. Kondičs ar kolēģiem (Kondić et al., 2017) konstatēja, ka produktīvo stiebru skaits un raža pieauga, palielinot izsējas normu. Pie izsējas normas 384 dīgstošas sēklas uz  $\text{m}^2$  ieguva zemāko ražu  $7.38 \text{ t ha}^{-1}$ , savukārt lielāko – pie izsējas normas 588 dīgstošas sēklas uz  $\text{m}^2$  ( $8.83 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Meteoroloģisko apstākļu ietekmi labi parāda 2018./2019. gada izmēģinājuma rezultāti Pēterlaukos, kad vidējā laukdīdžība bija tikai 64%. Dīgšanas laikā trūka nokrišņu un pēc lietus bija izveidojusies augsnes garoza. Arī cerošanas laikā trūka mitruma, kā rezultātā vidējais produktīvo stiebru skaits bija tikai 402 gab. m<sup>-2</sup>. Šajos meteoroloģiskajos apstākļos produktīvo stiebru skaits būtiski pieauga, audzējot kviešus pēc lopbarības pupām salīdzinājumā ar atkārtotu kviešu sējumu. Taču, vērtējot trīs gadu vidējos rādītājus, augu sekas un augsnes apstrādes sistēmas ietekme neparādījās (Darguža, Gaile, 2020).

Arī citos pētījumos eļļas rapsis kā priekšaugi būtiski palielināja ziemas kviešu produktīvo stiebru skaitu (Jankowski, Budzyński, Dubis, 2015; Litke, Gaile, Ruža, 2019b). Produktīvo stiebru skaitu būtiski ietekmēja arī graudaugu proporcija augu maiņā. Augu maiņā ar 80% graudaugu, audzējot kviešus pēc zirņiem, izveidojās būtiski mazāks (573 gab. m<sup>-2</sup>) produktīvo stiebru skaits, salīdzinot ar augu maiņu ar 40% graudaugu (606 gab. m<sup>-2</sup>) un 60% graudaugu (627 gab. m<sup>-2</sup>) īpatsvaru (Babulicová, 2014).

Produktīvo stiebru skaitu ietekmē slāpekļa mēslojuma norma (skat. 1.3.2. nodaļu).

**Graudu skaits vārpā** sāk veidoties jau kviešu cerošanas fāzes beigās un intensīvi – stiebrošanas sākumā. Jaunās vārvas iespējamais vārpiņu un ziedu skaits izveidojas līdz divu mezglu etapam. Turpmākajā veģetācijas periodā vārpiņu daudzums un ziedu skaits tajās vairs nepalielinās. Vārpošana un ziedēšana ir kritiskie periodi, jo graudu skaitu vārpā noteiks ziedu skaits, to apaugļošanās, kā arī aizmetņu saglabāšanās (Lynch et al., 2017). Graudu skaits vārpā lielā mērā nosaka vārvas produktivitāti. Graudu skaits vārpā uz dažādiem stiebriem atšķiras. Vārpās, kuras atrodas uz galvenā stiebra un sānstiebriem, kas attīstījušies agrāk, ir lielāks graudu skaits, vairāk auglīgu ziedu, mazāk sterilu ziedu un lielāka graudu raža. Galvenajam stiebram ir lielāka fotosintētiskā kapacitāte, vairāk priekšrocību graudu briešanas laikā, tas lēnāk noveco, tam ir augstāka bioloģiskā raža (Xu et al., 2015). Pieaugot graudu skaitam no platības vienības, proporcionāli pieaug graudu skaits uz sekundārajiem dzinumiem un palielinās konkurence pēc barības vielām. Līdz ar to veidojas negatīva korelācija starp graudu skaitu no platības vienības un grauda lielumu (Lynch et al., 2017).

Graudu skaits vārpā atkarīgs no genotipa (Gaile et al., 2017; Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020). To pierāda pētījums, kurš veikts mācību pētījumu saimniecībā „Pēterlauki”. Graudu skaits vārpā dažādu šķirņu augiem ar vienādu cerošanas koeficientu būtiski atšķīrās. No pārbaudītajām trīs ziemas kviešu šķirnēm ‘Cubus’, ‘Tarso’ un ‘Zentos’, šķirnei ‘Tarso’ bija lielākais graudu skaits vārpā (36.2 graudi vārpā pie cerošanas koeficienta 1; līdz 38.4 graudiem vārpā pie cerošanas koeficienta 5). Arī minimālais un maksimālais graudu skaits vārpā šķirnēm pie vienāda cerošanas koeficienta būtiski atšķīrās. Vienīgi šķirnei ‘Tarso’ konstatēja graudu skaita vārpā pieaugumu, palielinoties cerošanas koeficientam (Gaile et al., 2017). Izmēģinājumā Viļānos graudu skaits vārpā variēja no 32–44 graudiem. Mazāk graudu vārpā bija šķirnei ‘Brencis’, bet vairāk ‘Talsis’ (Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020).

Graudu skaitu vārpā būtiski ietekmē audzēšanas gada apstākļi un augsnes apstrādes variants, kur augstākas vērtības nodrošināja tradicionālā augsnes apstrāde ar aršanu. Priekšauga izvēles ietekme nebija būtiska (Litke, Gaile, Ruža, 2019b), taču K.J. Jankovskis ar kolēģiem (Jankowski, Budzyński, Dubis, 2015) konstatēja, ka rapsis kā priekšaugi palielināja graudu skaitu vārpā. Graudu skaitu vārpā ietekmē arī sējas laiks. Vēlāks sējas termiņš veicināja graudu skaita vārpā un vienas vārvas graudu masas samazināšanos augiem visās pārbaudītajās cerošanas koeficienta grupās (Gaile et al., 2017).

Graudu skaitu vārpā ietekmē lietotais slāpekļa mēslojums (skat. 1.3.2. nodaļu).

**Vienas vārvas graudu masa** ir ļoti mainīgs rādītājs. To būtiski ietekmē genotips, agrotehniskie pasākumi (N mēslojuma ietekme uz vienas vārvas graudu masu aprakstīta 1.3.2. nodaļā) un meteoroloģiskie apstākļi, kā arī šo faktoru mijiedarbība. Izmēģinājumā Viļānos lielākā ietekme uz vārvas graudu masu bija genotipam (75%), bet slāpekļa papildmēslojumam tikai 3%. Vārvas graudu masa variēja no 2.32 g šķirnei ‘Brencis’ līdz 2.85 g šķirnei ‘Talsis’ (Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020). Būtiska genotipa ietekme uz vienas vārvas graudu masu konstatēja arī izmēģinājumā Pēterlaukos. Šķirnei ‘Cubus’ lielākā vienas vārvas

graudu masa iegūta no augiem ar cerošanas koeficientu 2–5, šķirnei ‘Tarso’ – no 3–5 un ‘Zentos’ – 3. Vidējā vārpa produktivitāte augiem ar cerošanas koeficientu no 3–6 var būt līdzīga vai pat augstāka nekā augiem ar cerošanas koeficientu 1–2 (Gaile et al., 2017).

Vienas vārpa graudu masu ietekmē sausuma stress visās attīstības fāzēs, bet lielākā ietekme ir gaisa temperatūrai vēlākajās attīstības fāzēs, tomēr vērojama arī genotipa ietekme. Sausums piengatavības fāzē paātrina lapu novecošanos un atmiršanu. Laboratorijas apstākļos īslaicīgi (līdz septiņām dienām) sausuma un karstuma periodi (no plkst. 6.00 līdz 22.00 gaisa temperatūra > +32 °C; salīdzinātās gaisa temperatūras +26, +32, +35 un +38 °C) būtiski samazina fotosintēzes rādītājus, tomēr notiek ātra fotosintēzes procesu atjaunošanās un ieslēdzas ražas struktūrelementu veidošanās kompensācijas mehānisms (Hlaváčová et al., 2018).

**Tūkstots graudu masa (TGM)** raksturo graudu rupjumu un tajos esošo barības vielu daudzumu. Rupjāki graudi satur vairāk barības vielu, tiem ir augstāka dīgtspēja (Jakab et al., 2016). Pētot kviešu graudu izmēra (graudu garums: 1.8, 2.0, 2.2, 2.5 un 2.8) ietekmi uz ražu un ražas komponentiem, secināts, ka būtiski lielāku skaitu augu platības vienībā ieguva no 2.5 un 2.8 mm sēklas materiāla, attiecīgi 477 un 518 gab. m<sup>-2</sup>. Šo abu frakciju sēklas materiāls nodrošināja arī lielāko produktīvo stiebru skaitu uz 1 m<sup>2</sup>. Taču augstākais cerošanas koeficients bija sēklu frakcijai ar izmēru 1.8 mm. Pie vienādas izsējas normas, lielāka izmēra (2.5 un 2.8 mm) sēklas materiāls veidoja būtiski augstāku augu skaitu un produktīvo stiebru skaitu 1 m<sup>2</sup> nekā smalkāka izmēra sēklas (Protić, 2019). Turpretī Ukrainā izpētīts, ka sējot sēklas ar vidēju (41.5 g) un zemu (30.6 g) TGM optimālos un sausos apstākļos, ieguva augstāku graudu ražu un proteīna saturu graudos salīdzinot ar rupja izmēra sēklas materiālu (TGM – 50.4 g) (Kulyk et al., 2020).

TGM ir atkarīga no genotipa. Šis rādītājs ir salīdzinoši stabils ražas komponents (Mehra et al., 2017; Jakab et al., 2018), tomēr to ietekmē arī ekoloģiskie un agrotehniskie faktori. Trīs gadu izmēģinājuma rezultāti Latvijā parādīja, ka šķirnei ‘Bussard’ gada meteoroloģisko apstākļu ietekmes īpatsvars bija 67.0%, slāpekļa mēslojuma ietekmes īpatsvars – 27.2%, savukārt abu faktoru mijiedarbības ietekme bija tikai 4.7%. Turpretī šķirnei ‘Zentos’ šo faktoru īpatsvars bija attiecīgi: 70.0%, 21.8% un 7.9% (Liniņa, Ruža, 2015). Arī citā izmēģinājumā Latvijā konstatēts, ka vairāk TGM ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi (61.2%), bet slāpekļa mēslojums tikai – 12.1% (Skudra, Ruža, 2016). Meteoroloģiskie apstākļi būtiski ietekmējuši TGM arī citos Latvijā veiktajos pētījumos (Litke, Gaile, Ruža, 2018; Darguža, Gaile, 2020).

Nozīmīga loma ir priekšaugam. Audzējot ziemas kviešus pēc zirņiem, TGM bija augstāka (41.3 g) nekā pēc ziemas miežiem (38.5 g) (Babulicová, 2014). TGM būtiski pieaug pēc ziemas rapša (Jankowski, Budzyński, Dubis, 2015). Augu maiņā: lopbarības pupas-kvieši-eļļas rapsis-mieži (kvieši 25%) TGM bija būtiski augstāka nekā pārējās salīdzinātajās augu maiņās (eļļas rapsis-kvieši-kvieši (kvieši 67%)) un atkārtotos kviešu sējumos. Tomēr priekšauga ietekme uz TGM iegūta tikai divos izmēģinājuma gados no trim – pēc lopbarības pupām TGM pieauga par 3 g, bet pēc rapša – par 1.6 g (Darguža, Gaile, 2020). TGM samazinās atkārtotā kviešu sējumā (Jankowski, Budzyński, Dubis, 2015; Litke, Gaile, Ruža, 2018).

Dažādu vides faktoru (mēslojums, meteoroloģiskie u.c.) ietekmē starp ražas struktūrelementiem darbojas kompensācijas mehānisms. Cerošanas koeficients būtiski ietekmēja graudu skaitu vārpā un vienas vārpa graudu masu. Abi vārpa produktivitātes rādītāji bija augstāki augiem ar cerošanas koeficientu  $\geq 2$ , ja salīdzina ar augiem, kuri necerēja. Cerošanas koeficients neietekmēja 1000 graudu masu (Gaile et al., 2017). Arī K.J. Jankovskis ar kolēģiem (Jankowski, Budzyński, Dubis, 2015) konstatēja, ka produktīvo stiebru skaits var palielināt graudu skaitu vārpā un graudu masu. Citu zinātnieku pētījumos konstatēta negatīva korelācija starp produktīvo stiebru skaitu 1 m<sup>2</sup> un vienas vārpa graudu skaitu, kā arī starp produktīvo stiebru skaitu 1 m<sup>2</sup> un TGM, kad, pieaugot vārpa skaitam, samazinās graudu skaits vārpā un TGM (Bavec et al., 2002). Kompensācijas mehānisms stresa apstākļos darbojas spēcīgāk nekā augšanai labvēlīgos apstākļos (Mwadingeni et al., 2016).

### 1.3.1. Lapu slimību ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem

Lapu slimību radītie ražas zudumi ir atkarīgi no kviešu attīstības fāzes, kad patogēni inficē augus, kā arī no meteoroloģiskie apstākļiem, kas nosaka patogēna attīstības dinamiku turpmākajās augu attīstības fāzēs. Meteoapstākļiem bija daudz būtiskāka ietekme uz ražu nekā slimību attīstībai uz divām augšējām lapām (Serrago et al., 2011; Budka et al., 2015). Piemēram, Lietuvā (Ronis, Semaškienė, 2009) sausos laika apstākļos lapu slimību ietekme uz graudu ražu un ražas komponentiem bija mazāka nekā mitros apstākļos, bet no otras puses, arī graudu raža bija zemāka mitruma trūkuma dēļ.

Lapu slimību izplatība **dīgstu fāzē** būtiski kavē kviešu augšanu un attīstību. Pētījumā Turcijā, kur dīgstu fāzē (12.–13. AE) veikta mākslīgā inokulācija ar *Z. tritici*, atkarībā no šķirnes ieņēmības, graudu ražas zudumi bija 11.2–34.2% salīdzinot ar kontroles variantu, kā arī inficētajiem augiem garums samazinājās par 3.5–10.8% salīdzinot ar kontroles variantu (Aydogdu, 2021). Graudzāļu miltrasas attīstībai labvēlīgos apstākļos augi var pat aiziet bojā (Gao, Niu, Li, 2018). Arī dzeltenā rūsa, inficējot ieņēmīgas šķirnes dīgstu fāzē, var radīt ražas zudumus līdz pat 100% (Chen et al., 2014; Hovmöller, Yahyaoui, Milus, 2016), jo samazina sakņu augšanu un augu garumu, konstatēts mazāks vārpiņu skaits vārpā, kā arī veidojās smalkāki graudi. Augi ir izturīgāki pret dzeltenu rūsu vēlīnākajās attīstības fāzēs (Rodrigues-Algaba et al., 2020).

Lapu plankumainību attīstība **cerošanas fāzē** samazina produktīvo stiebru veidošanos. Lietuvā konstatēts, ka produktīvo stiebru skaits būtiski samazinājās gadā ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu maija mēnesī, kas veicināja lapu plankumainību agru izplatību un strauju attīstību. Šajā gadā novērotas atšķirības arī starp šķirnēm. Tomēr produktīvo stiebru samazināšanos kompensēja ar vienas vārpas graudu masas un 1000 graudu masas (TGM) pieaugumu (Ronis, Semaškienė, 2009). Arī graudzāļu miltrasa kavē sakņu attīstību un samazina produktīvo stiebru veidošanos (Gao, Nui, Li, 2018). Brūnā rūsa samazina produktīvo stiebru skaitu, kas turpmākajās attīstības fāzēs var ietekmēt augu biomasu, ražas indeksu un TGM (Green et al., 2014; Herrera-Foessel et al., 2006).

Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe **stiebrošanas sākumā** (31. AE) tikai daļēji ļauj prognozēt tālāko slimības attīstību un ietekmi uz ražu. Patogēna nokļūšana un attīstība uz augšējām lapām ir atkarīga no augu augšanas ātruma, nokrišņu un *Z. tritici* sporu daudzuma (Shaw et al., 2008.)

Pētījumos konstatēta cieša negatīva sakarība starp lapu slimību attīstības pakāpi no kviešu ziedēšanas līdz piengatavības fāzei un graudu ražu (Bancal, Robert, Ney, 2007; Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009; Wiik, Ewaldz, 2009; Jevtič et al., 2017; Jally et al., 2020; Păunescu et al., 2022). Lapu slimību uzskaitēs šajās attīstības fāzēs parasti analizē augšējās divas lapas, tomēr daudzu pētījumu rezultāti norāda, ka lapu slimību, it īpaši kviešu lapu pelēkplankumainības, radītie zudumi atkarīgi no slimības attīstības pakāpes tieši uz **karoglapas** (Bhathal, Loughman, Speijers, 2003; El Jarroudi et al., 2009, 2017b, Matzen et al., 2019). Noteikta būtiska negatīva korelācija starp kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi karoglapas plaukšanas, vārpošanas un ziedēšanas fāzēs un graudu ražu (Mojerlou et al., 2009). Čehijā veiktā pētījumā, kur mākslīgā inokulācija ar *Z. tritici* veikta karoglapas plaukšanas fāzē (37. AE) un slimības attīstības pakāpe (uzskaitīti plankumi ar piknīdām) noteikta 30 dienas pēc inokulācijas, konstatēts, ka TGM un vienas vārpas masa negatīvi korelē ar kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi uz karoglapas un 1. lapas. Tomēr kviešu lapu pelēkplankumainības ietekme uz abu ražas struktūrelementu vērtībām atšķīrās no genotipa: vienas vārpas graudu masa ieņēmīgai šķirnei 'Bakfis' kviešu lapu pelēkplankumainības ietekmē samazinājās par 34.7%, TGM 18.8%, turpretī pret šo slimību neieņēmīgai šķirnei 'Arina' – tikai par 4.5 un 17.3% salīdzinot ar kontroles variantu (Šip, Chrпова, Palicova, 2015).

Arī brūnā rūsa var ievērojami samazināt ražu, ja inficē karoglapu (Eversmeyer, Kramer, 2000). Brūnās rūsas 60–70% infekcija vārpošanas laikā uz karoglapas radīja ražas zudumus līdz pat 30%, turpretī piengatavības laikā pie tādas pašas slimības attīstības pakāpes – mazāk par

7% (Huerta-Espino et al., 2011). Kviešu plēkšņu plankumainības attīstība uz karoglapas un 1. lapas piengatavības laikā (73.–77. AE) samazinājusi graudu ražu par 37–71% atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem konkrētajā gadā (Bhathal, Loughman, Speijers, 2003). Graudzāļu miltrasa lielākos ražas zudumus nodara, ja inficē vārpas, karoglapu un 1. lapas (Pietrusińska, Tratwal, 2020). Graudzāļu miltrasa lielākos ražas zudumus (līdz 40%) var nodarīt ieņēmīgām šķirnēm, ja infekcija parādās ziedēšanas fāzē un ir inficēta karoglapa (Păunescu et al., 2022). Slimības izplatība vārpošanas un ziedēšanas fāzē var samazināt graudu skaitu vārpā un vienas vārpas graudu masu (Gao, Niu, Li, 2018).

Ja lapu slimības parādās **pēc ziedēšanas**, tad tās graudu skaitu vairs neietekmē, bet samazina TGM (Serrago et al., 2011; Cao et al., 2014.).

Kviešu lapu dzeltenplankumainība un brūnā rūsa, kuras sējumos konstatēja no ziedēšanas līdz pilngatavībai, būtiski samazināja graudu skaitu vārpā, bet TGM nesamazinājās (Rozo-Ortega et al., 2021). Zema kviešu plēkšņu plankumainības attīstība uz vārpām ietekmēja ražu vairāk nekā augsta šīs slimības attīstības pakāpe uz lapām (Głazek, Krzyzińska, Maczyńska, 2012)

Graudzāļu miltrasas izplatība **piengatavības vidū** būtiski samazina TGM un ražu (Cao et al., 2014). A.J. Grīna un kolēģu (Green et al., 2014) pētījumā ar 50 ziemas kviešu šķirnēm ražas zudumi slimības dēļ bijuši vidēji 14%. Graudzāļu miltrasa būtiski samazināja ražas indeksu (graudu attiecība pret virszemes biomasu), graudu skaitu vārpā, vārpu skaitu 1m<sup>2</sup>. Tomēr graudu skaits vārpā bija vienīgais ražas struktūrelements, kurš būtiski atšķīrās smidzinātā un nesmidzinātā variantā. Uzbekijā veiktā pētījumā piengatavības beigās konstatēja dzeltenās rūsas attīstības pakāpi no 60–70%, kā rezultātā graudu raža samazinājās, no 24 līdz 39% un TGM no 16 līdz 24% atkarībā no izmēģinājuma gada (Sharma et al., 2016). Ch. He ar kolēģiem (He et al., 2019) konstatēja 1000 graudu masas samazinājumu dzeltenās rūsas attīstības ietekmē par 6.19%, ka arī paātrināja graudu nogatavošanos par 4.5 dienām.

### 1.3.2 Slāpekļa mēslojuma ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem

Slāpekļa mēslojums ir svarīgs tehnoloģijas elements, kas ietekmē gan ražu, gan veicina lapu slimību attīstībai labvēlīgas vides veidošanos, tāpēc svarīgi nedaudz aprakstīt arī paša mēslojuma tiešo lomu ražas un tās struktūrelementu veidošanā.

Slāpekļa mēslojums būtiski palielina ziemas kviešu graudu ražu, taču atšķiras slāpekļa normas, pie kurām tālāka mēslojuma normas palielināšana vairs nav efektīva vai pat samazina graudu ražu. Piemēram, Ungārijā kviešu ražas pieaug, lietojot N mēslojumu līdz 130 kg ha<sup>-1</sup>, sasniedzot ražību 5.6 t ha<sup>-1</sup>. Tālāka slāpekļa devas palielināšana nedeva būtisku ražas pieaugumu, novērots pat ražas samazinājums (Jakab et al., 2018). Arī I. Ullahs ar kolēģiem (Ullah et al., 2018) augstākās graudu ražas ieguva lietojot N mēslojumu 145 kg ha<sup>-1</sup>, bet tālāka slāpekļa normas palielināšana veicināja veldres veidošanos, it sevišķi pie N mēslojuma normas 203 kg ha<sup>-1</sup>. M. Blandino un A. Reineri (Blandino, Reyneri, 2009) ieguva 12% kviešu graudu ražas pieaugumu, lietojot N mēslojumu 140 kg ha<sup>-1</sup> salīdzinājumā ar kontroles variantu (N0). Savukārt M. Babulicova (Babulicová, 2014) konstatēja, ka N norma 240 kg ha<sup>-1</sup> samazināja graudu ražu.

Slāpekļa mēslojuma izmantošanos ietekmē meteoroloģiskie apstākļi, it sevišķi, mitruma apstākļi (Brezolin et al., 2017). Pētījumā Pēterlaukos pirmie trīs gadi bija labvēlīgi ziemas kviešu audzēšanai, graudu raža pieauga līdz N mēslojumam 180 kg ha<sup>-1</sup>, taču ceturtais audzēšanas gads bija krasi atšķirīgs un kopumā nelabvēlīgs kviešu attīstībai – 2017. gada rudens bija nokrišņiem pārbagāts un silts, bet pavasarī, sākot ar maija mēnesi, iestājās sausuma periods, kas turpinājās līdz pat ražas novākšanai. Šādos apstākļos graudu raža pieauga līdz N mēslojuma normai 150 kg ha<sup>-1</sup> (Litke, Gaile, Ruža, 2019a).

Daudzu pētījumu rezultāti parāda, ka slāpekļa ietekme atkarīga no šķirnes genotipa. Pētījumā divās atšķirīgās vietās Latvijā (LBTU MPS “Pēterlauki” un AREI Stendes pētniecības



centrs) vidējā ziemas kviešu graudu raža pieauga līdz N papildmēslojuma normai 150 kg ha<sup>-1</sup>, taču būtiski atšķirās salīdzināto šķirņu reakcija uz slāpekļa mēslojumu. Pie mazajām normām šķirnei ‘Zentos’ graudu raža bija nedaudz (0.5–1.5 t ha<sup>-1</sup>) augstāka nekā šķirnei ‘Bussard’, taču, sākot ar N mēslojuma normu 90–120 kg ha<sup>-1</sup>, ražas starpība starp šķirnēm izlīdzinājās (Ruža, Maļeckā, Kreita, 2012).

Šķirne ‘Skagen’ ir bieži izmantota lauka izmēģinājumos. Piemēram, izmēģinājumā Saldū, virsēji velēnglejtā augsnē, šķirnes ražība variēja no 3.17 t ha<sup>-1</sup> (N0) līdz 7.83 kg ha<sup>-1</sup> (N240), bet ražas pieaugums virs N mēslojuma normas 120 kg ha<sup>-1</sup> vairs nebija būtisks (Kārklīšs, Līpenīte, Ruža, 2017). Barības vielām bagātākās augsnēs MPS ‘Pēterlauki’ (putekļaina smilšmāla lesivētā brūnaugsne) graudu ražas bija augstākas un variēja no 4.72 (N0) līdz 9.45 t ha<sup>-1</sup> (N240). Graudu ražas pieauga līdz N normai 180 kg ha<sup>-1</sup> pēc abiem izvēlētajiem priekšaugiem (eļļas rapsis vai kvieši atkārtotos sējumos) (Litke, Gaile, Ruža, 2018). Savukārt Viļānos, kur izmēģinājums iekārtots trūdaini podzolētā glejaugsnē ar vidēju augiem pieejamo fosfora un kālija saturu, šķirne nodrošināja augstākās ražas (vidēji 11.21 t ha<sup>-1</sup>) salīdzinot ar pārējām audzētajām šķirnēm (‘Edvins’, ‘Talsis’, un ‘Brencis’). Zinātnieces konstatēja, ka ziemas kviešu ražu vairāk ietekmēja šķirnes ģenētiskās īpašības (73%), slāpekļa mēslojumam ietekme bija tikai 22%, bet abu faktoru mijiedarbības ietekme tikai 2% (Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020).

Slāpekļa ietekme uz ražas un ražas struktūrelementu veidošanos ir atkarīga no mēslojuma lietošanas laika un slāpekļa normas sadalījuma. Tā kā **produktīvo stiebru skaits** veidojas cerošanas fāzē, tad šo ražas struktūrelementu ietekmē lietotā N mēslojuma norma atjaunojoties veģetācijai. Lauka izmēģinājumā Pēterlaukos, atjaunojoties veģetācijai, N deva nepārsniedza 120 kg ha<sup>-1</sup> atkarībā no varianta, tomēr produktīvo stiebru skaits būtiski pieauga tikai līdz N normai 90 kg ha<sup>-1</sup> (Litke, Gaile, Ruža, 2019b). Līdzīgus rezultātus ieguva Lietuvā. Lielāko produktīvo stiebru skaitu ieguva variantā, kur, atjaunojoties veģetācijai, N mēslojuma deva bija 90 kg ha<sup>-1</sup> (kopējā slāpekļa mēslojuma norma N 180 kg ha<sup>-1</sup>). Šajā variantā bija arī garākie stiebri, lielāks graudu skaits vārpā un garāka vārpa (Staugaitis, Poškus, Braziené, 2021).

Pētījumā Ungārijā (Kristó et al., 2019) konstatēts, ka novēlota slāpekļa mēslojuma lietošana (slāpekļa mēslojums, atjaunojoties veģetācijai, aizstāts ar palielinātu slāpekļa normu vēlākos kviešu attīstības etapos (N200(0+100+100)) palielināja vārpu un vārpiņu skaitu vārpā, graudu skaitu vārpā, taču graudu raža bija būtiski zemāka nekā variantā, kur slāpekļa mēslojumu lietoja uzreiz pēc veģetācijas atjaunošanās (N109(55+27+27)).

Vairumā pētījumu slāpekļa papildmēslojums palielina **graudu skaitu vārpā** (Ullah et al., 2018; Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020, Mustātea, Saulescu, 2011). L. Litke ar kolēģiem (Litke, Gaile, Ruža, 2019b) konstatēja, ka šķirnei ‘Skagen’ četru gadu vidējais graudu skaits vārpā būtiski pieauga līdz N mēslojuma normai 120 kg ha<sup>-1</sup>. Graudu skaitu vārpā ietekmē gada meteoroloģisko apstākļi. Taču ir sastopami pētījumi, kad slāpekļa papildmēslojums palielina graudu skaitu vārpā, taču pieaugums nebija būtisks (Brinkman et al., 2014). Savukārt P. Jakabs ar kolēģiem (Jakab et al., 2018) konstatēja, ka graudu skaits vārpā un 1000 graudu masa mēslojuma iespaidā būtiski nemainās.

Vairumā pētījumu pierādās, ka slāpekļa mēslojuma lietošana palielina **1000 graudu masu (TGM)**. Latvijā veiktos pētījumos (Liniņa, Ruža, 2015, Litke, Gaile, Ruža, 2019b) TGM pieauga līdz N mēslojumam 150 kg ha<sup>-1</sup>, savukārt pētījumā Lietuvā – līdz 180 kg ha<sup>-1</sup> (Staugaitis, Poškus, Braziené, 2021) un konstatēta būtiska audzēšanas gada ietekme.

Pētījumos iegūti arī pretēji rezultāti: P. Jakabs ar kolēģiem (Jakab et al., 2018) konstatējis, ka slāpekļa mēslojums nedaudz palielināja TGM, taču pieaugums nebija būtisks. Lielākā TGM iegūta pie N mēslojuma 130 kg ha<sup>-1</sup>. Arī M. Blandino un A. Reineri (Blandino, Reyneri, 2009) konstatēja, ka N mēslojums 140 kg ha<sup>-1</sup> būtiski nepalielināja TGM, salīdzinot ar kontroles variantu.

Atšķiras arī katras šķirnes reakcija uz slāpekļa papildmēslojuma normu. A. Liniņa un A. Ruža (Liniņa, Ruža, 2015) konstatējuši, ka šķirnei ‘Bussard’ TGM samazinājās, palielinot N mēslojuma normu virs 90 kg ha<sup>-1</sup>, bet šķirnei ‘Zentos’ – jau virs 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Slāpekļa mēslojums būtiski palielina **vienas vārpas graudu masu** (Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020) un to būtiski ietekmēja šķirnes genotips. Ziemas kviešu šķirnei ‘Skagen’ vidējā četru gadu vienas vārpas graudu masa pieauga, lietojot N papildmēslojumu līdz  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  un to būtiski ietekmēja gada meteoroloģiskie apstākļi (Litke, Gaile, Ruža, 2019b).

Pētījumu rezultāti apliecina kompensācijas mehānisma darbību. Horvātijā veiktā pētījumā konstatēts, ka nokrišņiem bagātā gadā kontroles variantā graudu raža dažādos N mēslojuma fonos būtiski neatšķīrās: pie N mēslojuma normas  $67 \text{ kg ha}^{-1} - 7.63 \text{ t ha}^{-1}$ , bet pie N mēslojuma normas  $194 \text{ kg ha}^{-1} - 7.58 \text{ t ha}^{-1}$ . Līdzīgās ražas iegūtas ar atšķirīgiem ražas struktūrelementiem, jo slāpekļa mēslojuma ietekmē veidojās vairāk produktīvo stiebru uz  $\text{m}^{-2}$  (18.6 % salīdzinot ar zemāko N mēslojuma normu) un pieauga graudu skaits vārpā (16.5 % salīdzinot ar zemāko N mēslojuma normu). Savukārt pie lielākās N mēslojuma devas graudi bija daudz vieglāki (1000 grauda masa – 32.4 g) nekā pie zemākās (40.1 g) (Varga et al., 2005).

### 1.3.3. Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz ražu un tās struktūrelementiem

Gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums būtiski ietekmē ražu un ražas struktūrelementu veidošanos. Gaisa vidējās temperatūras paaugstināšanās par  $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  samazina ziemas kviešu ražu par 3.6–10.9%. Būtiskāk kviešu ražas veidošanos meteoroloģiskie apstākļi ietekmē maijā un jūnijā, jo šajā laikā augi cero un veidojas lapu virsma (Trnka et al., 2012). Sausums cerošanas laikā ietekmē graudu skaitu vārpā (Babulicova, 2014, Gaile et al., 2017; Hlaváčová et al., 2018). Mitruma trūkums un paaugstināta gaisa temperatūra no stiebrošanas līdz vārpošanai samazina graudu ražu (Liniņa, Ruža, 2018). Savukārt mitrums pēc ziedēšanas saīsina grauda nobriešanas periodu, kā rezultātā samazinās grauda lielums (Trnka et al., 2012).

Pētījumos konstatēts, ka lielāka nozīme ir nokrišņu daudzumam veģetācijas periodā, jo tas būtiski ietekmē fotosintētiski aktīvo auga orgānu izmērus un graudu ražu. Sezonā, kad trūka nokrišņu, karoglapas laukums samazinājās par 82%, karoglapas garums un platums – par 35%, stiebra garums un laukums samazinājās par 22% un 56%, bet diametrs – par 20%. Vērtējot visas auga daļas, lielāko fotosintētiskās virsmas samazinājumu konstatēja karoglapai, tad stiebram un vārpai, kas parāda, ka karoglapa ir visjutīgākā pret sausumu. Sezonā ar nokrišņu daudzumu virs ilggadīgās normas vidējā vārpas virsma bija  $40.5 \text{ cm}^2$  jeb par 15.9% lielāka nekā sezonā bez nokrišņiem. Vidējais vārpas platums, garums un vārpiņu skaits bija attiecīgi 1.1, 8.3 un 19.3 jeb par 11.3%, 5.8% un 8.9% lielāks nekā sezonā ar nokrišņu trūkumu. Vārpas platuma un vārpiņu skaita samazinājums būtiski samazināja vārpas virsmas laukumu. Nokrišņu trūkuma dēļ ražas zudums bija  $2.64 \text{ t ha}^{-1}$  (Chen, Zhang, Deng, 2019).

Modelētā izmēģinājumā Serbijā konstatēts, ka sausums graudu nobriešanas laikā (61.–89. AE) paātrina lapu novecošanos, samazina hlorofila un ūdens daudzumu lapās, palēnina fotosintēzi, kā rezultātā būtiski samazinās raža, vienas vārpas graudu masa, graudu skaits vārpā un TGM, tomēr izmēģinājumā parādījās šķirnes spēja pretoties karstuma radītajam stresam. Pētījumā nepierādījās, ka šķirnes ar augstāku N saturu karoglapā labāk pacieš karstumu. (Habuš Jerčić et al., 2018).

Arī citos pētījumos norādīts, ka sausums ietekmē graudu skaitu vārpā un vārpu skaitu uz  $\text{m}^2$  (Trnka et al., 2012; Babulicová, 2014, Gaile et al., 2017) un TGM (Trnka et al., 2012; Babulicová, 2014). Turpretim I. Raczs ar kolēģiem (Racz et al., 2015) atklājis, ka klimatiskie apstākļi maz ietekmē TGM. Sausuma apstākļos iegūta negatīva korelācija starp vārpu skaitu  $\text{m}^{-2}$  un graudu skaitu vārpā (Jankowski, Budzyński, Dubis, 2015), vienas vārpas graudu masa negatīvi korelēja ar vārpu skaitu un graudu skaitu vārpā (Smutná, Ezner, Středa, 2018).

Kompensācijas mehānisms starp ražas struktūrelementiem stresa apstākļos izpaužas daudz stiprāk nekā labvēlīgos apstākļos. Izmēģinājuma dati Pēterlaukos rāda, ka zemākā vārpas produktivitāte iegūta gadā, kad novēroja nokrišņu trūkumu reizē ar paaugstinātu gaisa temperatūru. Savukārt gadā, kad ziemošanas laikā būtiski samazinājās augu skaits  $1 \text{ m}^2$ ,

meteoroloģiskie apstākļi turpmākajā veģetācijas periodā bija labvēlīgi augu augšanai un attīstībai, kā rezultātā ieguva būtiski augstāku vārvas produktivitāti (Gaile et al., 2017).

Liels vārpu skaits  $m^{-2}$  nodrošina augstu graudu ražu jebkuros apstākļos, taču liels graudu skaits vārpā ar graudu ražu pozitīvi korelē tikai mazāk labvēlīgos augšanas apstākļos. Būtiski negatīvu korelāciju starp 1000 graudu masu, vārpu skaitu  $1 m^2$  un graudu skaitu vārpā novēroja tikai sausuma apstākļos (Trnka et al., 2012).

Kanādā konstatēts, ka augsnes apstrādes sistēmas ietekme uz graudu ražas lielumu atkarīga no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Gados, kad nokrišņu daudzums atbilda ilggadīgajiem novērojumiem, kviešu raža laukos ar tradicionālo augsnes apstrādi par 5% pārsniedza graudu ražu laukos ar minimālo augsnes apstrādi un tiešo sēju. Savukārt sausos laika apstākļos, audzējot kviešus tiešajā sējā, graudu raža pieauga par 59%, salīdzinot ar minimālo augsnes apstrādi un tradicionālo augsnes apstrādi (Kutcher et al., 2011).

## 1.4. Ziemas kviešu lapu slimību ķīmiskā ierobežošana

### 1.4.1. Fungicīdu lietošana

Fungicīdu lietošanas mērķis ir novērst slimību attīstību un pēc iespējas ilgāk saglabāt auga zaļo lapu virsmu (Gaurilčikienė, Butkutė, Mankevičienė, 2010; Bankina et al., 2014; Bhatta et al., 2018; Matzen et al., 2019), jo tā netieši ietekmē auga spēju uzņemt augu barības vielas no augsnes un uzkrāt slāpekļa transportēšanu no lapām un stiebriem uz graudu (Gaju et al., 2014). Īpaši svarīgi pēc iespējas ilgāk saglabāt neinficētu karoglapu (Gooding et al., 2000; Koua et al., 2001; Blandino, Reyneri, 2009), jo tā nodrošina 30–50% no barības vielām graudu nobriešanas laikā, līdz ar to nodrošina augstāku ražu, augstāku proteīna saturu graudos (Gooding et al., 2000) un labāku miltu kvalitāti (Blandino, Reyneri, 2009). Argentīnā, sējumos, kur dominējošā lapu slimība bija kviešu lapu pelēkplankumainība, fungicīdu lietošana pagarināja zaļo lapu periodu vidēji par 16%, salīdzinot ar sējumu, kurā nelietoja fungicīdus (Castro et al., 2018). Citā pētījumā Argentīnā konstatēja, ka fungicīdu lietošana karoglapas fāzē palielināja karoglapas un 1. lapas zaļo virsmas laukumu par 84% un samazināja lapu slimību AUDPC vērtības par 87 vienībām, salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas (Bhatta et al., 2018). Aizkavējot lapu novecošanu, vidējais graudu ražas pieaugums var sasniegt pat 1.15% dienā (Gooding et al., 2000). Līdzīgā pētījumā vidējais ražas pieaugums, aizkavējot lapu novecošanu, bija  $0.26 t ha^{-1}$ . Pētījumā konstatēja pozitīvu sakarību starp hlorofila daudzumu lapās un ražu (Koua et al.; 2001). Zinātnieki norāda, ka sevišķi svarīgi ilgāk nodrošināt zaļo lapu virsmu ir audzēšanas tehnoloģijās, kur nelieto slāpekļa mēslojumu un fungicīdus, jo agra vārpošana veicina agrīnu graudu nogatavošanos, kas ievērojami samazina barības vielu uzkrāšanās laiku graudā.

Fungicīdiem ir netieša ietekme uz ražu, aizsargājot augus no lapu slimību veidotiem ražas zudumiem (Sylvester, Kleczewski, 2018; Willocquet et al., 2021). Pētījumos fungicīdu lietošanas rezultātā iegūts ražas pieaugums, taču tas atšķiras atkarībā no pielietotās agrotehnikas, izmantotās šķirnes un meteoroloģiskajiem apstākļiem. Eiropā veiktajos pētījumos fungicīdu smidzināšanas intensitāte korelē ar pieejamo mitruma daudzumu veģetācijas periodā. Valstīs, kur raksturīgs liels nokrišņu daudzums, tādās kā Lielbritānija un Īrija, fungicīdu lietošanas rezultātā graudu ražas pieaug par 20% ar ražas ieguvumu ap  $2.00 t ha^{-1}$ . Valstīs, kur mazāks un retāks nokrišņu daudzums, līdz ar to arī mitrums ir mazāks, nav nepieciešams lietot tik daudz fungicīdu un ražas pieaugums parasti ir mazāks, vidēji  $0.50 - 1.00 t ha^{-1}$  (Jørgensen et al., 2014).

Zviedrijā veiktā pētījumā, kur apkopoti dati par 350 lauka izmēģinājumiem laika posmā no 1996.–2011. gadam, vidējais ražas pieaugums fungicīdu lietošanas rezultātā bija 10% jeb  $0.39-3.39 t ha^{-1}$  atkarībā no gada meteoroloģiskajiem apstākļiem, salīdzinot ar nesmidzinātajiem laukiem (Djurle, Twengström, Andersson, 2018). Citos pētījumos, variantos

ar fungicīdu lietošanu, ieguva šādus graudu ražas pieaugumu: Argentīnā – 27–42% (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009) un 30.5% (Castro et al., 2018), Kanādā – 9–19% (Kutcher et al., 2011), Čehijā – 0.26 t ha<sup>-1</sup> (Vrtílek et al., 2019). Fungicīdu lietošana uzlabo graudu nobriešanu: palielinās 1000 graudu masa, samazinās graudu červelēšanās (Matzen et al., 2019).

Pētījumu rezultāti rāda, ka fungicīdu lietošana ir ekonomiski izdevīga slimību ieņēmīgām šķirnēm lapu slimību attīstībai labvēlīgos apstākļos (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2011). Amerikā, pārbaudot 50 ziemas kviešu šķirņu izturību pret brūno rūsu un graudzāļu miltrasu, konstatēja, ka ražas pieaugums fungicīdu lietošanas rezultātā bija 15–50%. Lielāko ražas pieaugumu ieguva šķirnēm, kuras bija ieņēmīgas pret vienu vai pat abām slimībām (Green et al., 2014). Arī citā izmēģinājumā Amerikā iegūts apstiprinājums, ka spēcīgas lapu slimību infekcijas gadījumā ieņēmīgām līdz vidēji ieņēmīgām šķirnēm fungicīdu lietošana lapu slimību ierobežošanai ir daudz efektīvāka (vērtēta kopējā lapu slimību attīstības pakāpe un AUDPC vērtības) nekā mazieņēmīgām šķirnēm. Šajā izmēģinājumā ražas pieaugums fungicīdu lietošanas rezultātā bija 11.4–41.9 % (Bhatta et al., 2018).

Latvijā, pārbaudot astoņu plašāk audzēto ziemas kviešu šķirņu izturību pret dzelteno rūsu, konstatēts, ka 2016./2017. gada sezonā relatīvie graudu ražas zudumi ieņēmīgajām šķirnēm ‘Edvins’, ‘Fredis’, ‘Talsis’ bija 30–33%, ‘SW Magnifik’ – 22.9%, vidēji ieņēmīgajām šķirnēm ‘Olivin’ – 19.9%, ‘Ceylon’ – 12.96%, savukārt mazieņēmīgajām: ‘Zeppelin’ – 7.82 % un ‘Skagen’ – 2.87%. Fungicīdu lietošana ieņēmīgajām šķirnēm palielināja graudu ražas par 2.32–3.45 t ha<sup>-1</sup>, bet vidēji ieņēmīgajām šķirnēm graudu ražas palielinājums bija ievērojami mazāks (2.30–1.56 t ha<sup>-1</sup>). Fungicīdu lietošana palielināja 1000 graudu masu ieņēmīgajām šķirnēm par 12.45 – 9.98 g, savukārt mazieņēmīgajām šķirnēm: tikai par 1.70–2.60 g. Mazieņēmīgajai šķirnei ‘Skagen’ fungicīdu lietošana būtiski ražu neietekmēja, līdz ar to aktuāls jautājums vai mazieņēmīgām šķirnēm ir nepieciešams lietot fungicīdus (Strazdina et al., 2017).

Lapu slimību izplatību un intensitāti var mazināt, paaugstinot fungicīdu lietošanas līmeni – pieaugot līmenim, atšķirības starp šķirnēm samazinās (Willoquet et al., 2021). Literatūrā sastopami daudzi pētījumu rezultāti dažādās intensitātes audzēšanas tehnoloģijās. Palielinoties audzēšanas tehnoloģijas intensitātei, pieaug arī prasības pēc augu barības vielām. Graudu ražas pieaugumu intensīvā audzēšanas tehnoloģijā panāk ar slāpekļa mēslojuma un fungicīdu sinerģiju, palielinot graudu un vārpu skaitu, ko iegūst no 1m<sup>2</sup> (Koua et al., 2001).

Audzēšanas tehnoloģijas intensitātei ir būtiski lielāka nozīme ieņēmīgām šķirnēm nekā mazieņēmīgām (Loyce et al., 2008). Plašā pētījumā Francijā 18 vietās pētīta četru dažādas intensitātes audzēšanu tehnoloģiju (atšķirīga N mēslojuma norma, sējumu biežība, fungicīdu lietošanas intensitāte) ietekme uz graudu ražu un slimību izplatību šķirnēm ar dažādu ieņēmību pret slimībām. Pētījumu rezultāti parādīja, ka ļoti intensīvajā audzēšanas sistēmā (N mēslojumu lietots 3 reizes (40 kg ha<sup>-1</sup> 23. AE, 80 kg ha<sup>-1</sup> 31. AE un 40 kg ha<sup>-1</sup> 55. AE), augu augšanas regulators un fungicīdi (1–3 reizes atkarībā no pētījumu vietās)) šķirņu ražība būtiski neatšķīrās (9.85–10.15 t ha<sup>-1</sup>). Taču, samazinoties tehnoloģijas intensitātei, samazinājās graudu ražas visās trijās šķirņu grupās. Lielākie ražas zudumi bija ieņēmīgām šķirnēm (vidēji 3.30 t ha<sup>-1</sup>), vidēji ieņēmīgām – 2.60 t ha<sup>-1</sup>, bet mazieņēmīgām 2.40 t ha<sup>-1</sup> (Loyce et al., 2008). Līdzīgs rezultāts iegūts 2017. gadā veiktajā pētījumā Vācijā. Audzējot ziemas kviešus bez slāpekļa papildmēslojuma lietošanas, vidējā graudu raža bija 7.00 t ha<sup>-1</sup>. Slāpekļa normu dubultošana (no 60 uz 120 kg ha<sup>-1</sup>) palielināja graudu ražas no 8.80 t ha<sup>-1</sup> uz 9.30 t ha<sup>-1</sup>. Variantos bez fungicīdu lietošanas graudu raža samazinājās par 12% (Prey, Germetr, Schmidhalter, 2019). Pētījumos bieži konstatēta fungicīdu un N mēslojuma mijiedarbība. Gadā ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu (631 mm gadā), fungicīdu lietošanas ietekmē kopējā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība (AUDPC vienības) samazinājās, pieaugot slāpekļa mēslojuma papildmēslojumam, salīdzinot ar gadu, kurā bija samazināts nokrišņu daudzums (344 mm) (Castro et al., 2018).

Izvēlētā audzēšanas tehnoloģijas intensitāte ietekmē arī lapu slimību attīstību. Pētījumā Francijā (Loyce et al., 2008), audzējot mazieņēmīgas šķirnes zema ieguldījuma audzēšanas tehnoloģijā, kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe bija tāda pati kā ieņēmīgām

šķirņem ļoti intensīvajās tehnoloģijās. Arī brūnās rūsas izplatība bija atkarīga no audzēšanas tehnoloģijas intensitātes. Savukārt dzelteno rūsu konstatēja tikai abās ļoti intensīvajās sistēmās uz ieņēmīgajām šķirņēm. Fungicīdu lietošana slimību kontrolei bija daudz efektīvāka nekā sējumu biežības un slāpekļa devas samazināšana. Taču zemu ieguldījumu tehnoloģijās, kur nelieto fungicīdus, sējumu biežības un slāpekļa mēslojuma samazināšana var novērst slimību izplatību un ražas zudumus. Zemu ieguldījumu tehnoloģija ar mazieņēmīgām šķirņēm bija tikpat efektīva kā ļoti intensīvā sistēma ar ieņēmīgām šķirņēm.

Fungicīdu lietošana uzlabo slāpekļa izmantošanās efektivitāti. Variantos, kur lietoti fungicīdi, pēc ražas novākšanas augsnē konstatēti ievērojami mazāk minerālā slāpekļa daudzums nekā variantos bez fungicīdu lietošanas. Zinātnieki konstatēja, ka, lietojot fungicīdus, augi bija veselīgāki, ar spēcīgāku sakņu sistēmu, un spēja uzņemt vairāk slāpekli (Delin, Nyberg, Lindén, 2008; De Oliveira et al., 2021).

Fungicīdu ietekme dažādās augsnes apstrādes sistēmās atšķiras. Augstākās graudu ražas fungicīdu lietošanas ietekmē ieguva minimālajā augsnes apstrādē (Vrtílek et al., 2019). Fungicīdu lietošana sējumā, kur kvieši audzēti pēc kviešiem bezapvēršanas tehnoloģijā, palielināja graudu ražas par 1.2 t ha<sup>-1</sup> vidēji trīs gados neatkarīgi no fungicīdu lietošanas reižu skaita (Jørgensen, Olsen, 2007). Amerikā bezapvēršanas tehnoloģijā fungicīdu izslēgšana no audzēšanas tehnoloģijas radīja būtiskus ražas zudumus, lai gan abos izmēģinājuma gados bija zema brūnās un dzeltenās rūsas attīstības pakāpe. Zinātnieki skaidro, ka abas slimības attīstījās agrās kviešu attīstības fāzēs un samazināja graudu skaitu vārpā, kā arī veidojās mazāk sekundāro stiebru. Bezapvēršanas tehnoloģijā bez fungicīdu lietošanas intensīvajā tehnoloģijā graudu skaits 1m<sup>2</sup> samazinājās no 22900 uz 19500 gab. (starpība 2500 gab.), savukārt TGM fungicīdu lietošana ietekmēja (palielināja 1000 graudu masu par 4.0 g) tikai tradicionālajā augsnes apstrādes tehnoloģijā, bet šeit netika konstatētas būtiskas atšķirības dažādas intensitātes tehnoloģijās (Jaenisch et al., 2019).

#### 1.4.2. Plašāk lietoto darbīgo vielu raksturojums

Ziemas kviešu lapu slimību ierobežošanai plašāk izmanto darbīgās vielas no sterola biosintēzes inhibitoru (SBI), sukcinātu dehidrogenāzes inhibitoru (SDHI), kvinonu ārējo inhibitoru un plašas iedarbības spektra grupām.

**Sterola biosintēzes inhibitori (SBI)** ir plašāk izmantotā darbīgo vielu grupa, ko izmanto graudaugu slimību ierobežošanai (apmēram 2/3 daļa no visiem fungicīdiem). Slimību ierobežošanai lieto vairāk nekā 20 darbīgās vielas pārsvarā no triazolu, imidazolu, triazolintionu grupām, kuras tālāk tekstā apzīmētas ar vārdu azoli. Katrai no darbīgajām vielām ir specifisks izmantošanas veids: kodināšanai, vai lapu slimību ierobežošanai. Dažiem azoliem piemīt arī augu augšanas stimulēšanas īpašības (Jørgensen, Heick, 2021). Azoli bloķē 14- $\alpha$  demetilāzes sintēzi, līdz ar to kavē ergosterola biosintēzi šūnas membrānā. Ergosterols ir dominējošais sterols daudzu patogēnu šūnu membrānās, piemēram, kas pieder nodalījumiem – *Ascomycota*, *Basidiomycota*, bet ne organismiem, kas pieder *Oomycota* nodalījumam (Price et al., 2015). Kviešu sējumos azolus izmanto lapu slimību: dzeltenās un brūnās rūsas, graudzāļu miltrasas, kviešu lapu pelēkplankumainības un kviešu lapu dzeltenplankumainības ierobežošanai. Kā viens no pirmajiem azoliem 1970–o gadu beigās reģistrēts imazalils sēklas materiāla kodināšanai. Tajā pašā laikā tirgū parādījās arī darbīgās vielas triadimefons un propikonazols. Pakāpeniski slimību ierobežošanā sāka izmantot darbīgās vielas: tebukonazolu (1992), difenokonazolu (1994), epoksikonazolu (1994), bromukonazolu (2000) un no 2002. gada – protiokonazolu. Šīs darbīgās vielas izmanto slimību, kas saglabājas sēklās, kā arī lapu un vārpu slimību ierobežošanai. Kviešu pelēkplankumainības ierobežošanai 2020. gadā reģistrēta darbīgā viela mefentriplukonazols (Jørgensen, Heick, 2021). Plašā pētījumā 11 Eiropas valstīs konstatēts, ka, lietojot karoglapas parādīšanās laikā (37.–38. AE), azolu grupas darbīgās vielas: epoksikonazolu, protiokonazolu, tebukonazolu un metkonazolu samazinājās kviešu lapu

pelēkplankumainības izplatība par 52–65%, savukārt mefentriflukonazola lietošanas vidējā efektivitāte divās sezonās bija virs 80%. Lietojot maisījumu no darbīgajām vielām: mefentriflukonazola un protiokonazola, efektivitāte bija līdzīga. Laukos ar augstu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi, ražas pieaugums, lietojot darbīgo vielu mefentriflukonazols un maisījumu no mefentriflukonazola un protiokonazola, bija 1.20–1.54 t ha<sup>-1</sup>, bet, lietojot pārējās, pārbaudītās darbīgās vielas – 0.71–0.93 t ha<sup>-1</sup>. Savukārt dzeltenās un brūnās rūsas ierobežošanai tebukonazola un epoksikonazola efektivitāte bija 87% un 97%, un šīs darbīgās vielas bija efektīvākās pret minēto slimību ierosinātājiem (Jørgensen et al., 2020). Plašā pētījumā desmit Eiropas valstīs no 2015.–2018. gadam veikti 66 izmēģinājumi salīdzinot četrus azolu grupas produktus: epoksikonazolu, protiokonazolu, metkonazolu un tebukonazolu, lai noteiktu darbīgo vielu efektivitāti ziemas kviešu pelēkplankumainības ierobežošanā. Azolu grupas darbīgo vielu individuālā efektivitāte Eiropas valstīs būtiski atšķiras (epoksikonazola efektivitāte variēja no 9–95%, protiokonazola – 12–95%, metkonazola 0–87%, tebukonazola – 0–88%). Efektivitātei ir tendence ar gadiem samazināties virzienā no Rietumeiropas uz Austrumeiropu. Vidēji 30% izmēģinājumu pārbaudīto azolu grupas darbīgo vielu efektivitāte bija zem 50%, kas ir izteikti zemāka nekā citu grupu darbīgo vielu efektivitāte. Atsevišķos gadījumos Anglijā, Francijā un Vācijā azolu efektivitāte bija pat zem 30%. Tebukonazola efektivitāte četrus gadu laikā būtiski neatšķīrās un nesamazinājās. Atsevišķos izmēģinājumos Īrijā un Beļģijā tebukonazola efektivitāte bija visaugstākā. Darbīgo vielu efektivitāte vērtēta, nosakot vidējās efektīvās koncentrācijas (EC<sub>50</sub>) vērtības, kas par 50% ierobežo izvēlēto patogēnu izolātu sporu dīgšanu. Epoksikonazola EC<sub>50</sub> vērtības bija 0.05 – 1.40 mg kg<sup>-1</sup>, protiokonazola – 0.01–0.42 mg kg<sup>-1</sup>, metkonazola – 0.05–0.94 mg kg<sup>-1</sup>, tebukonazola 0.37–8.00 mg kg<sup>-1</sup>. EC<sub>50</sub> vērtības būtiski atšķīrās pa reģioniem. EC<sub>50</sub> vērtības šo gadu laikā pieauga trijiem azoļiem: epoksikonazolam, protiokonazolam un metkonazolam, līdz patogēniem samazinās jutība pret šīm darbīgajām vielām (Jørgensen et al., 2021).

**SDHI** jeb sukcinātu dehidrogenāzes inhibitori mitohondrijos. Pirmā šīs grupas darbīgā viela karboksīns reģistrēta 1966. gadā. Tas bija šauras iedarbības fungicīds, kuru izmantoja sēklas materiāla kodināšanai, lai ierobežotu kviešu cietās melnplaukas (ieros. *Tilletia caries*) izplatību. No 1971. līdz 1997. gadam reģistrētas darbīgās vielas: benodanils, fenfurams u.c., bet arī tām iedarbības spektrs bija ļoti šaurs. Pirmā darbīgā viela no šīs grupas ar patiešām plašu iedarbības spektru bija boskalīds, kuru reģistrēja 2003. gadā (Sierotzki, Scalliet, 2013). Pašlaik FRAC (Fungicīdu rezistences rīcības komitejas mājaslapā) ir iekļautas 20 darbīgās vielas no SDHI grupas, no kurām graudaugu slimību ierobežošanai lieto benzovindiflupiru, biksafēnu, boskalīdu, fluksapiroksādu, fluopiramu<sup>5</sup> u.c. (Dooley et al., 2016).

Daudzos pētījumos pierādās SDHI fungicīdu pozitīvā ietekme uz fizioloģiskajiem procesiem augā, kā rezultātā aizkavējas augu novecošana (Berdugo et al., 2012), pieaug fotosintēzes aktivitāte un ūdens izmantošanās efektivitāte. Pētījumā siltumnīcā sterilā vidē ar četrām darbīgajām vielām no dažādām ķīmiskajām grupām (biksafēns, protiokonazols, fluoksastrobīns, spiroksamīns) konstatēts, ka biksafēns aizkavēja vārpošanas sākumu par četrām dienām, zaļo lapu periodu pagarināja par septiņām dienām, vārpu novecošanu par piecām dienām, salīdzinot ar kontroles variantu. Biksafēns nodrošināja būtiski augstāku graudu ražu un 1000 graudu masu, salīdzinot ar citām pētījumā iekļautajām darbīgajām vielām (Berdugo et al., 2012). Citā izmēģinājumā zinātnieki konstatēja, ka fluksopiroksāda pievienošana epoksikonazola un piraklostrobīna maisījumam nodrošināja daudz efektīvāku kviešu lapu dzeltenplankumainības ierobežošanu, kā arī samazināja iespēju atkārtotai infekcijai veģetācijas laikā, salīdzinājumā ar epoksikonazola un piraklostrobīna maisījumu (Schierenbeck et al., 2019). Līdzīgu efektu novēroja arī ierobežojot brūno rūsu (Schierenbeck et al. 2016).

---

<sup>5</sup> Fungicide Resistance Action committee. *Recommendations for SDHI fungicides*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 2023. g. 16. maijā]. Pieejams: <https://www.frac.info/frac-teams/working-groups/sdhi-fungicides/recommendations-for-sdhi>

Iekļaujot SDHI grupas darbīgās vielas azolu un strobilurīnu maisījumā, J. Smits ar kolēģiem (Smith et al., 2013) ieguva ražas pieaugumu vidēji vienā dienā – 39.1 kg ha<sup>-1</sup>, savukārt lietojot azolu un strobilurīnu maisījumu – 35 kg ha<sup>-1</sup> un kontroles variantā – 20.4 kg ha<sup>-1</sup>.

Igaunijā veiktajā pētījumā no 2019. līdz 2020. gadam konstatēts, ka ziemas kviešu pelēkplankumainības ierobežošanai boskalīds ir mazāk efektīvs (2019. gadā – EC<sub>50</sub> = 0.67 mg kg<sup>-1</sup> un 2020. – EC<sub>50</sub>=0.57 mg kg<sup>-1</sup>) nekā fluksapiroksāds (2019. gadā – EC<sub>50</sub> = 0.0.1 mg kg<sup>-1</sup> un 2020. – EC<sub>50</sub>=0.13 mg kg<sup>-1</sup>). Lai gan fluksapiroksāda efektivitāte pa reģioniem atšķīrās, tomēr rādītājs mazāk variēja nekā boskalīdam (Kiiker et al., 2021).

Lai novērstu rezistences veidošanos, FRAC rekomendācijas lietošanai graudaugos: vienmēr lietot SDHI fungicīdus maisījumos, pārējām maisījumu sastāvdaļām jābūt ar apmierinošām mērķa slimības ierobežošanas spējām, lietojot tās vienas pašas, kā arī ar citu iedarbības veidu; lietot ne vairāk kā divas reizes veģetācijas sezonā; lietot SDHI fungicīdus profilaktiski vai pēc iespējas agrākās slimības attīstības fāzēs, nepaļauties vienīgi uz SDHI fungicīdu spējām; stingri aizliegts lietot samazinātas devas, palielinot lietošanas reižu skaitu; lietot fungicīdus atbilstoši ražotāju rekomendācijām (FRAC info<sup>6</sup>).

**Kvīnonu ārējie inhibitori** (praksē lieto terminu **strobilurīni**, kas turpmāk lietots arī tekstā) iedarbojas uz sēņu mitohondriju darbību: bloķē hinola oksidāciju citohromā b un kavē mitohondriālo elpošanu, kā rezultātā tiek kavēta nikotīnamīda adenīdinukleotīda (NAD) oksidācija un adenoīntrifosfāta (ATP) sintēze (Feng et al., 2020). Pirmo reizi strobilurīnu izdalīja 1976. gadā no sēnes *Strobilurus tenacellus* (Sauter, Steglich, Anke, 1999), bet pirmo patentu (darbīgā viela azoksistrobīns) reģistrēja 1996. gadā Vācijā. Turpmākajos gados radīja jaunas darbīgās vielas kā, piemēram, piraklostrobīns, fluoksastrobīns, kresoksīm-metils u.c. (Feng et al., 2020). Strobilurīniem piemīt zaļināšanas efekts, tie ilgāk saglabā lapu zaļo virsmu (Bankina et al., 2014), pagarina karoglapas dzīves ilgumu (Berdugo et al., 2012), aizkavē šūnu novecošanos, palielina ūdens daudzumu šūnās. Strobilurīni palielina ražu, it sevišķi pret slimībām ieņēmīgām šķirnēm un gados ar augstu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi (Ruske, Gooding, Jones, 2003). Tie ierobežo arī graudzāļu miltrasu un rūsas (Oerke, Beck, Dehne, 2001). Fungicīdi, kuru sastāvā ietilpst strobilurīni (piraklostrobīnu, pikoksistrobīnu un azoksistrobīnu) maisījumā ar propikonazolu, bija efektīvākie pret kviešu lapu dzeltenplankumainību (Jørgensen, Olsen, 2007). Strobilurīnu lietošanas rezultātā pieaug arī salmu raža. Salmu ražas pieaugums strobilurīnu lietošanas ietekmē variē atkarībā no gada meteoroloģiskajiem apstākļiem un īpaši no šķirnes, bet strobilurīnu lietošana neietekmē salmu garumu. Strobilurīnu lietošanas rezultātā var aizkavēties ražas novākšana (Jørgensen, Olesen, 2002). Strobilurīni palielina graudu izmēru (pieaug TGM un tilpumsvars), ja salīdzina ar azoliem (Ruske, Gooding, Jones, 2003).

**Plašas iedarbības spektra fungicīdu grupa (FRAC grupa M)**, piemēram, hlorotalonils un folpets. Šīs grupas fungicīdiem ir ļoti zems rezistences risks, līdz šim nav ziņots par lauka rezistences novērojumiem. Tos iesaka lietot maisījumos fungicīdu lietošanas shēmās, kurās paredzēta vairākkārtēja fungicīdu lietošana. Plašas iedarbības spektra fungicīdus iesaka lietot maisījumos ar fungicīdiem, kuriem ir vidējs līdz augsts rezistences veidošanās risks, piemēram, azoli, lai pagarinātu šo fungicīdu “mūžu”. M grupas fungicīdiem ir aizvien lielāka nozīme kviešu lapu pelēkplankumainības ierobežošanai<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Fungicide Resistance Action committee. *Recommendations for SDHI fungicides*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 2023. g. 16. maijā]. Pieejams: <https://www.frac.info/frac-teams/working-groups/sdhi-fungicides/recommendations-for-sdhi>

<sup>7</sup> Pesticide Resistance Action committee (FRAC). *Importance of multisite fungicides in managing pathogen resistance*. [Tiešsaiste]. [Skatīts 2023. g. 16. maijā]. Pieejams: [https://www.frac.info/docs/default-source/publications/statement-on-multisite-fungicides/frac-statement-on-multisite-fungicides-2018.pdf?sfvrsn=3c25489a\\_2](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/statement-on-multisite-fungicides/frac-statement-on-multisite-fungicides-2018.pdf?sfvrsn=3c25489a_2)

### 1.4.3. Fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte

Kviešu audzēšana Eiropā galvenokārt notiek, pielietojot intensīvās audzēšanas tehnoloģijas, kurās dominējošās lapu slimības ir kviešu lapu pelēkplankumainība un rūsas (dzeltenā un brūnā rūsā), savukārt vārpošanas fāzē plaši izplatīta vārpu fuzarioze (ieros. *Fusarium* spp.). Augstāks fungicīdu lietošanas līmenis būtiski samazina slimību attīstību, savukārt augstāks slimību līmenis saistās ar zemāku fungicīdu patēriņu, ieņēmīgiem kultūraugiem, augstākām temperatūrām ziemošanas laikā un zemākām ražām. Kopējā slimību izplatība un attīstība ir zemāka lietojot fungicīdus atbilstoši slimību attīstības pakāpei nekā lietojot maz vai audzējot kviešus bez fungicīdu lietošanas (Willoquet et al., 2021).

Ziemas kviešiem veic vienu līdz četriem fungicīdu smidzinājumiem atkarībā no slimības attīstības pakāpes, šķirnes ieņēmības un ražas potenciāla (Jørgensen, Heick, 2021; Willocquet et al., 2021). Fungicīdu lietošanas laiku pieņemts apzīmēt ar apzīmējumiem: T0, T1, T2 un T3.

**T0** jeb agro smidzinājumu fungicīdu lietošanas shēmās iekļauj gan Eiropas valstīs, kurās ir mitrs klimats un ļoti augsta kviešu lapu pelēkplankumainības izplatība un attīstības pakāpe (Lielbritānijā un Īrijā), gan kviešu audzētāji Amerikā. Šo smidzinājumu plāno, lai novērstu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību ziemas kviešu agrajos attīstības etapos (Creisner et al., 2018; Sylvester, Kleczewski, 2018). Smidzinājumu veic līdz cerošanas beigām (< 31. AE), bet starplaikam līdz nākošajam smidzinājumam plāno 2–3 nedēļas. Trīs gadu pētījumā Lielbritānijā konstatēts, ka, iekļaujot fungicīdu lietošanas shēmā šo smidzinājumu, kviešu lapu pelēkplankumainības izplatība bija ievērojami zemāka, salīdzinot ar smidzinājumiem, kuri veikti vēlākās augu attīstības fāzēs (T1 + T2) (Freer, Yoxall, Burnet, 2018).

**T1** – stiebrošanas sākums (32.–33. AE). Smidzinājumu veic, lai ierobežotu lapu plankumainības, graudzāļu miltrasu, dzelteni un brūno rūsū (Jalli et al., 2020).

**T2** – attīstījusies karoglapa (39. AE). Fungicīdu smidzinājumu veic, lai pagarinātu karoglapas mūžu. Smidzinājumu veic, lai ierobežotu lapu plankumainības, graudzāļu miltrasu, dzelteni un brūno rūsū. Smidzinājumam ir būtiska ietekme uz ražu. Pētījumos (Shankar et al., 2008) apstiprinās, ka lapu slimību attīstības pakāpe ir zemāka, ja smidzinājumu veic karoglapas parādīšanās laikā, salīdzinot ar smidzināšanu stiebrošanas vai vārpošanas laikā. Fungicīdu smidzināšana karoglapas fāzē (39. AE) būtiski samazināja arī vārpu fuzariozes attīstības pakāpi, kas norāda, ka šo slimību var veiksmīgi ierobežot karoglapas fāzē un var iztikt bez smidzinājuma ziedēšanas sākumā (Bhatta et al., 2018).

**T3** – smidzinājumu veic, lai uzlabotu ražas kvalitāti, piemēram, pret vārpu fuzariozi un kviešu plēkšņu plankumainību, bet nepieciešamības gadījumā arī pret rūsām un kviešu lapu dzeltenplankumainību (Kleczewski, Whaley, 2018; Jalli, 2020). Smidzinājums T3 pagarina karoglapas mūžu, kā rezultātā palielina 1000 graudu masu un graudu ražu (El Jarroudi et al., 2015). Smidzinājumu veic no vārpošanas beigām (59. AE) līdz ziedēšanas vidum (63.–65. AE). Konstatēts, ka fungicīdus smidzinot vārpošanas fāzes beigās (59. AE), karoglapas dzīves ilgums pagarinājās par sešām dienām, salīdzinot ar smidzinājumu stiebrošanas sākumā (31. AE) (Ruske, Gooding, Jones, 2003). Amerikā konstatēts, ka smidzinājums ziedēšanas sākumā efektīvi ierobežo kviešu plēkšņu plankumainības attīstību. Fungicīdi, kurus lietoja ziedēšanas sākumā, samazināja kopējo kviešu plēkšņu plankumainības attīstību par 91% salīdzinot ar kontroles variantu (smidzinot karoglapas plaukšanas laikā (AE 37–39) – par 58%). Šī vēlā smidzināšanas termiņa efektivitāti autori izskaidro ar to, ka reģionam raksturīgs vēss, mitrs laiks līdz karoglapas plaukšanai. Lai arī kviešu plēkšņu plankumainības ierosinātāja *Parastagonospora* spp. sporas atrodas uz lapām, taču meteoroloģiski apstākļi nav labvēlīgi to dīgšanai, līdz ar to slimības attīstība līdz vārpošanai ir minimāla (Sylvester, Kleczewski, 2018).

Fungicīdu lietošanas shēmu sastāda, ņemot vērā audzējamās šķirnes ieņēmību pret lapu slimībām. Smidzinājuma laiks (Shankar et al., 2020) ir mazāk svarīgs vidēji ieņēmīgām un mazieņēmīgām šķirnēm. Pētījumos konstatēts, ka ieņēmīgām šķirnēm nepieciešami divi smidzinājumi (34. AE un 47. AE), vidēji ieņēmīgām šķirnēm pietiek ar profilaktisku



smidzinājumu 34. AE, bet neieņemīgām šķirnēm – nav nepieciešams lietot fungicīdus (Willcoquet et al., 2021). Arī Austrālijā, dzeltenās rūsas ierobežošanas izmēģinājumos, fungicīdi divreizēja smidzināšana (32. AE un 39. AE) būtiski palielināja ražu tikai ieņemīgām šķirnēm (Devadas et al., 2014). Amerikā konstatēts, ka, neatkarīgi no šķirnes ieņemības pret lapu plankumainībām, fungicīdi bija efektīvi, ja slimības bija attīstījušās uz augšējām divām lapām (Willyeard et al., 2015).

Smidzinājumu skaitu nosaka arī augsnes apstrādes sistēma. Minimālās augsnes apstrādē, kur audzēja ieņemīgu šķirni, labākie rezultāti iegūti, veicot trīs fungicīdu smidzinājumus (T1, T2 un T3). Savukārt tradicionālajā augsnes apstrādes sistēmā ekonomiski izdevīgāk bija veikt divus smidzinājumus (T2 un T3) (Jørgensen, Olsen, 2007). Arī S. Anders un kolēģi (Andert et al., 2016) konstatēja, ka augsnes apstrāde ar aršanu ļauj samazināt TFI (fungicīdu lietošanas efektivitāte, kas atbilst pilnu fungicīdu devu skaitam sezonas laikā) (Jørgensen, 2008) par 0.1–0.6 vienībām salīdzinot ar bezapvēršanas tehnoloģiju.

Plaši izmantotas ir fungicīdu smidzināšanas shēmas **ar diviem smidzinājumiem**, kur biežāk pirmo smidzinājumu veic cerošanas beigās, bet otro – karoglapas parādīšanās līdz vārpošanas fāzes beigām. Dalītās fungicīdu lietošanas shēmas (cerošanas beigās un karoglapas parādīšanās) būtiski samazināja slimību attīstību salīdzinot ar vienreizēju smidzinājumu karoglapas vai vārpošanas laikā, kā arī būtiski pieauga graudu ražas un TGM (Ruske, Gooding, Jones, 2003; Willyeard et al., 2015). Sastopami pētījumi, kur augstākās graudu ražas nodrošināja fungicīdu smidzinājumi vēlākās kviešu attīstības fāzēs: 35.–40. AE (T2) un T3 (60.–65. AE) (Brinkman et al., 2014; Roth et al., 2020), it sevišķi pie augstām N mēslojuma normām. Pētījumā Amerikā dominēja kviešu lapu pelēkplankumainība, brūnā rūsa un graudzāļu miltrasa. Fungicīdu lietošanas shēmas, kurās iekļāva T3 (60.–65. AE), neatkarīgi no pārējo smidzinājumu skaita, palielināja TGM no 2.7 līdz 6.6%, salīdzinot ar kontroli, savukārt shēmās, kurās iekļāva T2 – no 3.2–5.7%. Iekļaujot fungicīdu lietošanas shēmā gan T2, gan T3, ieguva lielāku TGM nekā veicot smidzinājumu tikai T2 vai T3. Pētnieki norāda, ka fungicīdu lietošana T1 nenodrošina karoglapas un pirmās lapas aizsardzību, bet T3 – jau ir par vēlu graudzāļu miltrasas ierobežošanai.

Fungicīdu ietekme uz graudu ražu atkarīga no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Bieži vien iegūtais rezultāts, veicot divus smidzinājumus, būtiski neatšķiras no viena smidzinājuma. Dānijā divu smidzinājumu efektivitāte (31. AE un 51.–55. AE) būtiski neatšķīrās no smidzinājuma vārpošanas sākumā (51.–55. AE) (Jørgensen, Olesen, 2002). Arī Latvijā veiktajā pētījumā (Bankina et al., 2014) konstatēja, ka divu smidzinājumu (32.–33. AE un 55.–59. AE) efektivitāte būtiski neatšķīrās no viena smidzinājuma (55.–59. AE). Turpretim nokrišņiem bagātos gados, kad slimību attīstības pakāpe ir augstāka, efektīvākas ir fungicīdu lietošanas shēmas ar diviem smidzinājumiem: 8–10 dienas pēc lietus (31.–33. AE atkarībā no izmēģinājuma gada) un divas nedēļas pēc pirmā smidzinājuma (izplaukušas karoglapas fāzē) (Verikaitė et al., 2022).

Izvēloties veikt fungicīdu smidzinājumu **vienu reizi** sezonā, biežāk to veic izplaukušas karoglapas fāzē (39. AE), bet Lielbritānijā atsevišķos gadījumos smidzinājumu veic nedaudz ātrāk – starp 33.–37. AE (T1.5) (Freer, Yoxall, Burnet, 2018). Pētījumā Amerikā konstatēts, ka, veicot smidzinājumu cerošanas beigās, graudu raža būtiski neatšķīrās no kontroles varianta. Savukārt lietojot fungicīdus 37. AE, būtiski pieauga augu garums un graudu raža (Kleszewski, Whaley, 2018). Smidzināšana no vārpošanas sākuma līdz vidum (51.–55. AE) nodrošināja ražas pieaugumu par 79%, salīdzinot ar smidzinājumu 31. AE – tikai 21% (Jørgensen et al., 2000). Itālijā fungicīdu smidzināšana vārpošanas laikā būtiski paaugstināja gan graudu ražu (+8.6%), gan 1000 graudu masu (+5.1%) (Landorfi, Visioli, Blandino, 2021). Veicot smidzinājumu vienu reizi (49.–55. AE), Polijā iegūts kviešu ražas pieaugums 18–21% atkarībā no gada meteoroloģiskajiem apstākļiem. Gados ar zemu kviešu plēkšņu plankumainības izplatību, bet ar augstu citu lapu slimību (galvenokārt brūnās rūsas) izplatību uz lapām, ražas pieaugums fungicīdu lietošanas rezultātā bija ievērojami zemāks (14%) (Głazek, Krzyzińska, Maczyńska, 2012). Horvātijā, gados ar augstu slimību attīstības pakāpi, novēroja, ka, pieaugot

N mēslojuma normai, pieauga arī fungicīdu efektivitāte (fungicīdu smidzinājums 55. AE) – graudu ražas pieaugums 5.0% pie N mēslojuma normas 67 kg ha<sup>-1</sup>, bet 19% – pie N mēslojuma normas 197 kg ha<sup>-1</sup>. Gados ar zemu lapu slimību attīstības pakāpi, fungicīdi palielināja graudu ražas tikai ieņēmīgām šķirnēm (Varga et al., 2005).

#### 1.4.4. Lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas

Kaitīgo organismu monitorings un lēmuma pieņemšana par apstrāžu nepieciešamību ir būtiskas integrētas augu aizsardzības (IAA) sastāvdaļas, kas pamatojas uz zinātniski pamatotiem kaitīgo organismu savairošanās sliekšņiem.

Kaitīgo organismu savairošanās sliekšņi ir: brīdinājuma sliekšnis, kaitīguma ekonomiskais sliekšnis un ekonomiskais rīcības sliekšnis. Brīdinājumu par kaitīgo organismu iespējamās savairošanās sniedz konsultatīvie dienesti ([www.vad.gov.lv](http://www.vad.gov.lv)<sup>8</sup>). Pēc brīdinājuma zemniekiem jāpārbauda savi lauki un jāpārliecinās par situāciju konkrētā laukā. Kaitīguma ekonomiskais sliekšnis ir tāds kultūrauga bojājuma līmenis, pie kura kaitīgo organismu ierobežošanas izmaksas ir līdzvērtīgas zudumiem, ko rada kaitīgais organisms. Šis rādītājs vienam kultūraugam nav konstants lielums, tas variē atkarībā no audzēšanas vietas, vides apstākļiem, kā arī audzēšanā ieguldīto līdzekļu apjoma. Savukārt ekonomiskais rīcības sliekšnis ir kaitīgo organismu blīvums, pie kura jāizlemj par AAL lietošanu. Šo sliekšni parasti izsaka kā slimības intensitātes līmeni konkrētā kultūrauga attīstības fāzē (Verreet, Klink, Hoffmann, 2000; Turka, 2012).

Nozīmīgāko kviešu lapu slimību ekonomiskie rīcības sliekšņi dažādās valstīs būtiski atšķiras. Piemēram, Francijā un Nīderlandē kviešu lapu dzeltenplankumainības kaitīguma sliekšnis ir pirmie slimības simptomi uz augšējām lapām. Vācijā, fungicīdu lietošanu iesaka tikai laukos ar minimālo augsnes apstrādi, ja kviešus sēj pēc kviešiem un slimības simptomi laika posmā no 35. AE līdz 65. AE – konstatēti uz trijām augšējām lapām, 10 % apsekoto augu. Arī Dānijā un Zviedrijā smidzinājumu kviešu lapu dzeltenplankumainības ierobežošanai rekomendē tikai sējumos ar minimālo augsnes apstrādi un ja kvieši sēti pēc kviešiem. Kaitīguma sliekšnis slimības ieņēmīgām šķirnēm ir 75% augu ar slimības pazīmēm 31.–32. AE un 25% – 33.–60. AE. Apvienotajā Karalistē un Ungārijā kaitīguma sliekšnis nav noteikts (Jørgensen et al., 2014).

Būtisks rīks fungicīdu lietošanas optimizēšanai ir lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas, kas ļauj noteikt optimālo laiku fungicīdu lietošanai. Lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas graudaugu slimību ierobežošanai sāka veidoties jau pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados. Pašlaik Eiropas valstīs ir vairākas lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas, kuras piedāvā programmas konkrētu lapu slimību: kviešu lapu pelēkplankumainības, brūnās un dzeltenās rūsas ierobežošanai. Piemēram, lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmā „PROCULTURE” (Luksemburga) izveidoti modeļi kviešu lapu pelēkplankumainības, dzeltenās un brūnās rūsas, kā arī graudzāļu miltrasas attīstības prognozēšanai. Programmā izmanto ik stundas meteoroloģisko informāciju (maksimālo un minimālo gaisa temperatūru, relatīvo gaisa mitrumu un nokrišņu daudzumu) un lapu virsmas mitruma datus, kā arī lapu slimību izplatības un attīstības pakāpi (El Jarroudi et al., 2020). Piemēram, šajā sistēmā par kviešu lapu pelēkplankumainības attīstībai labvēlīgu laiku uzskata sekojošus apstākļus: divu stundu lietus periodā pirmajā stundā jābūt vismaz 0.1 mm nokrišņu (piknīdas uzbriest) un otrajā stundā vismaz 0.5 mm (konīdijas atbrīvojas no piknīdām un izplatās). Papildus tam, pēc lietus sešpadsmit stundas relatīvajam gaisa mitrumam jābūt virs 60% un gaisa temperatūrai vismaz 4 °C diennaktī. Savukārt dzeltenās rūsas attīstībai optimālie apstākļi: relatīvais gaisa mitrums pārsniedz 92%, nokrišņi līdz 1mm un temperatūra no +4 ° līdz +16°C vismaz 4 nepārtrauktas

<sup>8</sup> Valsts augu aizsardzības dienests. *Integrētā augu audzēšana un kaitīgo organismu monitorings*. [Tiešsaite]. [Skatīts 2023. g. 18. februārī]. Pieejams: <http://noverojumi.vaad.gov.lv/karte>

stundas maijā un jūnijā (El Jaroudi et al., 2017a). Brūnās rūsas attīstībai optimālie apstākļi ir sekojoši: 12 stundas pēc kārtas (vai divas nakts) ar gaisa temperatūru +8...+16 °C, relatīvo gaisa mitrums pārsniedz 60% (optimālais +12...+16 °C un pārsniedz 80%) un nokrišņi mazāk par 1 mm. Programma ņem vērā šķirnes ieņēmību pret brūno rūsu (El Jaroudi et al., 2014a).

Dānijas lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēma „PC-Plant Protection” izveidota 1993. gadā, laika gaitā veikti uzlabojumi un 2002. gadā tā ir izveidota tiešsaistes vidē (“Crop Protection Online”; turpmāk CPO). Sistēmā ir izveidoti modeļi graudzāļu miltrasas, rūsu, kviešu lapu pelēkplankumainības, kviešu lapu dzeltenplankumainības ierobežošanai. Sistēma balstās uz empīriskajiem datiem un iekļauj slimību attīstības kaitīguma sliekšņus un meteoapstākļus. Slimību prognozēšana atšķiras atkarībā no patogēna tipa, piemēram, ziemas kviešu pelēkplankumainības ierobežošanai inficēšanās pakāpe ir aizstāta ar dienu skaitu, kurās nokrišņu daudzums ir lielāks par 1 mm (Hagelskjæ, Jørgensen, 2003). Kaitīguma sliekšņi ir noteikti konkrētam kviešu attīstības etapam un šķirnes ieņēmībai. Kviešu lapu pelēkplankumainības ierobežošanai kaitīguma sliekšnis ieņēmīgām šķirnēm ir 4 dienas ar nokrišņu daudzumu  $\geq 1$  mm sākot no 32. AE, bet neieņēmīgām šķirnēm – 5 dienas sākot ar 37. AE (Henriksen, Jørgensen, Nielsen, 2000). Modeļi prognozē aizsardzības periodu pret ziemas kviešu pelēkplankumainību 10 dienas, pret graudzāļu miltrasu un rūsām – 14 dienas (Hagelskjæ, Jørgensen, 2003).

Literatūrā sastopami daudzu pētījumu rezultāti par lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmu efektivitāti, bet rezultāti ir pretrunīgi. Luksemburgā salīdzināta prognožu sistēmas rekomendācijas ar vairākām fungicīdu lietošanas shēmām. Viens smidzinājums, ko ieteica prognožu sistēma, nodrošināja augšējo trīs lapu aizsardzību tikpat efektīvi kā fungicīdu lietošanas shēmas ar diviem (31. AE un 59. AE) vai trijiem smidzinājumiem (31. AE, 37. AE un 59. AE) (El Jaroudi et al., 2014b). Piecu gadu rezultāti sešās Eiropas valstīs (2013.–2017.) apstiprina, ka vairumā gadījumu slimību intensitāte bija zemāka, ja fungicīdus lietoja pēc rekomendācijām vietējiem apstākļiem (viens smidzinājums Norvēģijā un Zviedrijā, divi – Beļģijā) salīdzinot ar zemāku lietošanas līmeni vai audzējot kviešus bez fungicīdu lietošanas (Willocquet et al., 2021).

Lēmuma atbalsta pieņemšanas sistēmas „PROCULTURE” ekonomiskās efektivitātes novērtējums rāda, ka slimības ierobežošana pēc sistēmas ieteikumiem nodrošināja būtisku ražas pieaugumu tikai gados ar augstu slimību attīstības pakāpi. Ražas pieaugums bija 4–42% atkarībā no vietas un gada meteoroloģiskajiem apstākļiem. Ekonomiskais ieguvums smidzinātajos laukos bija par 3–16% lielāks salīdzinot ar kontroles variantu bez smidzināšanas atkarībā no pētījumu vietas. Veģetācijas periodos, kad sausie laika apstākļi aizkavēja slimību attīstību, sistēma ieteica nelietot fungicīdus, rezultātā samazināja fungicīdu lietošanu un izmaksas (El Jaroudi et al., 2015).

Pētījumā divās vietās Latvijā (MPS “Pēterlauki” un “Vecauce”) no 2008. līdz 2012. gadam salīdzinātas četras fungicīdu lietošanas shēmas un divas lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas. Fungicīdu lietošanas shēmas ietvēra fungicīdus (triazoli un morfolīni) ar un bez strobilurīniem, kā arī dažādus smidzināšanas laikus (viens smidzinājums: 51.–55. AE vai divi: 32.–33. AE un 55.–59. AE). Pirmā lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēma rekomendēja smidzināt fungicīdus, ja, sākot ar stiebrošanu, četras dienas pēc kārtas, nokrišņu daudzums pārsniedz 1 mm vai redzami slimību simptomi uz trešās lapas. Savukārt otra sistēma rekomendēja smidzinājumu veikt vēlāk – septiņas lietainas dienas vai simptomi uz otrās lapas. Šajā pētījumā konstatēja, ka fungicīdu lietošana būtiski paaugstina graudu ražu, taču atšķirības starp ierobežošanas stratēģijām nebija būtiskas. Prognožu sistēmu rekomendācijas bija pretrunīgas, un būtu nepieciešami tālāki pētījumi. Zinātnieki ieguva sekojošu secinājumu: tā kā kviešu lapu dzeltenplankumainība pētījumu norises laikā periodiski dominēja, tad lietaino dienu skaits nav piemērots rādītājs Latvijā. Tā kā šī patogēna asku sporas izplatās ar vēju, tad izplatība tikai daļēji ir atkarīga no lietūs šļakatām. Precīzāks rādītājs ir slimības simptomi uz augšējām lapām (trešās un otrās lapas) (Bankina et al., 2014). Arī pētījumā Dānijā (Matzen et al., 2019)

konstatēja, ka netika novērotas būtiskas atšķirības ne starp ražu, ne 1000 graudu masu veicot fungicīdu smidzinājumu vienu vai divas reizes vai pēc lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas.

Meksikā salīdzinātas divas prognožu sistēmas, kuras atšķīrās pēc meteoroloģisko datu ievākšanas veida un parametru skaita. Prognožu sistēma, kurā apkopoti meteoroloģiskie dati no 88 mērījumu stacijas, prognozē, ka brūnās rūsas attīstība gaidāma, ja nakts temperatūra zemāka par +14.25 °C un saņemtās gaismas daudzums zemāks par 521.67 W m<sup>-2</sup>. Pētnieki konstatēja, ka precīzāk brūnās rūsas attīstību var prognozēt veicot paplašinātus aprēķinus pēc rasas punkta zem +13.7 °C un vidējās gaisa diennakts temperatūras zem +19.1 °C. Rasas punkts ir temperatūra, līdz kurai jātdziest gaisam, lai tajā esošais mitrums, kļūtu piesātināts un sāktos gaisa mitruma kondensācija (rasas izkrišana). Savukārt dzeltenās rūsas attīstība gaidāma, ja relatīvais gaisa mitrums zemāks par 88.7%, saņemtās gaismas daudzums mazāks par 597.39 W m<sup>-2</sup> un rasas punkts zem +16.09 °C. Arī dzeltenās rūsas attīstību var precīzāk prognozēt pēc rasas punkta zem +14.6 °C, nakts temperatūras zem +20.4 °C un maksimālās diennakts temperatūras zem +27.9 °C (Rodríguez-Moreno et al., 2020).

Dānijā 2015. gadā uzsākts divu jaunu lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmu salīdzinājums ar valstī esošo "Crop Protection Online". Pirmā sistēma "Leaf Moisture Model" (turpmāk Humidity) izveidota, balstoties uz datiem par relatīvo mitrumu un lapas virsmas mitrumu. Izstrādāts modelis, kas balstīts uz 20 stundu nepārtrauktu mitrumu, kur viena stunda tiek pielīdzināta relatīvajam mitrumam virs 85%, nokrišņi virs 2 mm vairāk nekā 30 min. vai lietus ilgāk par stundu. Modelī izmantoti ilggadīgie dati no 2003.–2013. gadam un reāllaika dati no 10 vietām Dānijā. Otrajā modelī "SeptoriaSim" simulē ziemas kviešu augšanu un attīstību, kā arī ražību gaismas, temperatūras un patogēna ietekmē. Sistēma "SeptoriaSim" sastāv no četriem moduļiem: 1. simulē ziemas kviešu augšanu atkarībā no saules starojuma, temperatūras un pieejamā slāpekļa daudzuma, 2. simulē *Z. tritici* attīstību uz lapām, kā arī sporu vertikālo kustību uz augšējām lapām, 3. laputu (*Aphidoidea*) modelis un 4. lēmuma atbalsta modulis (smidzinājumu skaits un laiks), kurā tiek aprēķināta neto raža. Sistēma prognozē patogēna attīstību, pamatojoties uz reālajiem apstākļiem, divu dienu prognozēm un ilggadīgiem meteodatiem par 11 gadiem (2003.–2013.). Visu trīs sistēmu prognozes atšķīrās gan pa gadiem, gan pa izmēģinājumu vietām. 2016. gadā SeptoriaSim, Humidity un CPO vidēji prognozēja 1.33, 1.00 un 0.67 smidzinājumus, bet 2017. gadā attiecīgi: 1.67, 2.33 un 2.33 smidzinājumus. Izmēģinājumos diemžēl pārbaudītās sistēmas nenodrošināja būtiski augstākas ražas salīdzinot ar standarta fungicīdu lietošanas shēmu (3 smidzinājumi). Taču tika samazināts smidzinājumu skaits līdz vienam 2016. gadā un diviem 2017. gadā. Tas nozīmē, ka lēmumu atbalsta sistēmas var izmantot, lai samazinātu smidzinājumu skaitu nezaudējot ražu. Vairumā izmēģinājumu raža bija nedaudz lielāka nekā standarta smidzināšanas shēmā. Zinātnieki vēl nevar pateikt, kura sistēma precīzāk nosaka smidzinājumu skaitu, jo 2016. gadā vismazāk smidzinājumu bija CPO, bet 2017. gadā – SeptoriaSim (The Danish Environmental Protection Agency).

Latvijā uzsākti pētījumi, lai atpazītu riska faktoros, kas provocē un veicina dažādas ziemas kviešu lapu un vārpu slimības. Projekta mērķis ir izstrādāt lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas interneta platformu, ar kuras palīdzību ziemas kviešu audzētāji varēs pieņemt lēmumus ziemas kviešu lapu un vārpu slimību ierobežošanai.

### Literatūras apskata kopsavilkums

Lapu slimības ir plaši izplatītas ziemas kviešu sējumos visā pasaulē un attīstībai labvēlīgos apstākļos var radīt būtiskus ražas zudumus. Nozīmīgākās kviešu lapu slimības ir kviešu lapu pelēkplankumainība (ieros. *Zymoseptoria tritici*), kviešu lapu dzeltenplankumainība (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*), kviešu plēkšņu plankumainība (ieros. *Parastagonospora nodorum*), brūnā rūsa (ieros. *Puccinia triticina*), dzeltenā rūsa (ieros. *Puccinia striiformis*) un miltrasa (ieros. *Blumeria graminis*). Bieži vien uz lapām novērojama kompleksa infekcija. Slimību izplatība dažādās valstīs, kā arī atsevišķu valstu reģionos atšķiras.

Lapu slimību izplatību ietekmē agrotehniski pasākumi: augu maiņa, augsnes apstrādes sistēma, šķirne un slāpekļa mēslojums. Augu atliekas ir galvenais pārziemošanas un sākotnējās infekcijas avots kviešu lapu dzeltenplankumainībai un kviešu plēkšņu plankumainībai. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība pieaug laukos ar minimālo augsnes apstrādi un atkārtotos kviešu sējumos. Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību vairāk ietekmē meteoroloģiskie apstākļi, nevis augsnes apstrādes veids. Savukārt obligāto parazītu izraisīto slimību: graudzāļu miltrasas un dzeltenās rūsas attīstību ietekmē šķirne un slāpekļa mēslojums.

Viens no pasākumiem lapu slimību ierobežošanai ir mazieņēmīgu šķirņu audzēšana. Lielākie ražas zudumi konstatēti tām šķirnēm, kuras ieņēmīgas pret vairākām slimībām. Pret slimībām mazieņēmīgu šķirņu audzēšana sevišķi svarīga īsu vai bezmaiņu sējumos bezapvēršanas tehnoloģijās, kur salmi saglabājas virspusē. Slāpekļa mēslojums netieši veicina lapu slimību attīstību: palielina auga garumu un veido biezāku zelmeni, radot slimību ierosinātājiem labvēlīgu mikroklimatu. Pētījumu rezultāti par slāpekļa papildmēslojuma ietekmi uz lapu slimību attīstību ir atšķirīgi.

Lapu slimību radītie ražas zudumi ir atkarīgi no kviešu attīstības fāzes, kad patogēni inficē augus. Lapu slimību izplatība dīgstu fāzē būtiski kavē kviešu augšanu un attīstību, stipras infekcijas gadījuma augi var pat aiziet bojā. Lapu slimības, attīstoties cerošanas fāzē, kavē sakņu attīstību un samazina stiebru veidošanos. Lapu slimību, it īpaši kviešu lapu pelēkplankumainības, radītie zudumi ir atkarīgi no slimības attīstības pakāpes uz karoglapas. Slimības izplatība vārpošanas un ziedēšanas fāzē var samazināt graudu skaitu un svaru vārpā. Lapu slimību ietekmi uz ražu un ražas komponentiem nosaka meteoroloģiskie apstākļi. Stresa apstākļos darbojas kompensācijas mehānisms: produktīvo stiebru samazināšanās tiek kompensēta ar vienas vārpas graudu masas un 1000 graudu masas pieaugumu.

Fungicīdu lietošanas mērķis ir novērst slimību attīstību un pēc iespējas ilgāk saglabāt auga zaļo lapu virsmu. Fungicīdu lietošana ir ekonomiski izdevīga slimību ieņēmīgām šķirnēm lapu slimību attīstībai labvēlīgos apstākļos. Ziemas kviešu lapu slimību ierobežošanai plašāk izmanto darbīgās vielas no sterola biosintēzes inhibitoru (SBI), sukcinātu dehidrogenāzes inhibitoru (SDHI), kvinonu ārējo inhibitoru un plašas iedarbības spektra grupām.

Ziemas kviešiem veic vienu līdz četriem fungicīdu smidzinājumiem atkarībā no slimības attīstības pakāpes, šķirnes ieņēmības un ražas potenciāla. Pētījumu rezultāti liecina, ka ierobežot slimības un iegūt ražas pieaugumu var ar dažādām fungicīdu lietošanas shēmām.

Būtisks rīks fungicīdu lietošanas optimizēšanai ir lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas. Tās ļauj noteikt optimālo laiku fungicīdu lietošanai, balstoties uz datiem par patogēnu attīstībai labvēlīgiem apstākļiem. Eiropas valstīs ir vairākas lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas, kuras piedāvā programmas konkrētu lapu slimību: kviešu lapu pelēkplankumainības, brūnās un dzeltenās rūsas ierobežošanai. Sistēmas balstās uz empīriskajiem datiem un iekļauj slimību attīstības kaitīguma sliekšņus un meteoapstākļus. Pētījumu rezultāti par lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmu efektivitāti ir pretrunīgi, un turpinās darbs pie esošo sistēmu uzlabošanas, kā arī jaunu lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmu veidošanas.

Pasaulē veikti plaši pētījumi par ziemas kviešu lapu slimību izplatību un ietekmi uz ražas veidošanos, kā arī ierobežošanu. Šie pētījumi veikti valstīs ar atšķirīgiem klimatiskajiem apstākļiem, līdz ar to pētījuma rezultātus nevar pilnībā attiecināt uz Latviju. Pēdējos gados Latvijā ir uzsākti pētījumi par postīgāko ziemas kviešu lapu slimību ierobežošanas iespējām, taču tie ir pretrunīgi un nepieciešams turpināt.

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

### 2.1. Lauka izmēģinājuma varianti

Ziemas kviešu lauka izmēģinājumi no 2017./2018. līdz 2020./2021. gadam iekārtoti pētījumu laukā Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Mācību un pētījumu saimniecībā "Pēterlauki" (56° 30.658' Z, E 23° 41.580' A).

Izmēģinājumā pētīti divi faktori: (F) fungicīdu lietošana (kopā pieci varianti: variants bez fungicīdu lietošanas un četras fungicīdu lietošanas shēmas) un slāpekļa (N) papildmēslojuma normas (četras normas). Izmēģinājumā kopā novērtēti 20 variantu, ko veido visu fungicīdu lietošanas (F0–F4) un N papildmēslojuma (N120–N210) variantu kombinācijas (5×4=20). Izmēģinājuma lauciņi izvietoti randomizēti četros atkārtojumos (izmēģinājuma shēma 1. pielik.), ražas uzskaites platība 20 m<sup>2</sup>.

**Fungicīdu lietošanas varianti.** Lauka izmēģinājumā salīdzinātas četras fungicīdu smidzināšanas shēmas ar dažādu fungicīdu lietošanas intensitāti (TFI) (2.1. tab.), kā arī iekļauts variants bez fungicīdu lietošanas (F0).

2.1. tabula

#### Fungicīdu lietošanas shēmas

Auga attīstības etaps	Fungicīda tirdzniecības nosaukums	Darbīgās vielas	Deva, L ha <sup>-1</sup>	Fungicīdu lietošanas intensitāte (TFI)
F0 – bez fungicīdu lietošanas				
–	–	–	–	–
F1 – puse no pilnas fungicīda devas				
55.–59.	Ascra Xpro	protiokonazols 130 g L <sup>-1</sup> biksafēns 65 g L <sup>-1</sup> fluopirams 65 g L <sup>-1</sup>	0.750	0.5
F2 – pilna fungicīda deva				
55.–59.	Ascra Xpro	protiokonazols 130 g L <sup>-1</sup> biksafēns 65 g L <sup>-1</sup> fluopirams 65 g L <sup>-1</sup>	1.500	1.0
F3 – pilna fungicīda deva (divi smidzinājumi)				
32.–33.	Input	protiokonazols 160 g L <sup>-1</sup> spiroksamīns 300 g L <sup>-1</sup>	0.625	1.0
55.–59.	Ascra Xpro	protiokonazols 130 g L <sup>-1</sup> biksafēns 65 g L <sup>-1</sup> fluopirams 65 g L <sup>-1</sup>	0.750	
F4 – divas pilnas fungicīda devas (trīs smidzinājumi)				
32.–33.	Input	protiokonazols 160 g L <sup>-1</sup> spiroksamīns 300 g L <sup>-1</sup>	0.625	2.0
55.–59.	Ascra Xpro	protiokonazols 130 g L <sup>-1</sup> biksafēns 65 g L <sup>-1</sup> fluopirams 65 g L <sup>-1</sup>	0.750	
63.–65.	Juventus 90	metkonazols 90 g L <sup>-1</sup>	1.000	

Pilna fungicīdu deva (100%) atbilst augstākajai reģistrētajai demetilāzes inhibitoru grupas darbīgās vielas protiokonazola devai uz hektāru (200 g ha<sup>-1</sup>). Pirmajā smidzinājumā protiokonazols (50% no pilnas devas jeb 100 g ha<sup>-1</sup>) lietots kopā ar sterolu biosintēzes inhibitoru (SBI) grupas darbīgo vielu spiroksamīnu (187.5 g ha<sup>-1</sup>), kas paredzēta graudzāļu miltrasas ierobežošanai. Otrajā smidzinājumā kopā ar protikonazolu (puse vai pilna deva atkarībā no

fungicīdu lietošanas shēmas) lietotas darbīgās vielas no sukcinātdehidrogenāzes bloķētāju mitohondrijos (SDHI) grupas: biksafēns un fluopirams (abas darbīgas vielas 48.75 g ha<sup>-1</sup> (F1) un 97.5 g ha<sup>-1</sup> (F2)). Trešajā smidzinājumā lietota grupas darbīgā viela metkonazols (90 g ha<sup>-1</sup>) vārpu fuzariozes (ieros. *Fusarium* spp.) ierobežošanai. Fungicīdu smidzināšanas laiki apkopoti 2. pielikumā.

**Slāpekļa papildmēslojuma varianti.** Lauka izmēģinājumā salīdzinātas četras slāpekļa papildmēslojuma normas (2.2. tab.), kuras sadalītas divās vai trīs devās atkarībā no kopējās slāpekļa normas. Pirmajā mēslošanas reizē (pēc veģetācijas atjaunošanās) un trešajā reizē (47.–51. AE) ziemas kviešu mēslošanai lietoja amonija nitrātu (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) ar 34% N saturu. Otrajā slāpekļa papildmēslojuma lietošanas reizē 31.–32. AE. lietoja amonija sulfātu ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, kur N21% un S 24%) 100 kg ha<sup>-1</sup>, nodrošinot kviešus ar sēru S – 28.8 kg ha<sup>-1</sup>. Trūkstošo slāpekļa daudzumu (pēc shēmas) nodrošināja ar amonija nitrātu. Slāpekļa mēslojuma izkliedes datumi apkopoti 2. pielikumā.

2.2. tabula

### Slāpekļa papildmēslojuma varianti

Varianta apzīmējums <sup>a</sup>	Slāpekļa papildmēslojuma lietošanas laiks un deva (N kg ha <sup>-1</sup> )		
	Atjaunojoties veģetācijai	31.–32. AE	47.–51. AE
N120	80	40	–
N150		70	–
N180			30
N210		80	50

<sup>a</sup> – N papildmēslojuma norma: N120 – 120 kg ha<sup>-1</sup>, N150 – 150 kg ha<sup>-1</sup>, N180 – 180 kg ha<sup>-1</sup>, N210 – 210 kg ha<sup>-1</sup>.

Izmēģinājumā audzēja ziemas kviešu šķirni ‘Skagen’, kas raksturojas ar labu ziemcietību un augstu ražību. Šķirne ir vidēji ieņēmīga pret visām postīgākajām lapu slimībām: kviešu lapu dzeltenplankumainību, kviešu lapu pelēkplankumainību, dzeltenu rūsu un graudzāļu miltrasu<sup>9</sup> Priekšaugus visus izmēģinājuma gadus bija ziemas kvieši, kā lapu slimību attīstību veicinošs fons.

### 2.2. Lauka izmēģinājuma apstākļi un pielietotā agrotehnika

Lauka izmēģinājumi 2017./2018. un 2019./2020. g. sezonās iekārtoti velēnglejotā augsnē (*Epiabruptic Endostagnic Endoprotocalcic Luvisol*<sup>10</sup>), bet 2018./2019. un 2020./2021. gada sezonā – velēnu karbonātaugsnē (*Cambic Calcisol*). Augsnes agroķīmiskie rādītāji apkopoti 2.3. tabulā. Augsne visās izmēģinājuma vietās bija piemērota ziemas kviešu audzēšanai.

Izmēģinājumu ierīkošanas un kopšanas darbu datumu kopsavilkums ieviets 2. pielikumā. Lauka izmēģinājumu ierīkošanai izmantoja tradicionālo augsnes apstrādi ar augsnes aršanu 22 cm dziļumā. Pēc augsnes uzaršanas tā nošķūkta, izkliedēts pamatmēslojums un augsne nokultivēta. Pamatmēslojuma normas aprēķinātas, lai iegūtu 8 t ha<sup>-1</sup> graudu ražu. Atkarībā no izmantotā mēslošanas līdzekļa augsnē pirms sējas iestrādāja 10–25 kg ha<sup>-1</sup> N, 33–66 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> un 52–66 K<sub>2</sub>O (2. pielik.).

<sup>9</sup> Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Öl- und Faserpflanzen leguminösen Rüben Zwischenfrüchte 2013. **In:** *Bundessortenamt*. [Tiešsaiste]. [Skatīts 2023. g. 04. apr.]. Pieejams [https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl\\_getreide\\_2013.pdf](https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl_getreide_2013.pdf)

<sup>10</sup> *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. **In:** FAO, World Soil Resources Reports No.106. [Tiešsaiste] [skatīts 2023. g. 16. maijā.]. Pieejams: <https://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>

### Augšnes agroķīmiskie rādītāji ziemas kviešu izmēģinājumu laukos

Rādītāji	2017./2018.	2018./2019.	2019./2020.	2020./2021.
Organiskās vielas saturs, g kg <sup>-1</sup>	42	29	40	31
pH <sub>KCl</sub>	7.0	6.4	7.0	6.7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg kg <sup>-1</sup>	138	118	167	122
K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>	208	262	244	181

Ziemas kviešu sējas laiku ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi, līdz ar to atšķīrās arī izsējas norma. Trijos izmēģinājuma gados izsējas norma bija 450 dīgstošas sēklas uz m<sup>2</sup> (2017., 2018. un 2020.), bet 2019. gadā izsējas normu palielināja līdz 500 dīgstošām sēklām uz 1 m<sup>2</sup>.

Ziemas kviešu augšanas regulēšanai izmēģinājumā lietoti augu augšanas regulatori: Stiebrošanas fāzes sākumālietoja Cycocel 750 (hlormekvāta hlorīds, 750 g L<sup>-1</sup>) 1.0 L ha<sup>-1</sup>, savukārt attīstītas karoglapas fāzē – Metax Top (kalcija proheksadions, 50 g L<sup>-1</sup>, mepikvāta hlorīds, 300 g L<sup>-1</sup>) 0.75 L ha<sup>-1</sup>. Reizē ar augu augšanas regulatoru (32.–34. AE un 37.–39. AE) izmēģinājumā lietoja arī ārpussakņu mēslojumu YaraVita Gramitrel 2.0 L ha<sup>-1</sup> (N 3.9%, MgO 15.2%, Cu 3%, Mn 9.1%, Zn 4.9%). Izņēmums bija 2019. gads, kad ārpussakņu mēslojumu lietoja tikai stiebrošanas fāzes sākumā (32.–34. AE).

Nezāļu ierobežošanu veica ziemas kviešu stiebrošanas fāzes sākumā. Nezāļu ierobežošanai 2018. gadā lietoja Granstar premia 50 SX (metil-tribenurons, 500 g kg<sup>-1</sup>) 22 g ha<sup>-1</sup> un Primus (florasulams, 50 g L<sup>-1</sup>) 0.1 L ha<sup>-1</sup>, 2019. gadā Biathlon 4D (tritosulfurons, 714 g kg<sup>-1</sup>, florasulams, 54 g kg<sup>-1</sup>) un virsmas aktīvā vielu Dash 0.5 L ha<sup>-1</sup>, 2020. gadā Quelex (florasulams, 100 g kg<sup>-1</sup>, metil-halauksifēns, 104.2 g kg<sup>-1</sup>) 0.04 kg ha<sup>-1</sup> un MCPA 750 (MCPA, 750 g L<sup>-1</sup>) 1.5 L ha<sup>-1</sup>, bet 2021. gadā – Sekator OD (amidossulfurons, 100 g L<sup>-1</sup>, nātrija metil-jodosulfurons, 25 g L<sup>-1</sup>) 0.15 L ha<sup>-1</sup>.

Atsevišķos gados izmēģinājumā lietoja insekticīdus laputu (*Sitobion avenae*) ierobežošanai: 2020. gadā lietoja Proteus OD (tiakloprīds, 100 g L<sup>-1</sup>, deltametrīns, 10 g L<sup>-1</sup>) 0.75 L ha<sup>-1</sup>, bet 2021. g. – Karate Zeon 5CS (lambda-cihalotrīns, 50 g L<sup>-1</sup>) 0.15 L ha<sup>-1</sup>.

Ziemas kvieši novākti 89.–90. AE.

### 2.3. Veiktie novērojumi un analīzes

Izmēģinājumā vērtēja **inficēšanos ar lapu slimībām**: kviešu lapu dzeltenplankumainību (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*), kviešu lapu pelēkplankumainību (ieros. *Zymoseptoria tritici*), brūno rūsū (ieros. *Puccinia recondita*) un graudzāļu miltrasu (ieros. *Blumeria graminis*). Lapu slimību attīstību vērtēja dabīgās infekcijas fonā piecas reizes veģetācijas laikā, vizuāli nosakot slimības attīstības pakāpi visā izmēģinājumu lauciņā katrā atkārtojumā. Slimības attīstības pakāpe parāda slimību bojāto lapas virsmu procentos no kopējās lapas virsmas, kur:

0% – nav redzamu slimības simptomu;

1% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 1% no kopējās lapas virsmas;

5% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 5% no kopējās lapas virsmas;

10% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 10% no kopējās lapas virsmas;

25% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 25% no kopējās lapas virsmas;

50% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 50% no kopējās lapas virsmas;

75% – slimību izraisītie bojājumi sasniedz 75% no kopējās lapas virsmas;

100% – lapa ir atmirusi.

Lapu slimības uzskaitīja 1. līdz 2. mezgla attīstības fāzē (31.–32. AE), karoglapas parādīšanās līdz attīstītas karoglapas fāzē (37.–39. AE), ziedēšanas fāzes vidū (63.–65. AE),



piengatavības fāzes sākumā (71.–73. AE) un piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE). Pirmajā uzskaites reizē vērtēja 50 augi lauciņā. Tālākās uzskaitēs vērtēja 50 lapas no katra lauciņa, proporcionāli ņemot karoglapas, pirmās un otrās lapas. Datumi, kad vērtēja ziemas kviešu inficēšanās ar lapu slimībām, apkopoti 2. pielikumā.

**Slimību attīstības raksturošanai** katrai slimībai atsevišķi aprēķināja laukumu zem slimības attīstības līknes – AUDPC (angļu valodā: *area under disease progress curve*) pēc 1. formulas (Simko, Piepho, 2012):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \times (t_{i+1} - t_i) \quad (1)$$

kur:

AUDPC – laukums zem slimības attīstības līknes;

$n$  – uzskaites reizes;

$y_i$  – slimības attīstības pakāpe (%)  $i$ -ajā uzskaites reizē;

$t_i$  – dienu skaits  $i$ -ajā uzskaites reizē.

**Lapu zaļās virsmas laukumu** noteica ziemas kviešu piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE). Lapu zaļās virsmas laukumu aprēķināja procentos, no lapu kopējās virsmas atņemot slimību bojāto lapu virsmu (hloroze, nekrotiskie plankumi) procentos.

**Fungicīdu lietošanas tehniskās efektivitātes** aprēķināšanai summēja kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vienības. Fungicīdu lietošanas tehnisko efektivitāti aprēķināja pēc 2. formulas:

$$T = \frac{(k-v) \times 100}{k} \quad (2)$$

kur:

$T$  – tehniskā efektivitāte

$k$  – kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības kopējā attīstība (AUDPC vienības) variantā, kur nav lietoti fungicīdi;

$v$  – kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības kopējā attīstība (AUDPC vienības) variantā, kur lietoti fungicīdi.

**Ražas struktūrelementu noteikšana.** Ziemas kviešu 87.–89. AE no katra lauciņa divās vietās ievāca paraugkūļus un noteica kviešu ražu veidojošos struktūrelementus. Paraugkūli ievāca no 0.1 m<sup>2</sup> platības, kopā katru gadu novērtēja 160 paraugkūļus. Paraugkūli izžāvēja un noteica šādus rādītājus:

- produktīvo stiebru skaits 1 m<sup>2</sup>;
- graudu skaits vārpā, gab. – paraugkūļa kopējo graudu skaitu, izdalot ar produktīvo stiebru skaitu;
- 1000 graudu masa (TGM) – noteica atbilstoši LVS EN ISO 520:2011 “Graudaugi un pākšaugi”. TGM noteica, izmantojot sēklu skaitītāju “Pfeuffer CONTADOR” un elektroniskos svarus ar precizitāti 0.01 g.
- vienas vārpas produktivitāte, g, ar precizitāti 0.01g – noteica paraugkūļa kopējo graudu masu, izdalot ar vārpu skaitu paraugkūlī.

2020. gadā izmēģinājumā konstatēja **veldri**<sup>11</sup> un izturību pret veldri novērtēja ballēs (9– 1), kur:

<sup>11</sup> *Augu šķirnes saimniecisko īpašību novērtēšanas noteikumi: MK noteikumi Nr. 518. Stājas spēkā 02.08.2012., ar grozījumiem. [Tiešsaiste] [Skatīts 2023. g. 03. apr.]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/250577-augu-skirnes-saimniecisko-ipasibu-novertesanas-noteikumi/>*

- 9 – veldres nav, stiebri atrodas vertikālā stāvoklī;  
 7 – veldre neliela, visi stiebri noliekušies slīpumā līdz 30° leņķī vai ¾ stiebru noliekušies slīpumā līdz 45°, vai ½ stiebru noliekušies slīpumā līdz 60°, vai ¼ stiebru noliekušies slīpumā līdz 90°;  
 5 – veldre vidēja, visi stiebri noliekušies slīpumā līdz 45° vai ¾ stiebru noliekušies slīpumā līdz 60%, vai ½ stiebru noliekušies slīpumā līdz 90°;  
 3 – veldre stipra, visi stiebri noliekušies līdz 60° vai ¾ stiebru noliekušies slīpumā līdz 90°;  
 1 – veldre ļoti stipra, visi stiebri noliekušies slīpumā līdz 90°.

**Ražību** noteica, nokuļot visus lauciņus katram variantam. Pēc nokulšanas graudu ražu nosvēra uz elektroniskajiem svariem ar precizitāti 0.01 kg. No katra atkārtojuma noņēma vidējo paraugu graudu mitruma un tīrības noteikšanai. Mitrumu noteica, izmantojot Infratec Analyzer 1241. Tīrību noteica atbilstoši standartam LVS-271:2000 ("Labība. Analīžu metodes. Piemaisījumu noteikšana labību graudos"). Kviešu graudu raža pārrēķināja t ha<sup>-1</sup> pie 100% tīrības un 14% mitruma.

**Augu slimības izraisītos ražas zudumus** aprēķināja kā starpību starp variantu bez fungicīdu lietošanas un variantiem, kur lietoja fungicīdus.

Lai atvieglotu iegūto rezultātu aprakstīšanu un uztveršanu, izmēģinājumu gadi ir apzīmēti šādi:

- 2017./2018. g. sezona – 2018. g.,
- 2018./2019. g. sezona – 2019. g.,
- 2019./2020. g. sezona – 2020. g.,
- 2020./2021. g. sezona – 2021. g.

## 2.4. Meteoroloģisko apstākļu raksturojums

Meteoroloģisko apstākļu raksturošanai izmantoti gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma mērījumi, kas salīdzināti ar ilggadīgajiem rādītājiem. Rādītājus reģistrēja ar pārvietojamo automātisko meteoroloģisko staciju Davis Wireless Vantage Pro2 Plus UV & Solar. Ilggadējie temperatūras un nokrišņu mērījumi iegūti no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra Jelgavas novērojumu stacijas.

Mitruma apstākļu novērtēšanai izmantots hidrotermiskais koeficients, kas raksturo nokrišņu daudzumu un iztvaikošanas attiecību noteiktā laika periodā. Hidrotermisko koeficientu aprēķina pēc 3. formulas:

$$HTK = \frac{\sum N \times 10}{\sum t_{>10}}, \quad (3)$$

kur:

- ∑ N – nokrišņu summa attiecīgajā periodā, mm;
- ∑ t<sub>>10</sub> – temperatūru summa virs +10 °C.

Iegūto hidrotermisko koeficientu raksturojums (Čirkovs, 1978; no Evarte-Bundere G., Evarts-Bunders P., 2012):

- HTK 0.4 līdz 0.7 – ļoti sauss,
- HTK 0.7 līdz 1.0 – sauss,
- HTK 1.0 līdz 2.0 – mitrums ir pietiekams,
- HTK > 2.0 – pārlietu mitrs.

Meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājumu gados ievērojami atšķīrās gan temperatūras, gan nokrišņu daudzuma ziņā, kas ietekmēja augu augšanas fāžu iestāšanos un ilgumu. Meteoroloģisko apstākļu analizē lielāks uzsvars likts uz ziemas kviešu lapu slimību attīstības periodu (32.–77. AE).

**Sējas gada rudens (septembris – novembris).** Kopumā rudens mēneši visos izmēģinājuma gados raksturojās ar paaugstinātu gaisa temperatūru (3. pielik.): atsevišķās dekādēs pat + 3.8 °C (2018. gada oktobra II. dekāde) līdz + 5.9 °C (2020. gada septembra III. dekāde) salīdzinot ar vidējiem ilggadējiem rādītājiem, taču atšķīrās nokrišņu daudzums (4. pielik.). 2017. gada rudens raksturojās ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu. Nokrišņiem bagātākās bija oktobra I. un III. dekādes, kad nolija attiecīgi 152.0% un 181.0% no ilggadējās normas. Turpretī 2018. un 2020. gadā rudens vērtējams kā sauss. 2018. gadā nokrišņiem bagātākā bija septembra III. dekāde (80.0 %), kas sakrita ar kviešu dīgšanas fāzi. Turpmākajā periodā līdz veģetācijas beigām, nokrišņu daudzums ievērojami samazinājās un novembra mēnesī to praktiski nebija. Savukārt 2020. gadā nokrišņiem bagātākā bija oktobra II. un III. dekāde. Piemērotākie apstākļi ziemas kviešu dīgšanai un attīstībai bija 2019. gadā, kad nokrišņu sadalījums bija vienmērīgs pa dekādēm.

Veģetācijas periods visos izmēģinājuma gados beidzās novembrī (23.11.2017., 21.11.2018., 01.11.2019., 13.11.2020.).

**Ziemošanas periods (decembris – veģetācijas atjaunošanās).** Ziemošanas apstākļi izmēģinājumu gados bija atšķirīgi. 2017./2018. ziemošanas periods raksturojās ar straujām temperatūras svārstībām. Īpaši krasas temperatūras izmaiņas bija vērojamas februāra III. dekādē, kad atsevišķās dienās vidējā gaisa temperatūra nokritās līdz –16.9 °C (25.02.2018.) un bija novērojams kailsals, kam sekoja atkusnis. Straujas temperatūras svārstības bija arī 2018./2019. gada ziemošanas periodā, taču temperatūras svārstības bija mērenākas, kā arī bija pietiekams daudzums nokrišņu sniega veidā. 2019./2020. gada ziemas mēneši bija ievērojami siltāki nekā ilggadējā norma. Praktiski visu ziemošanas laiku vidējā diennakts gaisa temperatūra bija virs 0 °C un atsevišķās dekādēs gaisa iesila līdz pat +8.7 °C (janvāra II. un III. dekāde, februāra II. dekāde). 2020./2021. gada decembra vidus silts (virš 0 °C grādiem), bet janvāra vidū gaisa temperatūra strauji kritās. Gaisa temperatūras bija zemākas, salīdzinot ar ilggadīgajiem datiem, attiecīgi: 2021. janvāra II. dekādē par – 3.9 °C, februāra I. dekādē par – 4.7 °C un II. dekāde 4.0 °C. Neskatoties uz atšķirīgajiem ziemošanas apstākļiem, ziemas kvieši pārziemoja labi. 2021. gada pavasarī sējumā konstatēja sniega pelējumu (ieros. *Microdochium nivale* un/vai *Typula* spp.).

**Veģetācijas atjaunošanās – Stiebrošanas sākums: 1. mezgs (31. AE).** Veģetācijas atjaunošanās pa gadiem atšķīrās apmēram mēneša laikā: 05.04.2018., 18.03.2019., 10.03.2020., 24.03.2021. Laika apstākļi periodā no veģetācijas atjaunošanās līdz stiebrošanas fāzei bija atšķirīgi, kas ietekmēja ziemas kviešu attīstību. 2018. gadā šis periods bija vēss, ar epizodiskiem nokrišņiem, kā rezultātā ziemas kvieši sāka stiebot (31. AE) 7. maijā. Arī 2019. gadā šajā periodā gaisa vidējā temperatūra bija līdzīga, taču nokrišņus novēroja tikai maija pirmajās dienās. 2020. gadā veģetācija atsākās ļoti agri un kvieši sāka stiebot jau 10. aprīlī. Turpretī 2021. gadā nokrišņu šajā periodā nebija, kā arī nedēļu (23.–28.04.2021.) vidējā gaisa temperatūra noslīdēja zem + 5°C. Ziemas kvieši sāka stiebot 6. maijā.

**Stiebrošanas sākums (31. AE) – attīstīta karoglapa (39. AE.)** Perioda ilgums izmēģinājuma gados ievērojami atšķīrās: 14–48 dienas (2.4. tab.).

Augu attīstībai nelabvēlīgātie laika apstākļi šajā periodā bija 2018. gadā (HTK 0.18). Lai gan vidējā gaisa temperatūra sasniedza +16.2 °C, tomēr nokrišņu daudzums bija tikai 4 mm. Uzskaites periodā reģistrēta viena diena, kad nokrišņu daudzums pārsniedza 2 mm. Nokrišņiem bagātāks uzskaites periods bija 2019. gadā, kad nolija 14 mm. Šajā gadā novēroja krasākas temperatūras svārstības, kā arī bija zemāka vidējā gaisa temperatūra. Periods ilga 19 dienas un vērtējams, kā ļoti sauss (HTK 0.55). 2020. gada vēsie un sausie apstākļi (HTK 0.88) palēnināja ziemas kviešu attīstību, periods ilga 48 dienas. Vidējā gaisa temperatūra šajā periodā ievērojami zemāka (+7.9°C) nekā pārējos izmēģinājuma gados. Lai gan nokrišņu daudzums sasniedza

34 mm, tie pārsvarā bija nelieli. Arī 2021. gadā šajā periodā vidējā gaisa temperatūra bija zema (+11.7 °C), tomēr perioda beigās tā sasniedza jau +14.6 °C (17.05.2021.), kas sakrita kopā ar divām nokrišņiem bagātām dienām (17.05.2021. – 4.4 mm, 18.05.2021. – 9.2 mm).

2.4. tabula

### Meteoroloģisko apstākļu raksturojums dažādos ziemas kviešu attīstības etapos

Attīstības etapi	Gads	Perioda ilgums, dienas	Vidējā gaisa temperatūra, °C	Nokrišņu daudzums, mm	Lietaino dienu skaits (>2mm)	Hidro-termiskais koeficients (HTK)
31.–39.	2018.	14	16.2	4.0	1	0.18
	2019.	19	13.3	14.0	1	0.55
	2020.	48	7.9	34.2	6	0.88
	2021.	15	11.7	14.2	2	0.81
39.–65.	2018.	15	17.6	2.0	0	0.08
	2019.	18	16.3	5.8	0	0.20
	2020.	22	16.9	81.4	3	2.19
	2021.	21	13.7	36.6	1	1.27
65.–73.	2018.	13	17.9	0	0	0.00
	2019.	9	20.5	1.6	0	0.09
	2020.	12	21.0	59.8	1	2.37
	2021.	19	20.0	14.0	2	0.37
73.–77.	2018.	8	15.8	14.0	3	1.11
	2019.	12	18.8	6.2	1	0.27
	2020.	7	16.7	2.4	0	0.21
	2021.	8	21.1	3.2	1	0.19

**Attīstīta karoglapa (39. AE.) – ziedēšanas vidus (65. AE).** Meteoroloģiskie apstākļi šajā periodā starp izmēģinājumu gadiem ievērojami atšķīrās (HTK 0.08–2.19). 2018. un 2019. gadā nokrišņu daudzums bija neliels, bet atšķīrās vidējā gaisa temperatūra. Augiem labvēlīgāki augšanas apstākļi bija 2019. gadā (HTK 0.20). 2020. gadā uzskaites periods ilga 22 dienas un raksturojās kā pārlietu mitrs (HTK 2.19). Šajā periodā nokrišņi lietusgāzu veidā (07.06.2020. – 32.5 mm, 08.06.2020. – 20.5 mm.) un ievērojamas vidējās gaisa temperatūras svārstības (piemēram, 03.06.2020 – +12.3 °C, 12.06.2020. – +20.5 °C). Augu attīstībai optimālāki apstākļi bija 2021. gadā (HTK 1.27).

**Ziedēšanas vidus (65. AE) – agrā piengatavība (73. AE).** Arī šajā periodā meteoroloģiskie apstākļi ievērojami atšķīrās. Trijos gados no četriem augi šajā periodā cieta no sausuma. Jāatzīmē 2018. gads, kad 13 dienu laikā netika reģistrēti nokrišņi (HTK 0). Līdzīga situācija veidojās 2019. gadā (HTK 0.09), kad reģistrēti tikai 1.6 mm. Taču šajā gadā bija ievērojami augstāka vidējā gaisa temperatūra (+20.5 °C), kā rezultātā augi sasteidza attīstību. Savukārt 2021. gadā uzskaites periodā nokrišņu daudzums bija lielāks (14 mm), lielākā daļa no tiem nolija divās dienās (12.06.2021. – 5.0 mm, 24.06.2021. – 8.8 mm). Pēc lietus turpmāk sekoja sausuma periods. Pretēji laika apstākļi šajā periodā bija 2020. gadā (HTK 2.37). Pēc stiprām lietusgāzēm 29. jūnijā (56 mm) izmēģinājumā konstatēja veldri, kas saglabājās līdz ražas novākšanai.

**Agrā piengatavība (73. AE) – vēlā piengatavība (77. AE).** Optimālākie apstākļi ziemas kviešu attīstībai piengatavības fāzes laikā bija 2018. gadā (HTK 1.11). Vidējā gaisa temperatūra gan bija zemāka nekā citos izmēģinājuma gados šajā periodā, taču vairākas dienas lija lietus. Pārējos trīs izmēģinājuma gados augi šajā laikā cieta no mitruma trūkuma (HTK 0.19–0.27 atkarībā no gada), taču atšķīrās mitruma režīms. Ja 2019. gadā nokrišņi bija epizodiski, bet

lielākā daudzumā (1.6–2.2 mm dienā), tad 2020. gadā katru dienu 0.2–0.6 mm uzturot sējumā rasu un veidojot labvēlīgu vidi augu slimību ierosinātāju attīstībai.

**Vēla piengatavība (77. AE) – pilngatavība (89.–90. AE).**

Graudu nogatavošanās laikā optimālākie apstākļi bija 2020. gadā, kad gaisa vidējā temperatūra nepārsniedza + 16.7 °C un periodiski bija nelieli nokrišņi. Turpretim 2021. gadā šajā periodā gaisa vidējā temperatūra sasniedza +22.9 °C, taču atsevišķās dienās pārsniedza +25.0 °. Nokrišņi šajā periodā praktiski nebija.

Vērtējot visus četrus izmēģinājuma gadu meteoroloģiskos rādītājus, var secināt, ka labvēlīgākais gads augstu ražu ieguvei bija 2020. gads.

## **2.5. Datu matemātiskā apstrāde**

Fungicīdu lietošanas, slāpekļa papildmēslojuma un gada ietekmes būtiskuma novērtēšanai uz ziemas kviešu lapu slimību attīstību, fungicīdu lietošanas tehnisko efektivitāti, graudu ražu un ražas struktūrelementiem izmantoja trīsfaktoru dispersijas analīzi. Tā kā gada ietekme bija būtiska, tad izmantota divfaktoru analīze katra gada datu analīzei. Starpības starp variantiem noteica ar Bonferroni testu pie 95% būtiskuma līmeņa ( $p < 0.05$ ).

Sakarības starp rādītājiem noteiktas, izmantojot Pīrsona korelācijas analīzi.

Datu matemātiskā apstrāde veikta brīvpieejas programmā “R”, versijā 4.0.2.

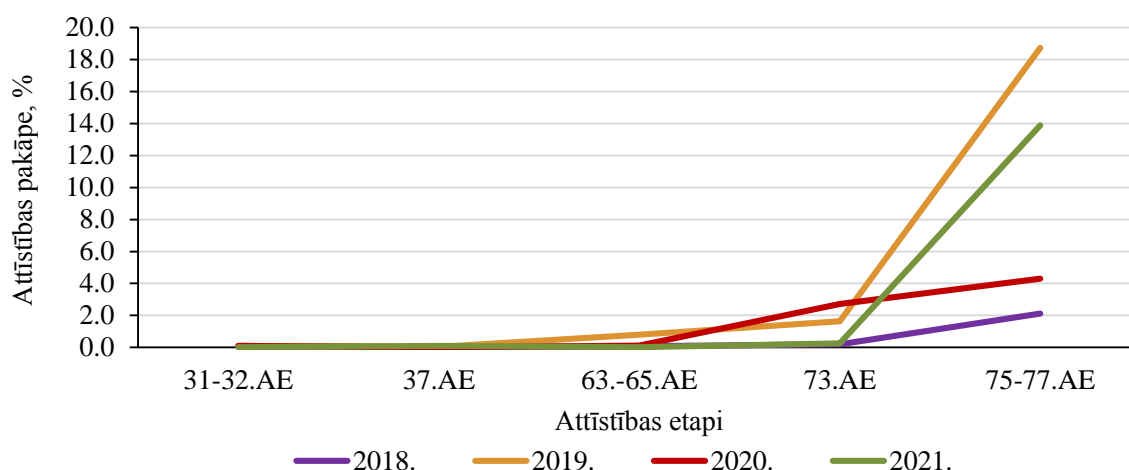
### 3. IZMĒĢINĀJUMU REZULTĀTI UN DISKUSIJA

#### 3.1. Lapu slimību attīstības izvērtējums

##### 3.1.1. Lapu slimību attīstība vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas

Ziemas kviešu sējumos konstatēta kviešu lapu dzeltenplankumainība (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*), kviešu lapu pelēkplankumainība (ieros. *Zymoseptoria tritici*), graudzāļu miltrasa (ieros. *Blumeria graminis*) un brūnā rūsa (ieros. *Puccinia recondita*). Kviešu lapu dzeltenplankumainība dominēja trijos izmēģinājumu gados: 2018., 2019. un 2021. gadā. Kviešu lapu pelēkplankumainība dominēja 2020. gadā, taču arī kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe šajā gadā bija salīdzinoši augsta.

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamika vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas.** Lai gan visos izmēģinājuma gados pirmās kviešu lapu dzeltenplankumainības pazīmes (vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas – 0.1%) uz augiem novēroja jau kviešu stiebrošanas fāzes sākumā (3.1. att.), strauja slimības attīstība, līdzīgi kā citos Latvijā iepriekš veiktajos pētījumos (Bankina et al. 2014; 2021) sākās piengatavības sākumā (5. pielik.). Būtiskākās atšķirības kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamikā redzamas piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE): slimības attīstības pakāpe vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas variēja robežās no 2.1% (2018.) līdz 18.7% (2019.) un izmēģinājumu gados būtiski atšķīrās ( $p < 0.001$ ).

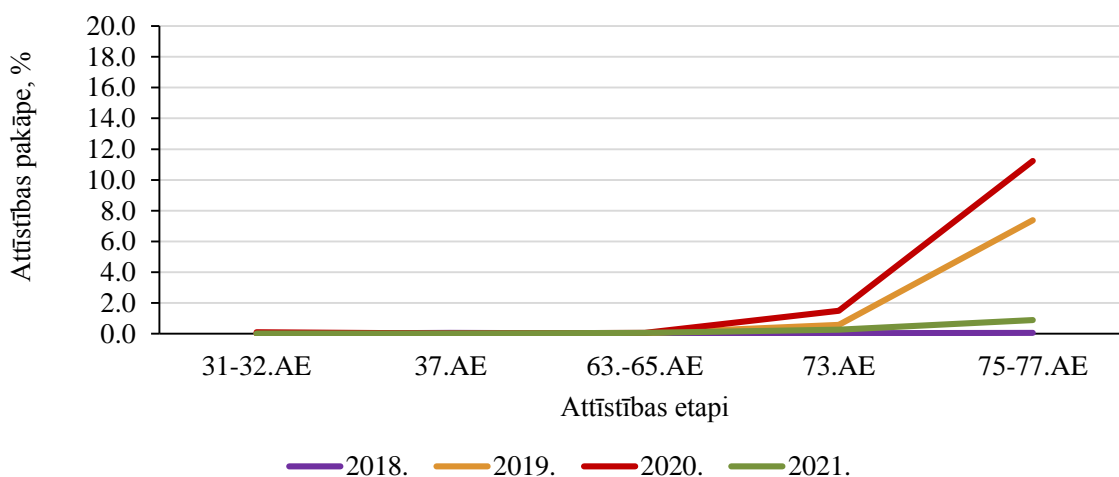


3.1. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamika vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g., %

Lai gan trijos no četriem izmēģinājuma gadiem veģetācijas periods kopumā raksturojams kā silts un sauss, piengatavības fāzes vidū kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība būtiski atšķīrās. Patogēna attīstību ietekmēja vidējā gaisa temperatūra. Optimālā temperatūra *P. tritici-repentis* konīdiju dīgšanai ir robežās no +20 līdz +28 °C, bet pie +10 °C konīdiju dīgšana ievērojami samazinās (Hosford, Larez, Hammond, 1987). 2018. gadā periods no ziedēšanas līdz piengatavības fāzes vidum bija vēss: vidējā gaisa temperatūra nepārsniedza +19.9 °C, dažās dienās pazeminājās līdz pat +12.4 °C, kas varēja aizkavēt patogēna attīstību. Turpretim 2019. gadā diennakts vidējā gaisa temperatūra šajā periodā bija ievērojami augstāka (+18.8 °C), vairākas dienas pārsniedza +20 °C. Šajā laikā bija arī nelieli nokrišņi, kas nodrošināja mitrumu konīdiju dīgšanai, kā rezultātā piengatavības fāzes vidū slimības attīstības pakāpe sasniedza 18.7% un bija augstākā izmēģinājumu gados. Savukārt 2021. gadā piengatavības laikā reģistrēta augstākā vidējā gaisa temperatūra izmēģinājumu laikā (+21.1 °C), taču bija neliels nokrišņu daudzums. Šādos apstākļos kviešu dzeltenplankumainības attīstība sasniedza 13.9%.

2020. gadā vairākās kviešu attīstības fāzēs bija palielināts nokrišņu daudzums, galvenokārt lietavu veidā: no pilnas karoglapas fāzes līdz ziedēšanas vidum HTK 2.19 (pārlietu mitrs), savukārt no ziedēšanas vidus līdz piengatavības sākumam HTK 2.37, tomēr kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe piengatavības fāzes vidū bija zema (4.3%). Tas ir negaidīts rezultāts, jo citos pētījumos konstatēts, ka pastiprināts nokrišņu daudzums veicina kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību (Fleitas et al., 2018, Scierenbeck et al., 2019). Slimības attīstības aizkavēšanos varēja ietekmēt samazinātais nokrišņu daudzums piengatavības fāzē (HTK 0.21). Vēl viens iemesls zemajai slimības attīstībai varētu būt konkurence starp kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības ierosinātājiem, attiecīgi starp – *P. tritici-repentis* un *Z. tritici*. Justesena un kolēģu veiktajā pētījumā četrās Eiropas valstīs: Dānijā, Norvēģijā, Vacijā un Lielbritānijā molekulārās analīzes apstiprināja, ka uz kviešu lapām bieži sastopama *P. tritici-repentis* un *Z. tritici* kompleksa infekcija, bet to, kura slimība dominēs, nosaka meteoroloģiskie apstākļi un audzēšanas tehnoloģijas (Justesen et al., 2021).

**Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības dinamika vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas.** Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība (3.2. att.) vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas izmēģinājumu gados būtiski atšķīrās ( $p < 0.001$ ). Līdzīgi kā kviešu lapu dzeltenplankumainībai, arī kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības dinamikā būtiskākās atšķirības redzamas piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE)



3.2. att. **Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības dinamika vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g., %**

Zemākā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe (6. pielik.) vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas konstatēta 2018. un 2021. gadā, attiecīgi 0.05% un 0.9% piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE). Lai gan 2021. gada veģetācijas periodā novēroja nokrišņu trūkumu un pirmās slimības pazīmes konstatētas tikai kviešu ziedēšanas fāzes vidū, tomēr piengatavības beigās slimības attīstības pakāpe bija salīdzinoši augsta un sasniedza 7.4%.

Nokrišņiem bagātākajā 2020. gadā kviešu lapu pelēkplankumainības pirmie simptomi uz augiem konstatēti jau stiebrošanas fāzes sākumā (1.0%). Šādi apstākļi veicināja kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību, jo šīs slimības attīstību veicina ilgstoši mitras lapas (El Jarroudi et al., 2009, Rodrigo et al., 2014; Bankina et al., 2018; Castro et al., 2018). Strauja kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība sākās piengatavības sākumā un sakrita ar lietusegāzēm (29.06.2020. – 56 mm). Piengatavības fāzes vidū kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe kontroles variantā sasniedza 11.4%.

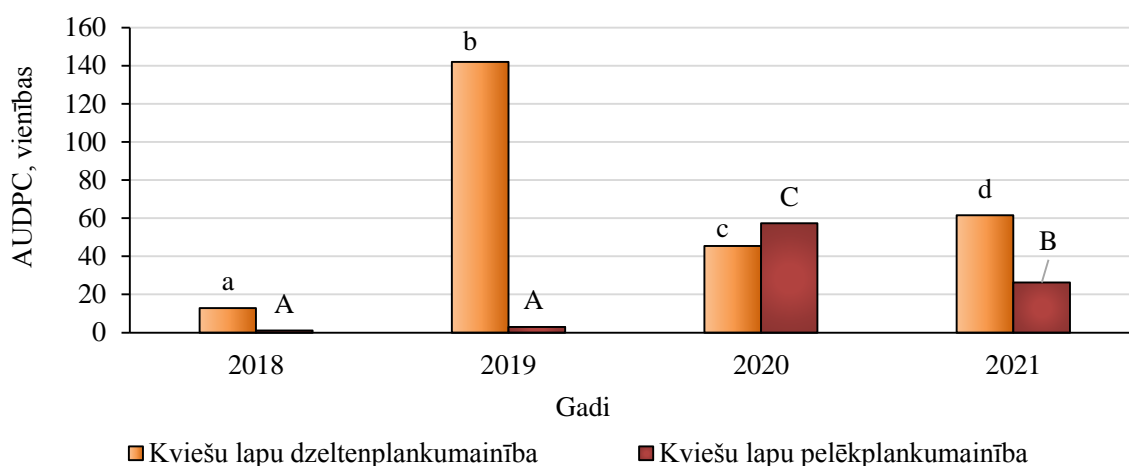
Kopumā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība bija mazāk nozīmīga nekā citās valstīs (Castro et al., 2016; Verikaitē et al., 2022).

**Graudzāļu miltrasas izplatība** vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas konstatēta 2018. un 2019. gadā (7. pielik.). Abos gados pirmie simptomi konstatēti izplaukušas karoglapas fāzē, taču graudzāļu miltrasas attīstība bija lēna un nepārsniedza 0.2% (2018.) un 0.5% (2019.). 2021. gadā graudzāļu miltrasa konstatēta tikai atsevišķos lauciņos.

**Brūnā rūsa** konstatēta tikai 2021. gadā (8. pielik.). Pirmās slimības pazīmes konstatētas kviešu vārpošanas beigās (58.–59. AE), piengatavības beigās šīs slimības attīstība kontroles variantā nepārsniedza 0.43%.

Tā kā graudzāļu miltrasas un brūnās rūsas izplatība bija neliela un periodiska, grūti izdarīt secinājumus, vai to attīstība varēja ietekmēt kviešu ražu. Turpmākajā darbā analizēta tieši lapu plankumainību (kviešu lapu dzeltenplankumainība un kviešu lapu pelēkplankumainība) attīstības ietekme uz kviešu ražu, kā arī minēto slimību ierobežošanas iespējas.

**Lapu plankumainību attīstība (AUDPC)** izmēģinājumu gados būtiski atšķīrās ( $p < 0.001$ ). Vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas augstākā kviešu lapu dzeltenplankumainības (3.3. att., 9. pielik.) attīstība novērota 2019. gadā, kad AUDPC vērtība kontroles variantā sasniedza 142 vienības, savukārt zemākā – 2018. gadā (13 vienības).



3.3. att. **Lapu plankumainību attīstība vidēji variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.– 2021. g., AUDPC vienības**

atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – kviešu lapu dzeltenplankumainība, lielie burti – kviešu lapu pelēkplankumainība

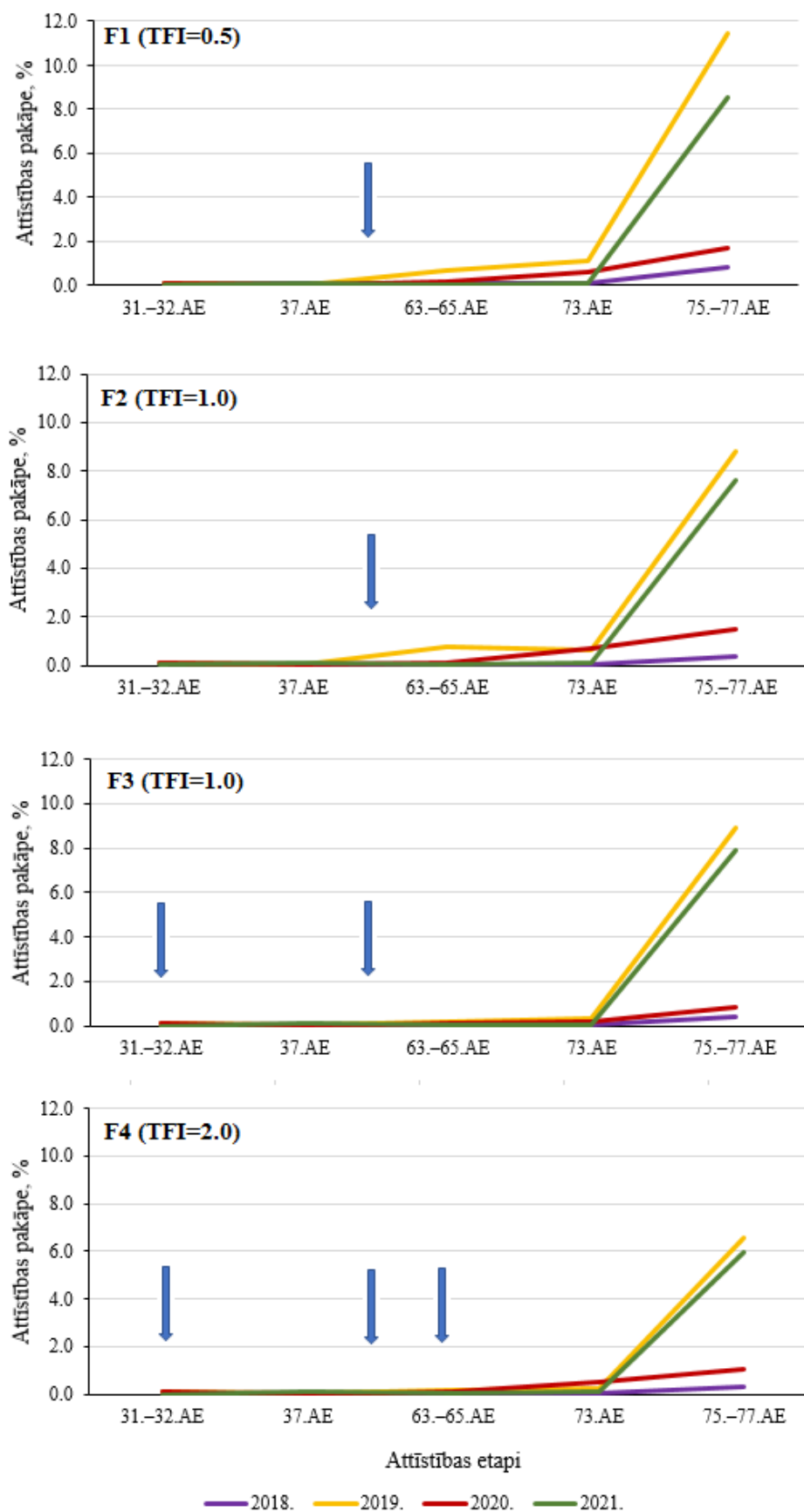
Augstākā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība bija 2020. gadā, kad AUDPC vērtība sasniedza 57 vienības ( $p < 0.001$ ). 2018. un 2019. gadā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība bija zema (attiecīgi 1 un 3 vienības) un abos izmēģinājuma gados būtiskas atšķirības nekonstatēja ( $p = 0.40$ ). Jāatzīmē, ka 2020. gada meteoroloģiskie apstākļi veģetācijas periodā veicināja abu lapu plankumainību attīstību un to attīstība bija līdzīga (attiecīgi:  $AUDPC_{dzeltenpl.} = 45$  vienības, bet  $AUDPC_{pelēkpl.} = 57$ ).

Promocijas darba rezultāti sakrīt ar citu zinātnieku pētījumu rezultātiem, ka kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vienības būtiski pieaug gados ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu (Bankina et al., 2018; Castro et al., 2018.; Schierenbeck et al. 2019; Verikaitė et al., 2022).

### 3.1.2. Fungicīdu ietekme uz kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību

Variantos, kur lietoja fungicīdus, visos izmēģinājuma gados pirmās kviešu lapu dzeltenplankumainības (5. piel.) pazīmes uz augiem novēroja jau kviešu stiebrošanas fāzes sākumā (3.4. att.), taču tālāko slimības attīstību ietekmēja fungicīdu lietošanas shēma.





**3.4. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības dinamika atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g., %**

F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); bultas norāda fungicīdu smidzināšanas laiku.

Sevišķi izteikti tas bija 2019. gadā, kad novērota augstākā slimības attīstības pakāpe izmēģinājumā. Lai gan karoglapas fāzē (37. AE)

Lai gan karoglapas fāzē (37. AE) visos variantos, kur lietoja fungicīdus, kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe bija no 0.2–0.3%, tomēr jau nākamajā uzskaitē (63.–65. AE) variantos F1 un F2, kur smidzinājumu veica vārpošanas fāzes vidū, slimības attīstības pakāpe bija būtiski augstāka (sasniegta attiecīgi 0.7 un 0.8%), kamēr variantos ar divreizēju (F3) un trīsreizēju smidzinājumu (F4) slimības attīstības pakāpe nepārsniedza 0.2%. Strauja kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība sākās piengatavības sākumā.

Pētījumos konstatēts, ka lapu plankumainību attīstības pakāpe, no ziedēšanas līdz piengatavības fāzei būtiski ietekmē kviešu graudu ražu (Bancal et al., 2007; Wegulo et al., 2009; Wiik, 2009; El Jarroudi, 2017b). Promocijas darba pētījumā visos gados strauja lapu plankumainību attīstība sakrīt ar šo kritisko periodu un piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE) var novērtēt fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāti lapu plankumainību ierobežošanā.

Vērtējot četru gadu vidējos rezultātus, fungicīdu lietošana (3.1. tab., 10. pielik.) būtiski samazināja kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi ( $p < 0.001$ ) kviešu piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE), bet lietoto fungicīdu shēmu efektivitāte izmēģinājumu gados (F×G mijiedarbība) būtiski atšķīrās ( $p < 0.001$ ).

3.1. tabula

**Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE 2018.–2021. g.**

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
N <sup>b</sup>	0.011	nb	nb	nb	0.011
G <sup>c</sup>	$p < 0.001$	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	$p < 0.001$	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
N×F×G	nb	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N – slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210; <sup>c</sup> G – gads: 2018., 2019., 2020., 2021.; x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Izmēģinājuma gados ar zemu kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi, slimības ierobežošanai pietika ar vienu smidzinājumu vārpošanas laikā. 2018. gadā vienreizējas fungicīdu smidzināšanas efektivitāte bija nepietiekama, ja lietoja pusi no pilnas fungicīdu devas (TFI=0.5), savukārt 2020. gadā fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte būtiski neatšķīrās. Iegūtie rezultāti sakrīt ar citu zinātnieku iegūto, ka gados, kad strauja kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība sākas tikai pēc ziedēšanas, vienreizējs smidzinājums būtiski samazina slimības attīstības pakāpi (Wegulo et al., 2009.; Wyczling, Lenc, Sadowski, 2010.; Bankina et al., 2014.).

Gados, kad ziemas kviešu dzeltenplankumainības attīstība bija būtiski augstāka, fungicīdu lietošanas efektivitāte pieauga variantos, kur bija augstāka fungicīdu lietošanas intensitāte. 2019. gadā vienreizējas fungicīdu smidzināšanas ar pusi no pilnas fungicīdu devas vārpošanas laikā efektivitāte (TFI=0.05) bija būtiski zemāka nekā lietojot pilnu fungicīda devu (TFI=1.0). Augstāka efektivitāte novērojama shēmās, kur fungicīdu deva bija dalīta divās (TFI=1.0) vai trīs (TFI=2.0) daļās. 2021. gadā, kad kviešu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe starp variantiem, kur smidzināja fungicīdus, variēja no 6.0 līdz 8.5%, jau vienreizējs

fungicīdu smidzinājums, kur lietoja pusi no pilnas fungicīda devas vārpošanas laikā (TFI=0.5), nodrošināja līdzīgu efektivitāti kā smidzinājums ar pilnu fungicīda devu (TFI=1.0) vai divreizējs smidzinājums (TFI=1.00). Fungicīdu lietošanas shēmai, kur fungicīda deva bija sadalīta trīs daļās (TFI=2.0), bija līdzīga efektivitāte kā fungicīdu lietošanas shēmai ar pilnu fungicīda devu vārpošanas laikā un shēmu, kur fungicīdu deva bija sadalīta divās daļās. Promocijas darbā iegūtie rezultāti sakrīt ar līdzīgu pētījumu rezultātiem, kad divreizēja fungicīdu smidzināšana ir efektīva gados, kad meteoroloģiskie apstākļi ir labvēlīgi kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstībai (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009.). Tomēr divreizēja fungicīdu smidzināšana (37. –39. AE un 55. –61. AE) atzīta kā ekonomiski izdevīgākā minimālās apstrādes sistēmā kviešu lapu dzeltenplankumainības ieņēmīgām šķirnēm (Jorgensen, Olsen, 2007) neatkarīgi no meteoroloģiskajiem apstākļiem.

Fungicīdu smidzināšana (3.2. tab., 11. pielik.) būtiski samazināja **kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību**, kuras raksturošanai aprēķinātas AUDPC vienības ( $p<0.001$ ), bet lietoto fungicīdu shēmu efektivitāte izmēģinājumu gados būtiski atšķīrās ( $p<0.001$ ). Promocijas darba rezultāti sakrīt ar citu zinātnieku pētījumu rezultātiem, ka fungicīdu lietošana samazina kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību, salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009; Willyeard et al., Fleitas et al., 2018; Schierenbeck et al., 2019.)

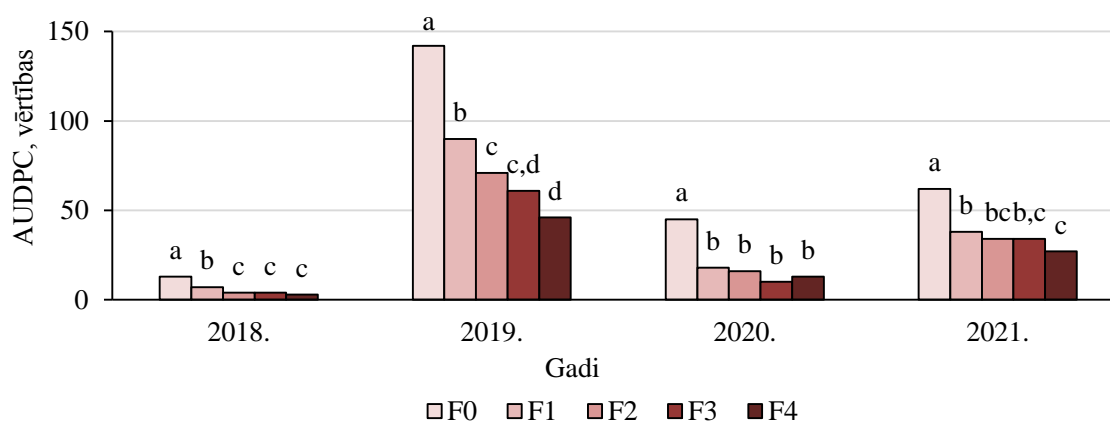
3.2. tabula

**Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību (AUDPC) 2018.–2021. g.**

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$
N <sup>b</sup>	0.027	nb	nb	nb	0.010
G <sup>c</sup>	$p<0.001$	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	$p<0.001$	x	x	x	x
N×G	0.037	x	x	x	x
N×F×G	nb	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N– slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210, <sup>c</sup> G– gads: 2018., 2019., 2020., 2021., x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p>0.05$ )

Zemākās kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtības (3.5. att.) variantos, kur lietoti fungicīdi, aprēķinātas 2018. gadā: 3–7 vienības un 2020. gadā: 10–18 vienības. Izmēģinājuma gados, kad iegūtas zemākās kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtībās, slimības ierobežošanai pietika ar vienu smidzinājumu vārpošanas laikā. 2018. gadā vienreizējas fungicīdu smidzināšanas efektivitāte nebija pietiekama, ja lietoja pusi no pilnas fungicīdu devas (F1).



### 3.5. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtības atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g.

F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības katrā izmēģinājumu gadā

2020. gadā visas fungicīdu lietošanas shēmas būtiski samazināja kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtības. Iegūtie rezultāti sakrīt ar citu zinātnieku iegūtajiem datiem, ka gados, kad strauja kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība sākas tikai pēc ziedēšanas, vienreizējs smidzinājums nodrošina pietiekamu efektivitāti (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009; Wyczling, Lenc, sadowski, 2010; Bankina et al. 2014).

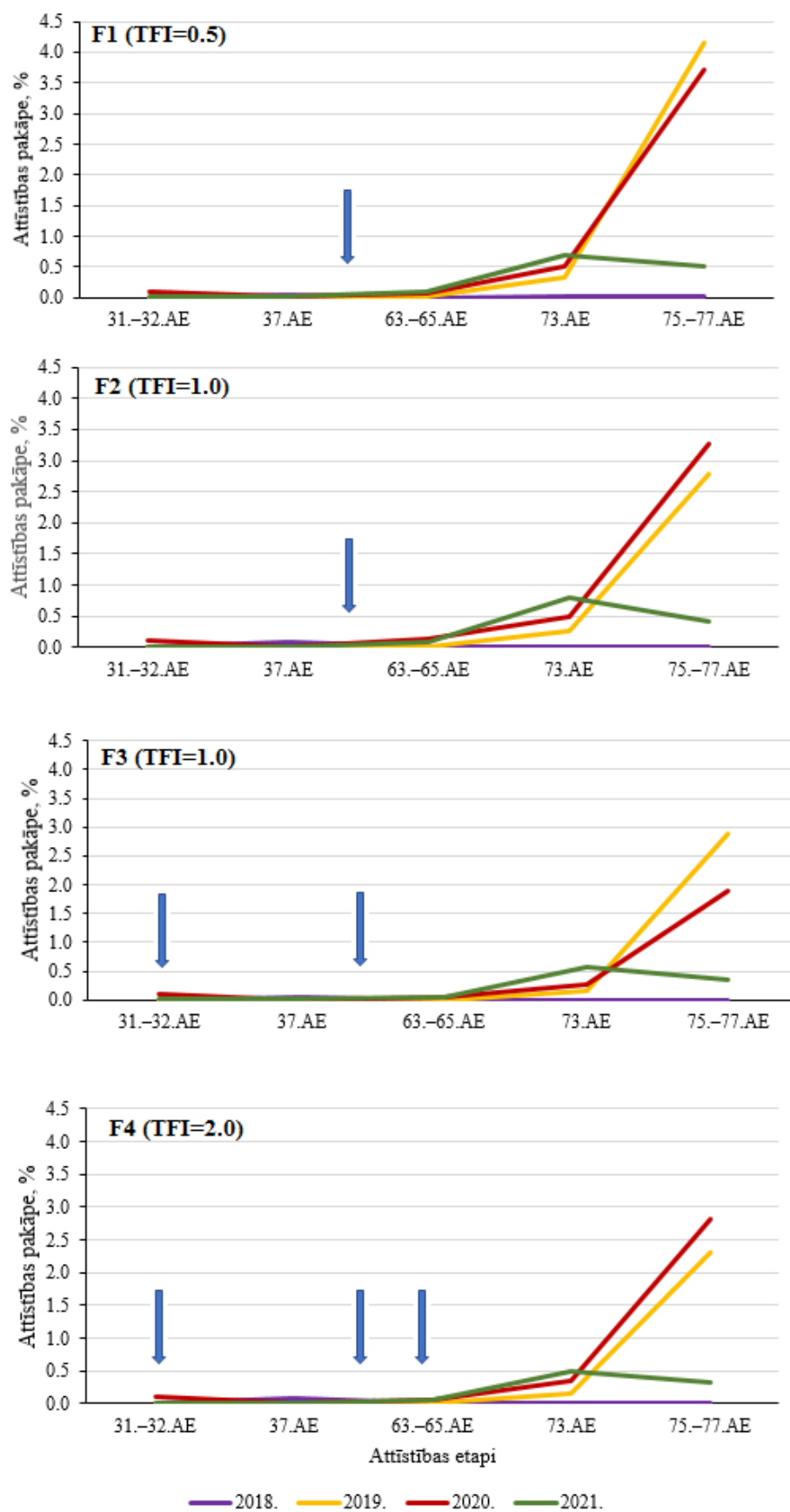
Gados, kad ziemas kviešu dzeltenplankumainības AUDPC vērtības bija būtiski augstākas, fungicīdu lietošanas efektivitāte pieauga variantos, kur bija augstāka fungicīdu lietošanas intensitāte. Augstākās AUDPC vērtības variantos, kur lietoja fungicīdus, aprēķinātas 2019. gadā: 46–90 vienības un 2021. gadā: 27–38 vienības. 2019. gadā vienreizējas fungicīdu smidzināšanas ar pusi no pilnas fungicīdu devas vārpošanas laikā efektivitāte (TFI=0.05) bija būtiski zemāka nekā lietojot pilnu fungicīda devu (TFI=1.0). Augstāka efektivitāte bija shēmām, kur fungicīdu deva bija dalīta divās (TFI=1.0) vai trīs (TFI=2.0) daļās. 2021. gadā jau vienreizējs fungicīdu smidzinājums, kur lietoja pusi no pilnas fungicīda devas vārpošanas laikā (TFI=0.5), nodrošināja līdzīgu efektivitāti kā smidzinājums ar pilnu fungicīda devu (TFI=1.0) vai divreizējs smidzinājums (TFI=1.0). Augstākā efektivitāte iegūta variantā, kur fungicīdu deva sadalīta trīs daļās (TFI=2.0).

Promocijas darbā iegūtie rezultāti sakrīt ar līdzīga pētījuma rezultātiem, kas veikts Amerikā, kuros divreizēja fungicīdu smidzināšana (31. AE. un 39. AE.) bija efektīvāka gados, kad meteoroloģiskie apstākļi bija labvēlīgi kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstībai (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009).

#### 3.1.3. Fungicīdu ietekme uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību

Kviešu lapu pelēkplankumainības (6. pielik.) pirmās pazīmes izmēģinājumu gados konstatētas atšķirīgās kviešu attīstības fāzēs: 2018. gadā – karoglapas plaukšanas laikā (37. AE), 2019. gadā – ziedēšanas fāzes vidū (63.–65. AE), bet 2020. un 2021. gadā jau stiebrošanas fāzes sākumā (31.–32. AE).

Nokrišņiem bagātākajā 2020. gadā jau stiebrošanas fāzes sākumā konstatēja salīdzinoši augstu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību (0.1% visos variantos) uz auga. Tālāko slimības attīstības dinamiku ietekmēja fungicīdu lietošanas shēma (3.6. att.). Nākamajā uzskaitē 37. AE, variantos, kuros iekļauts smidzinājums stiebrošanas fāzes sākumā (F3 un F4), kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe ir zemāka (0.01%) nekā variantos F1 un F2 (0.2%), kur fungicīdu paredzēts smidzināt tikai vārpošanas laikā.



3.6. att. Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības dinamika atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g., %

F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); bultas norāda fungicīdu smidzināšanas laiku.

Variantos F1 un F2 slimības attīstības pakāpe saglabājās augstāka visās uzskaitēs līdz piengatavības vidum (75.–77.AE). Piengatavības fāzes vidū kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe variantos, kur lietoti fungicīdi, variē no 1.9 (F3) līdz 2.7 (F1).

Lai gan 2019. gadā kviešu lapu pelēkplankumainības pirmās pazīmēs konstatētas tikai karoglapas fāzē, tomēr slimības tālākā attīstība variantos, kur lietoja fungicīdus, bija salīdzinoši strauja un piengatavības fāzes vidū variēja no 2.3 (F4) – 4.1% (F1).

Zemākā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība konstatēta 2018. un 2021. gadā, kad pēdējā uzskaitē piengatavības fāzes vidū slimības attīstības pakāpe visos variantos nepārsniedza 1% un nevar objektīvi novērtēt fungicīdu lietošanas efektivitāti.

Vidēji četros izmēģinājumu gados (3.3. tab.) kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE) būtiski ietekmēja fungicīdu lietošana ( $p<0.001$ ), bet lietoto fungicīdu shēmu efektivitāte izmēģinājumu gados ( $F \times G$  mijiedarbība) būtiski atšķīrās ( $p<0.001$ ).

3.3. tabula

**Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE 2018.–2021. g.**

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$	$p<0.001$	0.002
N <sup>b</sup>	nb	nb	nb	nb	nb
G <sup>c</sup>	$p<0.001$	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	$p<0.001$	x	x	x	x
N×G	ns	x	x	x	x
N×F×G	ns	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N – slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210; <sup>c</sup> G – gads: 2018., 2019., 2020., 2021.; x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p>0.05$ )

Lai gan fungicīdu lietošana būtiski samazināja kviešu lapu pelēkplankumainības (12. pielik.) attīstības pakāpi piengatavības fāzes vidū, tomēr atsevišķu fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte bija būtiska tikai 2020. un 2021. gadā ( $p<0.001$ ). 2020. gadā, kad konstatēta augstākā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe piengatavības fāzes vidū, lielāku efektivitāti nodrošināja fungicīdu lietošanas shēma, kur fungicīdu deva bija dalīta divās daļās (F3). Lai gan TFI starp pārējiem izmēģinājumā pārbaudītajiem variantiem variēja no 1.0 līdz 2.0, efektivitāte būtiski neatšķīrās. Vērtējot meteoapstākļus 2020. gada veģetācijas periodā, redzams, ka starp pirmo smidzinājumu 32. AE (05.05.2020.) un otro smidzinājumu 55.–59. AE (16.06.2020) intervāls ir 41 diena, kurā periodiski ir nokrišņi (tai skaitā, 8 dienas ar nokrišņu daudzumu  $>2\text{mm}$ ). Šajā gadā kviešu lapu pelēkplankumainība konstatēta jau stiebrošanas fāzes sākumā (0.1%) un redzams, ka pirmais smidzinājums 31. AE (05.05.2020.) ir ierobežojis patogēna attīstību, jo līdz otrajam smidzinājumam variantā F3 slimības attīstības pakāpe pieaug lēnām (nākošajā uzskaitē (37.–39. AE) – 0.1%). Promocijas darba rezultāti sakrīt ar Lietuvā veikto pētījumu rezultātiem, ka veģetācijas periodos, kad ilgstoši nokrišņi rada labvēlīgu vidi *Z. tritici* attīstībai, kviešu lapu pelēkplankumainību efektīvāk ierobežo fungicīdu lietošanas shēmas ar diviem smidzinājumiem, kas pieskaņoti nokrišņiem: 8–10 dienas pēc lietus (31.–33. AE atkarībā no izmēģinājuma gada) un divas nedēļas pēc pirmā smidzinājuma (izplaukušas karoglapas fāzē) (Verikaitē et al. 2022). Savukārt Spānijā pētījumā (Rodrigo et al., 2014) konstatēts, ka pat lietainos gados, viens smidzinājums vārpošanas sākumā (51. AE.) būtiski samazina kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi (85% salīdzinot ar kontroli

un fungicīdu smidzinājumu 25. AE). Šajā pētījumā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe piengatavības fāzē (12.8%) bija līdzīga kā promocijas darba pētījumā. Arī pētījumi Kanādā parādīja, ka viens smidzinājums 35.–40. AE vai 60.–65. AE. nodrošina pietiekamu efektivitāti (Brinkman et al., 2014).

Lai gan 2021. gadā iegūtas statistiski būtiskas atšķirības starp fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāti (vienreizējas fungicīdu smidzināšanas efektivitāte bija nepietiekama, ja lietoja pusi no fungicīda devas (TFI=0.5)), tomēr šajā gadā slimības attīstība nepārsniedz 1%, un nevar objektīvi novērtēt fungicīdu ietekmi.

Vidēji četros izmēģinājumu gados (3.4. tab., 13. pielikums) **kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību (AUDPC)** būtiski ietekmēja fungicīdu lietošana ( $p<0.001$ ), gada meteoroloģiskie apstākļi ( $p<0.001$ ), kā arī būtiska faktoru mijiedarbība  $F\times G$ .

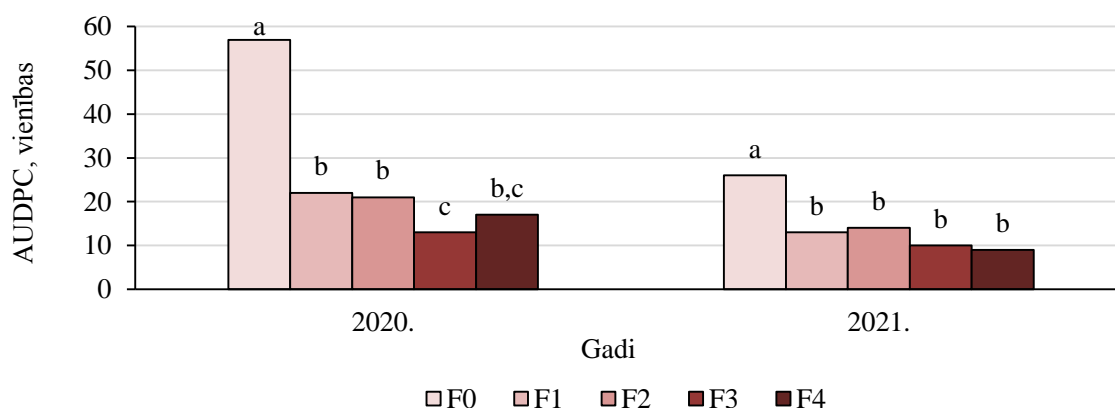
Zemākās kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vērtības (3.7. att.) iegūtas 2018. gadā (0.8–1.4 vienības). Šajā gadā fungicīdu ietekme uz kopējo slimības attīstību bija nebūtiska, kas izskaidrojams ar slimības attīstības zemo pakāpi (<1%).

3.4. tabula

**Faktoru ietekme (p-vērtība) uz kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību (AUDPC) 2018.–2021. g.**

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p<0.001$	nb	$p<0.001$	$p<0.001$	0.002
N <sup>b</sup>	nb	nb	nb	nb	nb
G <sup>c</sup>	$p<0.001$	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	$p<0.001$	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
N×F×G	nb	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N – slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210; <sup>c</sup> G – gads: 2018., 2019., 2020., 2021.; x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p>0.05$ )



**3.7. att. Kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vērtības atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2020. –2021. g.**

F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības katrā izmēģinājumu gadā, nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p>0.05$ )

Fungicīdu lietošana būtiski samazināja kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību (AUDPC) ( $p<0.001$ ) trijos gados no četriem (2019., 2020. un 2021.), tomēr atsevišķu fungicīdu

lietošanas shēmu efektivitāte bija būtiska tikai 2020. un 2021. gadā ( $p < 0.001$ ). 2020. gadā, kad kviešu lapu pelēkplankumainībai aprēķinātās AUDPC vienības smidzinātajos variantos variēja no 13–22 vienībām, augstāko efektivitāti nodrošināja fungicīdu lietošanas shēma, kur fungicīdu deva bija dalīta divās daļās. Lai gan TFI starp pārējiem izmēģinājumā pārbaudītajiem variantiem variēja no 1.0 līdz 2.0, efektivitāte būtiski neatšķīrās. 2021. gadā, vienreizējas fungicīdu smidzināšanas efektivitāte bija nepietiekama, ja lietoja pusi no fungicīda devas (TFI=0.5).

Promocijas darba rezultāti sakrīt ar pētījumiem Lietuvā, kur efektīvāk kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību samazināja fungicīdu smidzināšana 8–10 dienas pēc lietus (31.–33. AE atkarībā no izmēģinājuma gada) un divas nedēļas pēc pirmā smidzinājuma (izplaukušas karoglapas fāzē) (Verikaite et al. 2022).

### 3.1.4. Lapu zaļās virsmas laukums

Fotosintēzei graudu nobriešanas laikā ir būtiska nozīme. Fungicīdi stabilizē graudu ražu, galvenokārt samazinot lapu slimību attīstības pakāpi un saglabājot lapu zaļo virsmu graudu nobriešanas laikā (Matzen et al., 2019; Castro et al., 2018).

Lapu zaļās virsmas laukums piengatavības fāzes vidū (75.–77. AE) izmēģinājumu gados atšķīrās (3.5. tab., 14. pielik.). Fungicīdu lietošana (3.8. att.) būtiski palielināja lapu zaļās virsmas laukumu ( $p < 0.001$ ), tomēr fungicīdu lietošanas shēmu izvēle to neietekmēja. Pētījumā iegūta būtiska faktoru F×G un N×G mijiedarbība ( $p < 0.001$ ).

3.5. tabula

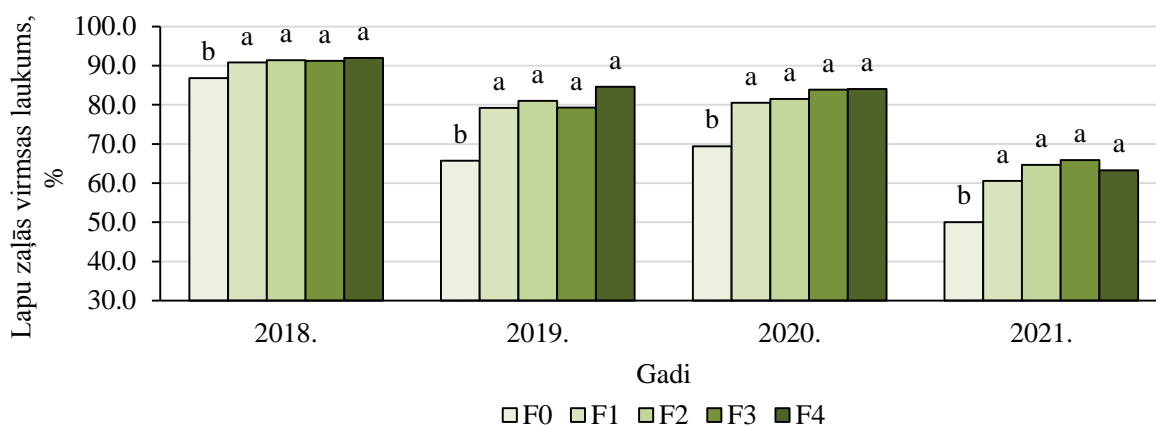
#### Faktoru ietekme (p-vērtība) uz lapu zaļās virsmas laukumu 75.–77. AE 2018.–2021. g.

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
N <sup>b</sup>	$p < 0.001$	nb	nb	nb	$p < 0.001$
G <sup>c</sup>	$p < 0.001$	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	$p < 0.001$	x	x	x	x
N×G	$p < 0.001$	x	x	x	x
N×F×G	nb	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N– slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210; <sup>c</sup> G– gads: 2018., 2019., 2020., 2021., x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Vērtējot vidējo lapu zaļās virsmas laukumu piengatavības vidū, veselākās lapas bija 2018. gadā (90.4 %). Šajā gadā bija arī mazākās atšķirības starp variantu bez fungicīdu lietošanas (86.8%) un variantiem, kur lietoja fungicīdus (90.8–92% atkarībā no varianta). 2019. un 2020. gadā lapu zaļās virsmas laukums 75.–77. AE bija būtiski mazāks (vidēji gados: 79.9 un 77.9%).





3.8. att. Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 75.–77. AE 2018.–2021. g., %

F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības katrā izmēģinājumu gadā

Mazākais zaļo lapu virsmas laukums konstatēts 2020. gadā, kad vidēji variantā bez fungicīdu lietošanas vesela bija vairs tikai 50.0% no lapas virsmas, bet variantos, kur lietoja fungicīdus, – 60.6–65.9% atkarībā no pielietotās fungicīdu shēmas.

Pētījuma rezultāti atbilst Argentīnā veikto pētījumu rezultātiem, ka lapas zaļās virsmas laukums samazinās, pieaugot kviešu lapu dzeltenplankumainības un pelēkplankumainības attīstības pakāpei (Castro, Simón, 2016), taču fungicīdu lietošana to būtiski palielina (Wyczling, Lenc, Sadowski, 2010) un pagarina augšējo lapu dzīves ilgumu (Castro et al., 2018).

### 3.1.5. Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte

Fungicīdu lietošanas efektivitātes novērtēšanai aprēķināta fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte, izmantojot kopējo lapu plankumainību AUDC vērtības. Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte parāda slimību ierobežošanas pakāpi augu aizsardzības līdzekļu lietošanas rezultātā.

Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte (3.6. tab., 15. pielik.) izmēģinājumu gados atšķīrās ( $p < 0.001$ ) un tā bija atkarīga no fungicīdu lietošanas shēmas ( $p < 0.001$ ).

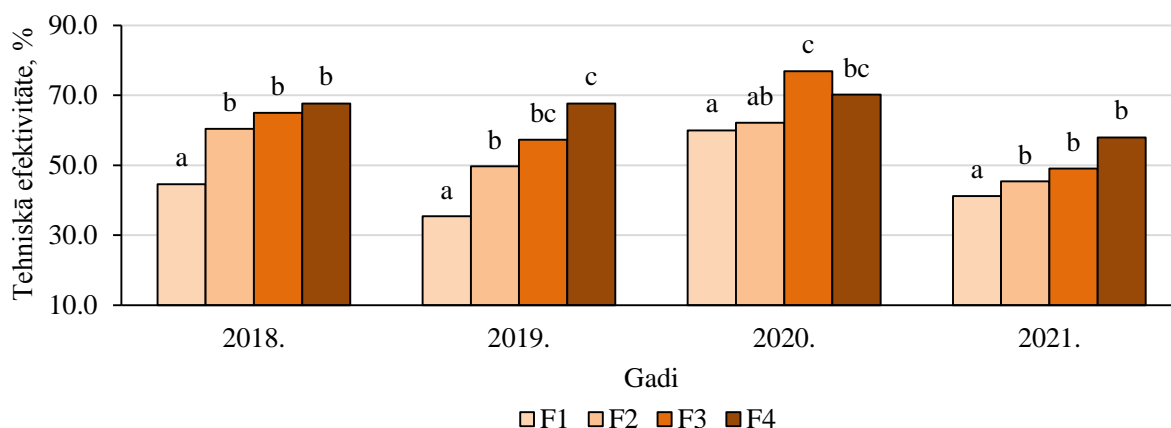
3.6. tabula

Faktoru ietekme (p-vērtība) uz fungicīdu lietošanas tehnisko efektivitāti 2018.–2021. g.

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.001$
N <sup>b</sup>	nb	0.030	nb	nb	0.001
G <sup>c</sup>	$p < 0.001$	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	$p < 0.001$	x	x	x	x
N×G	$p < 0.001$	x	x	x	x
N×F×G	nb	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N – slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210; <sup>c</sup> G – gads: 2018., 2019., 2020., 2021.; x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Slāpekļa papildmēslojuma norma tehnisko efektivitāti būtiski ietekmēja tikai divos (2018., 2021.) izmēģinājuma gados no četriem. Promocijas darba pētījumā iegūta būtiska faktoru F×G un N×G mijiedarbība ( $p < 0.001$ ).



3.9. att. **Fungicīdu lietošanas tehniskās efektivitāte atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas 2018.–2021. g., %**

F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0), atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības katrā izmēģinājumu gadā

Visos izmēģinājumu gados būtiski zemāka fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte (3.9. att.) iegūta variantā F1 (TFI=0.5), kur lietoja pusi no pilnas fungicīdu devas vārpošanas laikā (55.–57. AE). Gados ar zemu lapu slimību attīstības pakāpi (2018., 2021.), palielinot fungicīdu lietošanas intensitāti (TFI=1.0 vai 2.0), iegūta līdzīga tehniskā efektivitāte.

Savukārt gados, kad meteoapstākļi labvēlīgāki lapu slimību attīstībai, pieaugot fungicīdu lietošanas shēmu intensitātei, pieaug arī tehniskā efektivitāte. 2019. gadā atšķirības starp tehniskās efektivitātes vērtībām variēja visvairāk: no 35.4% (F1) līdz 67.7% (F4). Šajā gadā augstāku tehnisko efektivitāti ieguva variantā F4, kur fungicīdus smidzināja trīs reizēs. Taču rezultāts statistiski būtiski neatšķīrās no varianta F3. Savukārt 2020. gadā, kad tehniskā efektivitāte variē no 60.0% (F1) līdz 76.2% (F3), augstākā tehniskā efektivitāte iegūta variantā F3, kur fungicīdi lietoti divas reizes, taču statistiski neatšķīras no varianta F4, kur fungicīdi lietoti trīs reizes.

### 3.2. Slāpekļa papildmēslojuma normu ietekme uz kviešu lapu slimību attīstību

Lielākas slāpekļa papildmēslojuma normas varētu veicināt lielākas lapu virsmas veidošanos, tā radot labvēlīgākus apstākļus lapu slimību attīstībai (Olesen et al, 2003, Simón et al., 2003; Jensen, Jørgensen, 2016).

**Lapu plankumainību attīstības pakāpe variantos bez fungicīdu lietošanas atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas.** Variantos bez fungicīdu lietošanas N papildmēslojuma norma neietekmēja kviešu lapu dzeltenplankumainības ( $p > 0.05$ ) un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi ( $p > 0.05$ ) piengatavības fāzes vidū (16. pielik.).

Pētījumos konstatēts, ka, palielinot N papildmēslojuma normas, kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe samazinās (Krupinsky et al., 2007; Simón et al., 2011; Schierenbeck et al. 2019, Carretero, Bancal, Miralles, 2009). Zinātnieki skaidro ar to, ka, palielinoties N papildmēslojuma normām, veidojas spēcīgāki dzinumi un lapas, pagarinās zaļo lapu ilgums, kā rezultātā augi var vairāk pretoties patogēniem.

Lielākajā daļā pētījumu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe uz karoglapas pieaug pie augstākām N papildmēslojuma normām, sevišķi slimības attīstībai labvēlīgos gados

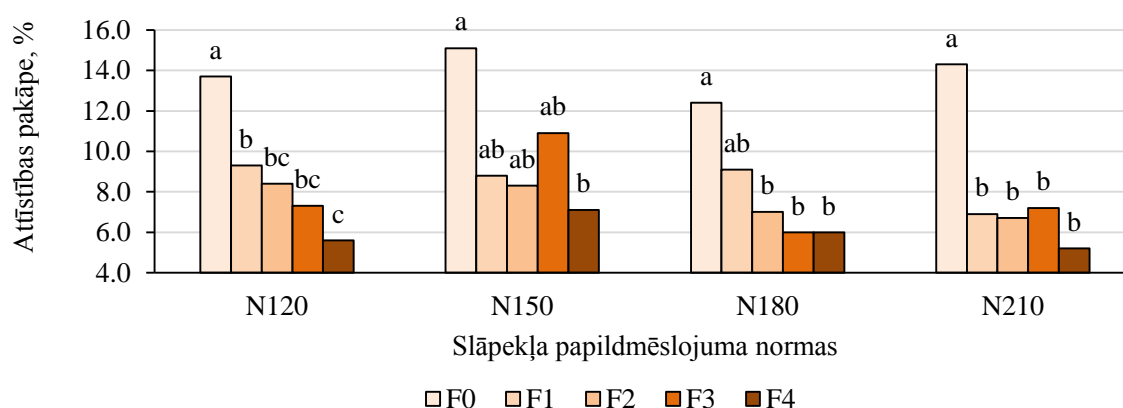
(vidējā gaisa temperatūra no +17 līdz +24 °C, augsts relatīvais gaisa mitrums un nokrišņi) (Simón et al., 2002, 2003). Horvātijā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe uz karoglapas pie N mēslojuma normas 194 kg ha<sup>-1</sup> pieaugusi divkārti (25.1%) salīdzinot ar 67 kg ha<sup>-1</sup> (13.2%) (Varga et al., 2005). Savukārt Kanādā veiktā pētījumā konstatēts, ka kopumā N papildmēslojuma normas (100, 130, 170 kg ha<sup>-1</sup> N) vāji korelē ar kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi uz karoglapas piengatavības fāzes vidū, tomēr pret šo slimību ieņēmīgām šķirnēm, pieaugot slāpekļa normai, variantos bez fungicīdu lietošanas novērota tendence pieaugt slimības attīstības pakāpei (Brinkman et al., 2014). Pretējus rezultātus ieguvuši Castro ar kolēģiem (Castro et al., 2018.).

**Lapu plankumainību attīstība (AUDPC) variantos bez fungicīdu lietošanas atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas.** Promocijas darba pētījumā variantos bez fungicīdu lietošanas (17. pielik.) N papildmēslojums neietekmēja kviešu lapu dzeltenplankumainības ( $p>0.05$ ) un kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vērtības ( $p>0.05$ ).

Pētījumā Argentīnā iegūti pretēji rezultāti. Variantā bez fungicīdu lietošanas pieaugot N mēslojumam līdz 140 kg ha<sup>-1</sup>, kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vienības samazinājās par 28.5%, salīdzinot ar variantu bez slāpekļa mēslojuma (Schierenbeck et al., 2019; Fleitas et al., 2019).

Literatūrā sastopami pretrunīgi rezultāti, kas parāda meteoapstākļu ietekmi uz kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC. A.C.Castro un kolēģi (2018.) konstatējuši, ka gadā ar augstu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi, palielinot slāpekļa normu, būtiski samazinās AUDPC vērtības (no 3789 (bez N mēslojuma) AUDPC vienībām uz 2683 (N mēslojuma norma 140 kg ha<sup>-1</sup>) vienībām), taču gadā, kad novērots sausums, AUDPC vienības dažādos slāpekļa fonos atšķirās nebūtiski. Pretēji rezultāti iegūti citā pētījumā Argentīnā, kur slimības attīstībai labvēlīgā gadā būtiski augstāka slimības attīstība konstatēta variantos ar slāpekļa mēslojumu 100–150 kg ha<sup>-1</sup>. Zinātnieki konstatēja būtiskas atšķirības starp šķirnēm un izskaidro to ar augu uzbūvi. Šķirnēm ar aprēķinātām augstākajām lapu plankumainību AUDPC vērtībām bija tuvāk izvietotas augšējās lapas nekā pārējām šķirnēm (Simón et al., 2003).

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas.** Lai gan datu statistiskā analīze rāda, ka slimības attīstības pakāpi piengatavības fāzes vidū ietekmēja N papildmēslojuma norma (10., 18. pielik.), tomēr faktora ietekme ir būtiska tikai 2021. gadā ( $p=0.011$ ). Šajā gadā būtiski augstāka kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība konstatēta pie N papildmēslojuma normas N150 (3.10. att.), palielinot slāpekļa normu, slimības attīstības pakāpe samazinās. Nav konstatēta būtiska faktoru F×N mijiedarbība.



3.10. att. Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2021. gadā, %

F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības pie katras slāpekļa papildmēslojuma normas

Arī dzeltenplankumainības AUDPC vērtības (18. pielik.) ir augstākās pie N papildmēslojuma normas 150 kg ha<sup>-1</sup> un, palielinot N papildmēslojuma normu, samazinās. Tomēr nevar droši apgalvot, ka, palielinot N papildmēslojuma normu, kopējā slimības attīstība samazinās, jo AUDPC vērtības pie N mēslojuma normas 120 kg ha<sup>-1</sup> būtiski neatšķiras no N papildmēslojuma normas 180 kg ha<sup>-1</sup> un 210 kg ha<sup>-1</sup>.

Literatūrā sastopami pētījumi, kur pieaugot N papildmēslojuma normai, fungicīdu lietošanas rezultātā dzeltenplankumainības AUDPC vērtības samazinās straujāk nekā variantos bez fungicīdu smidzināšanas (Simón et al., 2011). Līdzīgi kā promocijas darba pētījumā, fungicīdu efektivitāti pētīja dabiskās infekcijas apstākļos, un nav iegūta būtiska F×N mijiedarbība. Līdzīga tendence parādās arī citā pētījumā Argentīnā. Pieaugot N papildmēslojuma normai, fungicīdu smidzināšanas rezultātā AUDPC vienības samazinājās par 7.7% pie N70 un 22.6% N140 salīdzinot ar N0 (Schierenbeck et al., 2019). Iemesls tam, ka šajā izmēģinājumā parādās būtiska F×N mijiedarbība, varētu būt, ka izmēģinājumos veikta maksīgā inokulācija ar *P. tritici-repentis* un iegūtas ievērojami augstākas AUDPC vērtības.

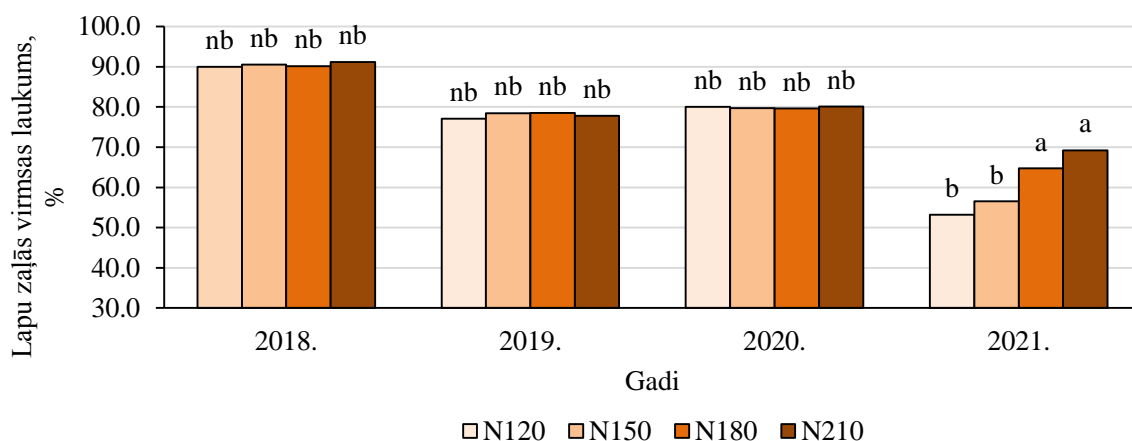
**Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas.** Promocijas darba pētījumā N papildmēslojuma norma būtiski ietekmēja kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi piengatavības vidū tikai 2021. gadā (p=0.001). Būtiski augstāka kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība konstatēta pie N papildmēslojuma normas N180 salīdzinot ar kontroles variantu. Vērtējot slimības kopējo attīstību (AUDPC) tomēr redzams, ka slāpekļa papildmēslojuma norma nav ietekmējusi slimības attīstību (p>0.05). Šajā gadā kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība bija neliela (<1%).

Līdzīgus rezultātus ieguvis J. M. P. Brinkmans ar kolēģiem (Brinkman et al., 2014), ka slāpekļa papildmēslojums neietekmēja pelēkplankumainības attīstības pakāpi. Savukārt J.E.Olesens ar kolēģiem (Olesen et al., 2003.) konstatējis, ka, pieaugot slāpekļa papildmēslojuma normai, pieaug kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība. Zinātnieki secinājuši, jo agrāk un lielākas slāpekļa normas lietotas, jo pieaug nepieciešamība pēc fungicīdiem.

Pētījumā Kanādā konstatēts, ka fungicīdu smidzinājums T2 (karoglapas stadijā) vai T3 (ziedēšanas fāzē) samazināja lapu slimību attīstības pakāpi, salīdzinot ar kontroles variantu, visās slāpekļa papildmēslojuma normās. Shēmas ar trīsreizēju smidzināšanu nodrošināja vislielāko efektivitāti, taču efektivitāte bieži vien būtiski neatšķīrās no T3 vai veicot divus smidzinājumus T2 un T3 (Brinkman et al., 2014). Taču B.Varga ar kolēģiem (Varga et al., 2005.) konstatēja, ka, smidzinot fungicīdus 55. AE., slimību attīstības pakāpe uz karoglapas pie augstākām N papildmēslojuma normām (194 kg ha<sup>-1</sup>) samazinājās līdz 2.9%, bet pie zemām (67 kg ha<sup>-1</sup>) – līdz 3.6%.

Pieaugot N papildmēslojuma normai, fungicīdu smidzināšanas rezultātā AUDPC vienības samazinājās par 7.7% pie (N papildmēslojuma norma 70 kg ha<sup>-1</sup>) un 22.6% (140 kg ha<sup>-1</sup>) salīdzinot ar N0 (Schierenbeck et al. 2019). Iemesls tam, ka šajā izmēģinājumā parādās būtiska F×N mijiedarbība, varētu būt, ka izmēģinājumos veikta maksīgā inokulācija ar *P. tritici-repentis* un iegūtas ievērojami augstākas AUDPC vērtības.

**Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas.** Vienā no četriem izmēģinājuma gadiem (2021.) lapu zaļās virsmas laukumu ietekmēja arī lietotā N papildmēslojuma norma (p<0.001). Būtiski lielāks lapas zaļās virsmas laukums piengatavības fāzes vidū (3.11. att., 14. pielik.) konstatēts pie lielākām N papildmēslojuma normām 180 kg ha<sup>-1</sup> (64.7%) un 210 kg ha<sup>-1</sup> (69.2%). Abiem N papildmēslojuma variantiem kopējā slāpekļa norma ir sadalīta trīs devās. Zaļās lapas saglabāšanos varēja veicināt trešā N mēslojuma deva vārpošanas laikā (30 kg ha<sup>-1</sup> un 50 kg ha<sup>-1</sup> atkarībā no mēslošanas varianta).

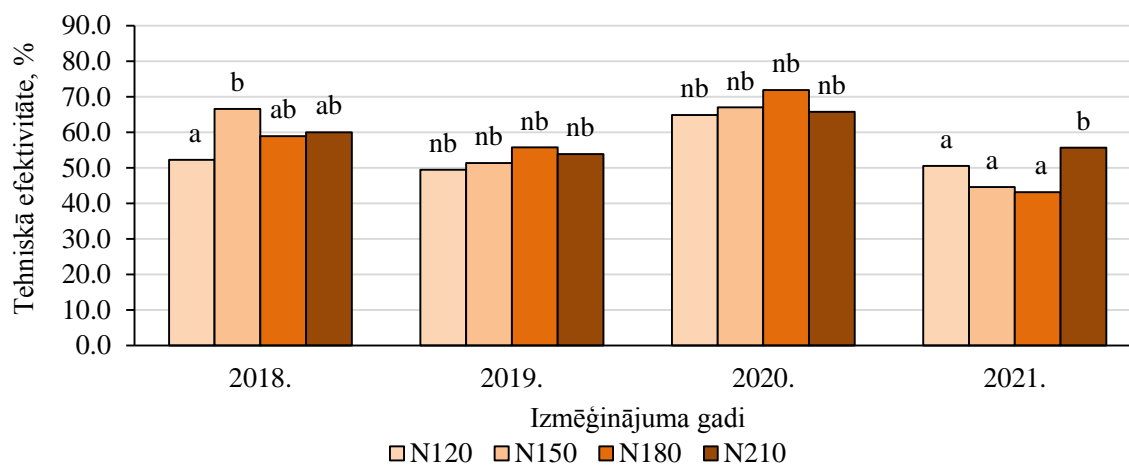


3.11. att. **Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 75.–77. AE 2018.–2021. g., %**

atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības katrā izmēģinājumu gadā, nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Līdzīgus rezultātus ieguva A. Castro ar kolēģiem (Castro et al., 2018). Šajā pētījumā variantā bez fungicīdu lietošanas pie lielākām N papildmēslojuma normām ( $140 \text{ kg ha}^{-1}$ ) lapas zaļās virsmas laukums pieauga un saglabājās ilgāk, bet, variantos, kur kviešu lapu dzeltenplankumainības ierobežošanai lietoja fungicīdus, atšķirības samazinājās.

**Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas.** Slāpekļa papildmēslojuma norma fungicīdu lietošanas tehnisko efektivitāti (3.12. att., 15. pielik.) būtiski ietekmēja tikai divos izmēģinājuma gados no četriem (2018., 2021.).



3.12. att. **Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %**

atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības katrā izmēģinājumu gadā, nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

2018. gadā fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte atkarībā no N mēslojuma normas variē no 52.2 līdz 66.5%. Zemākā tehniskā efektivitāte iegūta variantā F1 (TFI=0.5), kur lietoja puse no pilnas fungicīdu devas vārpošanas laikā (55.–57. AE). Palielinot fungicīdu lietošanas intensitāti, tehniskā efektivitāte pieaug, tomēr nevar apgalvot, ka pie lielākām N mēslojuma normām tā būtiski palielinās. Savukārt 2021. gadā būtiski augstāka fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte bija pie N mēslojuma normas  $210 \text{ kg ha}^{-1}$  (55.6%).

### 3.3. Ziemas kviešu raža atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas

Vērtējot četru gadu vidējos rezultātus, ziemas kviešu graudu ražu būtiski ietekmēja slāpekļa papildmēslojums ( $p < 0.001$ ), fungicīdu lietošana ( $p < 0.001$ ), gada meteoroloģiskie apstākļi ( $p < 0.001$ ), kā arī novērota būtiska faktoru  $F \times N$ ,  $F \times G$  un  $N \times F \times G$  mijiedarbība (3.7. tab.), taču atsevišķos pētījumu gados faktoru ietekmes būtiskums atšķīrās.

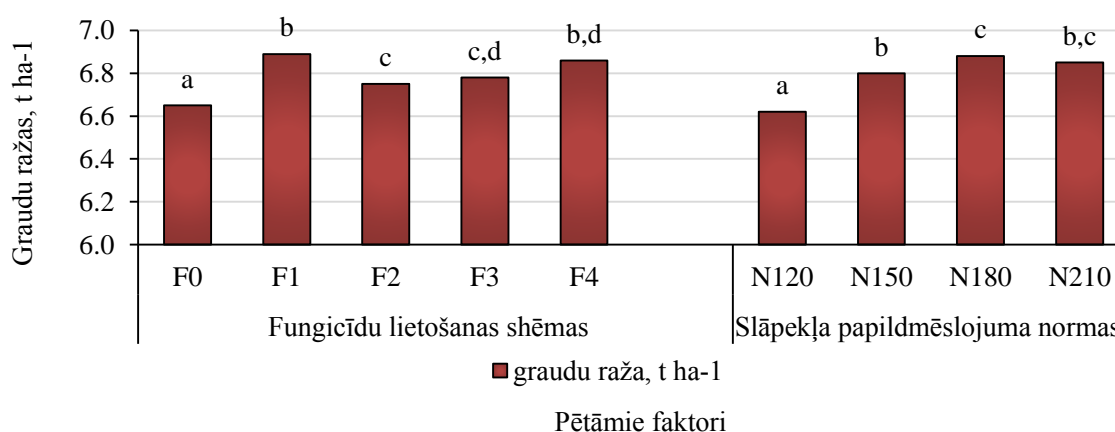
3.7. tabula

**Faktoru ietekme (p-vērtība) uz ziemas kviešu graudu ražu 2018.–2021. g.**

Faktori	Vidēji četros gados	Atsevišķi pētījuma gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
F <sup>a</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	nb	$p < 0.001$	nb
N <sup>b</sup>	$p < 0.001$	$p < 0.001$	0.036	$p < 0.001$	$p < 0.001$
G <sup>c</sup>	$p < 0.001$	x	x	x	x
F×N	0.006	$p < 0.001$	nb	0.009	$p < 0.001$
F×G	$p < 0.001$	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
N×F×G	0.014	x	x	x	x

<sup>a</sup> F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); <sup>b</sup> N – slāpekļa papildmēslojuma normas: N120, N150, N180, N210; <sup>c</sup> G – gads: 2018., 2019., 2020., 2021.; x – faktoru ietekmi nenosaka; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Vidējās graudu ražas izmēģinājumu gados (3.13. att.) būtiski atšķīrās (5.23–8.41 t ha<sup>-1</sup>). Izmēģinājumā plānota 8.00 t ha<sup>-1</sup> graudu raža, tomēr plānotā raža sasniegta tikai vienā no četriem gadiem (2020.). Vērtējot četru gadu vidējo ražu, variantos, kur lietoja fungicīdus (3.13. att.), būtiski palielinājās graudu raža (ražas pieaugums fungicīdu smidzināšanas rezultātā 0.10–0.24 t ha<sup>-1</sup>) salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas. Augstākās ražas iegūtas variantos ar zemāko (F1; TFI=0.5) un augstāko (F4; TFI=2.0) fungicīdu lietošanas intensitāti, taču ražu atšķirības nav statistiski būtiskas. Lapu slimību ierobežošanai pietika ar vienu smidzinājumu vārpošanas fāzes vidū.



3.13. att. Četru gadu vidējā graudu raža atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., t ha<sup>-1</sup>

F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības ( $p > 0.05$ )

Slāpekļa papildmēslojums (3.13. att.) būtiski palielināja graudu ražu visos izmēģinājumu gados. Vidēji četros gados graudu ražas pieauga līdz slāpekļa papildmēslojuma normai N180, tālāka slāpekļa normas palielināšana būtisku ražas pieaugumu nenodrošināja.

**Fungicīdu lietošanas shēmas ietekme.** Fungicīdu lietošanas efektivitāti būtiski ietekmēja gada meteoroloģiskie apstākļi (Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009; Wyczling, Lenc, Sadowski, 2010; Bankina et al., 2014., Rodrigo et al., 2014; Castro et al., 2018). Promocijas darba pētījumā fungicīdu lietošana būtiski paaugstināja graudu ražas (3.8. tab.) tikai vienā no četriem izmēģinājumu gadiem (2020.), divos gados fungicīdu lietošana graudu ražu neietekmēja (2019. un 2021.). Savukārt 2018. gadā, pieaugot fungicīdu lietošanas intensitātei, graudu raža būtiski samazinājās.

3.8. tabula

**Ziemas kviešu graudu ražas atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas  
2018.–2021. g., t ha<sup>-1</sup>**

Varianti	2018.	2019.	2020.	2021.
F0	7.16 <sup>a</sup>	5.08 <sup>nb</sup>	7.82 <sup>a</sup>	6.55 <sup>nb</sup>
F1	7.15 <sup>a</sup>	5.25 <sup>nb</sup>	8.61 <sup>b</sup>	6.56 <sup>nb</sup>
F2	6.87 <sup>b</sup>	5.25 <sup>nb</sup>	8.33 <sup>c</sup>	6.55 <sup>nb</sup>
F3	6.58 <sup>c</sup>	5.33 <sup>nb</sup>	8.63 <sup>b</sup>	6.59 <sup>nb</sup>
F4	6.90 <sup>b</sup>	5.25 <sup>nb</sup>	8.64 <sup>b</sup>	6.67 <sup>nb</sup>
Vidēji	6.93 <sup>B</sup>	5.23 <sup>A</sup>	8.41 <sup>D</sup>	6.58 <sup>C</sup>

F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0);

Atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem, nb – faktora ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Promocijas darba rezultāti apstiprina citu pētnieku secināto (Kutcher et al., 2011; Petit et al., 2012.), ka sausuma apstākļos fungicīdu lietošana var negatīvi ietekmēt graudu ražas veidošanos. Arī S. Rodrigo ar kolēģiem (Rodrigo et al., 2014) izsaka hipotēzi, ka sausos gados augi cieš gan no fungicīdu lietošanas stresa, gan ūdens trūkuma, kā rezultātā abi stresi kombinējas un var ietekmēt graudu pildīšanos ar asimilācijas produktiem. Promocijas darba pētījumā 2018. gadā, kad novēroja ilgstošus sausuma periodus, augstākās ražas iegūtas variantā, kur fungicīdi netika lietoti, un variantā ar pusi no pilnas fungicīda devas vārpošanas laikā. Pētījumā, pieaugot fungicīdu intensitātei, graudu raža variantā ar vislielāko TFI samazinājās par 0.58 t ha<sup>-1</sup> jeb 8% salīdzinot ar kontroles variantu. S. Rodrigo un kolēģi (Rodrigo et al., 2014) pētījumā ieguva līdzīgu ražas samazinājumu (apmēram 12%) neatkarīgi no fungicīdu lietošanas varianta.

Literatūrā analizēto pētījumu rezultāti liecina, ka fungicīdu lietošana būtiski paaugstina kviešu graudu ražas gados ar pietiekamu vai paaugstinātu nokrišņu daudzumu (Kutcher et al., 2011; Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2012; Rodrigo et al., 2014; Bankina et al., 2014; Bhatta et al., 2018; Verikaitė et al., 2022). Promocijas darba pētījumā fungicīdu lietošanas rezultātā graudu ražas pieaugums iegūts 2020. gadā (0.51–0.82 t ha<sup>-1</sup> salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas), kas bija bagāts ar nokrišņiem, kuri veicināja kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību. Būtisks ražas pieaugums salīdzinājumā ar variantu bez fungicīdu lietošanas, iegūts jau variantos, kuros veikts viens smidzinājums vārpošanas vidū. Palielinot TFI, graudu ražas pieaugums būtiski neatšķiras. Līdzīgi rezultāti iegūti arī citos izmēģinājumos. Lauka izmēģinājumā, kur salīdzinātas četras fungicīdu lietošanas shēmas ar prognožu sistēmu ieteiktajiem smidzinājumiem, fungicīdu lietošana būtiski paaugstināja graudu ražu, bet lietoto fungicīdu shēmu efektivitāte bija līdzīga un lapu slimību ierobežošanai pietika ar vienu smidzinājumu vārpošanas laikā (Bankina et al., 2014). Argentīnā izmēģinājumā, kur veikta maksīgā inokulācija ar *Z. tritici* un *P. tritici-repentis*, augstāko ražas pieaugumu konstatēja

variantos ar trīsreizēju smidzināšanu (22., 33. un 61. AE), taču netika konstatētas atšķirības starp dažādajiem lietotajiem fungicīdiem (Castro et al., 2018). Turpretim pētījumā Lietuvā, gadā ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu un augstu kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi, lielāko ražas pieaugumu (+ 0.71 t ha<sup>-1</sup>) ieguva, smidzinot fungicīdus divas reizes: 10 dienas pēc lietus un atkārtoti 2 nedēļas pēc pirmā smidzinājuma (Verikaitė et al., 2022).

**Slāpekļa papildmēslojuma normu ietekme.** Slāpekļa mēslojumam ir nozīmīga loma ražas veidošanā. Promocijas darba pētījumā audzētā šķirne ‘Skagen’ ir augstražīga un daudz izmantota lauka izmēģinājumos Latvijā, taču to, līdz kādam N papildmēslojuma līmenim graudu raža pieauga, ietekmēja apstākļu komplekss konkrētā izmēģinājumā. Šķirnes raža izmēģinājumos sasniegusi pat 11.21 t ha<sup>-1</sup> (Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020), taču būtisku ražas pieaugumu Latvijā veiktajos pētījumos ieguva: līdz N mēslojuma normai 120 kg ha<sup>-1</sup> (Kārklīšs, Līpenīte, Ruža, 2017), līdz 180 kg ha<sup>-1</sup> (Litke, Gaile, Ruža, 2018), tālāka slāpekļa normas palielināšana nedeļa būtisku ražas pieaugumu.

Lai gan promocijas darba pētījumā vidēji četros gados graudu ražas (3.9. tab.) pieauga līdz N mēslojuma normai 180 kg ha<sup>-1</sup>, tomēr novēroja arī gada ietekmi: 2020. gadā graudu ražas pieauga tikai līdz N mēslojuma normai 150 kg ha<sup>-1</sup>.

3.9. tabula

**Ziemas kviešu graudu ražas atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas  
2018.–2021. g., t ha<sup>-1</sup>**

Varianti	2018.	2019.	2020.	2021.
N120	6.78 <sup>a</sup>	5.03 <sup>a</sup>	8.27 <sup>a</sup>	6.39 <sup>a</sup>
N150	6.92 <sup>b</sup>	5.21 <sup>ab</sup>	8.53 <sup>b</sup>	6.54 <sup>b</sup>
N180	6.98 <sup>bc</sup>	5.42 <sup>b</sup>	8.43 <sup>b,c</sup>	6.70 <sup>c</sup>
N210	7.05 <sup>c</sup>	5.27 <sup>ab</sup>	8.40 <sup>c</sup>	6.70 <sup>c</sup>
Vidēji	6.93 <sup>B</sup>	5.23 <sup>A</sup>	8.41 <sup>D</sup>	6.58 <sup>C</sup>

Atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem.

Lai gan promocijas darba pētījumā G×N mijiedarbība nav statistiski būtiska, tomēr līdzšinējos pētījumos iegūtas arī būtiskas mijiedarbības. Gados ar palielinātu nokrišņu daudzumu pieaug slāpekļa uzņemšana nitrātu veidā no augsnes (Castro et al., 2018).

**Veldres ietekme uz graudu ražu.** 2020. gada apstākļos pēc spēcīgām lietusegāzēm sējumā konstatēta veldre (izturība pret veldri 2.2–3.1 balles), kas saglabājās līdz ražas novākšanai (19. pielik.). Veldri ietekmēja slāpekļa papildmēslojuma normas (p=0.02), tā būtiski pieauga lielākajai slāpekļa mēslojuma normai N210. Lai gan veldre bija spēcīga, tomēr tās ietekme uz ražu nebija būtiska (r=-0.04, p>0.05). Tomēr konstatēta būtiska sakarība starp izturību pret veldri un lapu plankumainību attīstību (20. pielik.): vidēji cieša negatīva (r=-0.61, p<0.001) starp izturību pret veldri un kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE, vidēji cieša, negatīva (r=-0.67, p<0.001) starp izturību pret veldri un kviešu dzeltenplankumainības AUDPC vienībām. Savukārt cieša, negatīva sakarība (r=-0.75, p<0.001) konstatēta starp izturību pret veldri un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE, kā arī starp izturību pret veldri un kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vienībām.

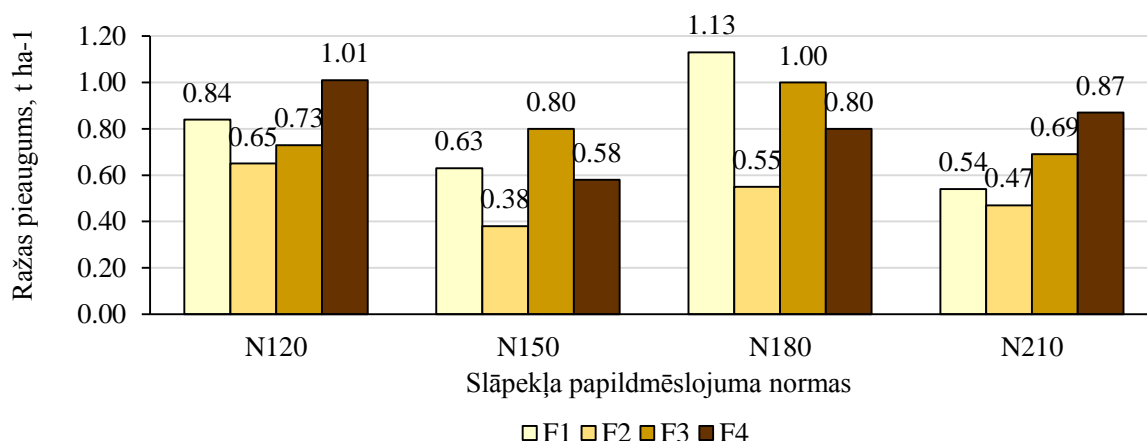
**Fungicīdu lietošanas shēmas ietekme uz graudu ražu atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas.** Trīs izmēģinājuma gados no četriem iegūta būtiska faktoru F×N mijiedarbība, kas nozīmē, ka fungicīdu lietošana shēmas ietekme uz graudu ražu pie dažādām slāpekļa papildmēslojuma normām atšķiras.

Līdzšinējos pētījumos konstatēts, ka fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte dažādos slāpekļa mēslojuma fonos atšķiras, tomēr ne vienmēr F×N mijiedarbība ir būtiska (Brinkman et al., 2014.). Fungicīdu efektivitāte pie lielākām slāpekļa normām pieaug lapu slimību attīstībai



labvēlīgākās sezonās (Varga et al., 2005., Jensen, Jørgensen, 2016; Schierenbeck et al., 2019.). Savukārt gados ar zemu lapu slimību attīstības pakāpi, ražas pieaugums pie lielākām slāpekļa papildmēslojuma normām konstatēts tikai pret slimībām ieņēmīgām šķirnēm (Varga et al., 2005; Brinkman et al., 2014).

Nokrišņiem bagātākajā 2020. gadā promocijas darba pētījumā variantos, kur lietoti fungicīdi, novērots būtisks ražas pieaugums, salīdzinot ar F0. Arī šajā gadā ir būtiska F×N mijiedarbība, taču, vērtējot datus, nevar izdarīt secinājumus, jo ražu pieauguma vērtības ir izkliedētas un nevar konstatēt likumsakarības (3.14. att.).

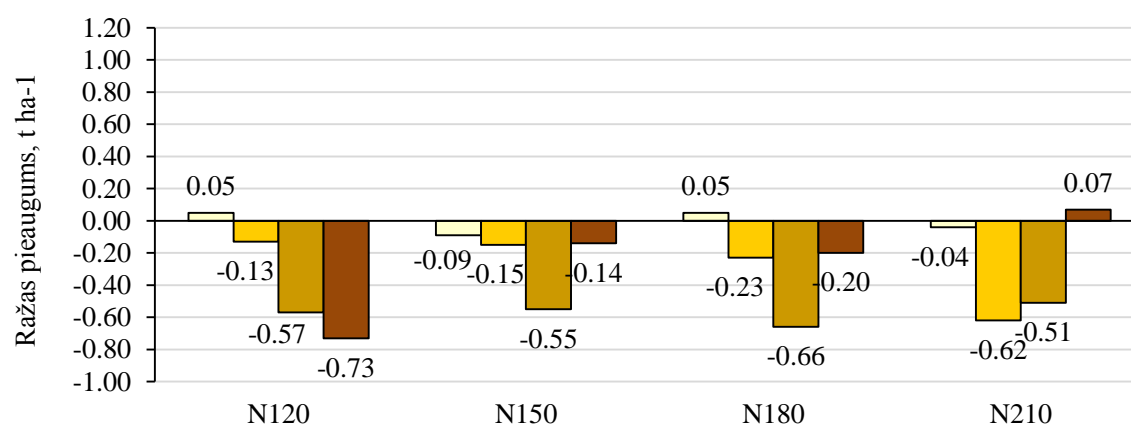


3.14. att. Ražas pieaugums salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2020. g., t ha<sup>-1</sup>

F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0)

Savukārt J.M.P Brinkmans un kolēģi (Brinkman et al., 2014) secinājuši, ka fungicīdu smidzināšana T2 (35.–40. AE) vai T3 (60.–65. AE) nodrošina lapu slimību (tai skaitā kviešu lapu pelēkplankumainības) ierobežošanu līdzīgi visās salīdzinātajās N papildmēslojuma normās (100, 130 un 170 kg ha<sup>-1</sup>).

Promocijas darba pētījumā F×N mijiedarbība bija būtiska arī 2018. gadā, kad pieaugot fungicīdu intensitātei, pazeminājās graudu raža (3.15. att.).



3.15. att. Ražas pieaugums salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018. g., t ha<sup>-1</sup>

F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0)

Ražas samazinājums (3.15. att.), salīdzinot ar variantu bez fungicīdu smidzināšanas, konstatēts jau variantā F2 (TFI=1.0), kur fungicīdu smidzinājums veikts vārpošanas laikā ar

pilnu fungicīda devu. Šajā variantā ražas zudums, pieaugot N mēslojuma normai, pakāpeniski pieaug no  $-0.13 \text{ t ha}^{-1}$  (N120) līdz  $-0.62 \text{ t ha}^{-1}$  (N210). Variantā, kur TFI ir līdzīgs kā F1, taču fungicīdu deva sadalīta divos smidzinājumos, graudu ražas zudums pie visām slāpekļa papildmēslojuma normām ir līdzīgs un variē no  $-0.51$  (N210) līdz  $-0.66 \text{ t ha}^{-1}$  (N180). Šajā gadā smidzinājums vārpošanas vidū veikts 03.06.2018. Pirms smidzinājuma ilgu periodu nav bijuši nokrišņi (15 dienas). Pēc fungicīdu smidzinājuma divas dienas ar nokrišņu daudzumu 1 mm dienā, pēc tam turpinājās sausuma periods (14 dienas) bez nokrišņiem un vidējo gaisa temperatūra  $17.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Lai gan variantā, kur fungicīdu lietošanas intensitāte ir augstākā (TFI=2.0), T3 veikts pēc deviņām dienām (13.06.2018.) sausuma apstākļos, ražas zudums, pieaugot slāpekļa papildmēslojuma normai, samazinās no  $-0.73 \text{ t ha}^{-1}$  (N120) līdz  $+0.07$  (N210).

**Sakarības starp faktoriem.** Līdzšinējos pētījumos konstatēts, ka lapu plankumainību attīstības pakāpe no ziedēšanas līdz piengatavības fāzei būtiski ietekmē graudu ražu: pieaugot lapu plankumainību attīstībai, pieaug arī ražas zudumi (Bancal, Robert, Ney, 2007; Wegulo, Breatnach, Baenzinger, 2009; Wiik, 2009; Jally et al., 2020). M. Bhatta ar kolēģiem (Bhatta et al., 2018) konstatējis ciešu mijiedarbību starp slimību attīstības pakāpi un ražu vēlākās kviešu attīstības fāzēs (85. AE).

Būtiska korelācija (3.10. tabula) starp kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE un graudu ražu iegūta 2018. ( $r = 0.39$ ) un 2020. gadā ( $r = -0.61$ ), savukārt starp kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE un ražu ( $-0.75$ ;  $p < 0.001$ ) – tikai 2020. gadā. Līdzīgi rezultāti iegūti 2020. gadā Lietuvā (Verikaitė et al., 2020).

3.10. tabula

**Sakarības starp lapu plankumainību attīstības pakāpi 75.–77. AE, AUDPC vienībām un graudu ražu, Pīrsona korelācijas koeficients**

Gads	Kviešu lapu dzeltenplankumainība		Kviešu lapu pelēkplankumainība	
	r	p-vērtība	r	p-vērtība
Attīstības pakāpe 75.–77.AE				
2018.	0.39	<0.001	0.21	nb
2019.	-0.13	nb	-0.02	nb
2020.	-0.61	<0.001	-0.75	<0.001
2021.	-0.24	nb	-0.02	nb
AUDPC				
2018.	0.39	$p < 0.001$	0.17	nb
2019.	-0.21	nb	0.02	nb
2020.	-0.67	$p < 0.001$	-0.76	$p < 0.001$
2021.	-0.24	0.034	-0.15	nb

nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

Promocijas darba pētījumā novērota būtiska korelācija starp kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtībām (3.9. tabula) un graudu ražu. Sakarība iegūta trīs izmēģinājumu gados no četriem. Būtiska cieša negatīva korelācija starp kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC vērtībām un ražu ( $-0.76$ ;  $p < 0.001$ ) konstatēta tikai 2020. gadā.

### 3.4. Ziemas kviešu ražas struktūrelementu analīze

Pirms ražas novākšanas (87.–89. AE), no katra lauciņa ievāca paraugkūli un noteica kviešu ražu veidojošos struktūrelementus: produktīvo stiebru skaitu  $1 \text{ m}^2$ , graudu skaitu vārpā, vienas vārpas graudu masu un 1000 graudu masu.

**Produktīvo stiebru skaits.** Vidēji četros izmēģinājumu gados produktīvo stiebru skaitu (3.11. tab.) būtiski ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi ( $p < 0.001$ ). Stiebru skaits veidojas cerošanas fāzē, kas sākas rudenī un turpinās pavasarī, taču to, vai stiebrs būs produktīvs, var redzēt tikai ražas novākšanas laikā. Stiebru skaitu līdz ražas novākšanai var ietekmēt dažādi faktori.

Lielākais produktīvo stiebru skaits izmēģinājumā konstatēts 2020. gadā (vidēji 612 gab.  $m^{-2}$ ). Gan 2019. gada rudens, gan 2020. gada pavasaris bija silti, ar pietiekamu mitruma nodrošinājumu, kas veicināja kviešu cerošanu.

3.11. tabula

**Produktīvo stiebru skaits atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., gab.  $m^{-2}$**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	Atsevišķi izmēģinājumu gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
Fungicīdu lietošanas shēmas (F)					
F0	487 <sup>nb</sup>	533 <sup>nb</sup>	440 <sup>nb</sup>	620 <sup>nb</sup>	356 <sup>nb</sup>
F1	479 <sup>nb</sup>	538 <sup>nb</sup>	452 <sup>nb</sup>	592 <sup>nb</sup>	334 <sup>nb</sup>
F2	477 <sup>nb</sup>	502 <sup>nb</sup>	441 <sup>nb</sup>	600 <sup>nb</sup>	366 <sup>nb</sup>
F3	493 <sup>nb</sup>	493 <sup>nb</sup>	439 <sup>nb</sup>	671 <sup>nb</sup>	370 <sup>nb</sup>
F4	476 <sup>nb</sup>	503 <sup>nb</sup>	462 <sup>nb</sup>	579 <sup>nb</sup>	359 <sup>nb</sup>
Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)					
N120	487 <sup>nb</sup>	518 <sup>nb</sup>	436 <sup>nb</sup>	631 <sup>nb</sup>	365 <sup>nb</sup>
N150	477 <sup>nb</sup>	501 <sup>nb</sup>	458 <sup>nb</sup>	611 <sup>nb</sup>	337 <sup>nb</sup>
N180	486 <sup>nb</sup>	501 <sup>nb</sup>	451 <sup>nb</sup>	620 <sup>nb</sup>	372 <sup>nb</sup>
N210	480 <sup>nb</sup>	535 <sup>nb</sup>	443 <sup>nb</sup>	588 <sup>nb</sup>	353 <sup>nb</sup>
Gads (G)					
G	482 <sup>***</sup>	513 <sup>b</sup>	447 <sup>c</sup>	612 <sup>a</sup>	357 <sup>d</sup>
Faktoru ietekme (p-vērtība)					
F	nb	nb	nb	nb	nb
N	nb	nb	nb	nb	nb
G	<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	nb	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
N×F×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie  $p < 0.001$ ; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ ); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru ietekmi nenosaka

Netipiski mazs produktīvo stiebru skaits konstatēts 2021. gadā (vidēji 357 gab.  $m^{-2}$ ), ko varēja ietekmēt gan nokrišņu trūkums pavasarī, gan karstais un sausais laiks ( $HTK < 1.0$ ) sākot no 49. AE līdz novākšanas gatavībai. J. P. Linčs ar kolēģiem (Lynch et al., 2017.) konstatējis, ka vārpošanas fāzes beigās (59. AE) var prognozēt produktīvo stiebru skaitu ražas novākšanas laikā.

Promocijas darba pētījumā produktīvo stiebru skaits nebija atkarīgs no N papildmēslojuma devas. Atjaunojoties veģetācijai (kad veidojas šis struktūrelements), visos variantos augiem nodrošināja vienādu N papildmēslojuma normu (80 kg  $ha^{-1}$  N). Lai gan augi, atkarībā no izmēģinājuma varianta, N papildmēslojumu saņēma arī stiebrošanas fāzē un vārpošanas fāzes sākumā, tomēr šajās attīstības fāzēs slāpekļa mēslojums vairs nevar palielināt

produktīvo stiebru skaitu. Pētījumā līdzīgos audzēšanas apstākļos, kur slāpekļa papildmēslojuma norma variēja no N0 līdz N240 un, atjaunojoties veģetācijai, lielākajai N normai nodrošināja 120 kg ha<sup>-1</sup>, konstatēts, ka produktīvo stiebru skaits 1 m<sup>2</sup> būtiski pieauga tikai līdz N papildmēslojuma normai 90 kg ha<sup>-1</sup> (Litke et al., 2019b). Pretējus rezultātus ieguvis B. Varga ar kolēģiem (Varga et al., 2005): pie N mēslojuma normas 194 kg ha<sup>-1</sup> produktīvo stiebru skaits pieauga par 18.6% salīdzinot ar N mēslojuma normu 64 kg ha<sup>-1</sup>. Atšķirībā no promocijas darba izmēģinājuma, B. Varga ar kolēģiem visu slāpekļa mēslojuma normu iestrādāja līdz stiebrošanas sākumam (N mēslojuma norma 86 kg ha<sup>-1</sup> pirms sējas un N mēslojuma norma 108 kg ha<sup>-1</sup> trīs devās no 22.–31. AE), kas sakrīt ar produktīvo stiebru veidošanas laiku.

Promocijas darbā netika novērota fungicīdu lietošanas shēmu ietekme uz produktīvo stiebru skaitu 1m<sup>2</sup>. Variantos F1 un F2 fungicīdus smidzināja vārpošanas fāzes vidū, bet produktīvo stiebru skaits izveidojās pirms fungicīdu lietošanas. Rezultāti sakrīt ar B. Vargas un kolēģu pētījuma rezultātiem (Varga et al., 2005), kur fungicīdus smidzināja ziedēšanas fāzes vidū. Līdzšinējos pētījumos par kviešu lapu pelēkplankumainības ierobežošanu konstatēts, ka, novēršot agru inficēšanos ar šo slimību (20.–31. AE), produktīvo stiebru skaits nesamazinās (Simón et al., 2002). Promocijas darba pētījumā vienīgi nokrišņiem bagātajā 2020. gadā kviešu lapu pelēkplankumainību konstatēja stiebrošanas fāzes sākumā (slimības attīstības pakāpe visos variantos bija zema (0.1%)), tomēr arī šajos meteoroloģiskajos apstākļos fungicīdu lietošanas shēmām F3 un F4 (iekļauts smidzinājums 32.–33. AE) nekonstatēja ietekmi uz produktīvo stiebru skaita izmaiņām. Savukārt J. M. P. Brinkmans ar kolēģiem (Brinkman et al., 2014.) novēroja tendenci, ka fungicīdu lietošana palielināja produktīvo stiebru skaitu 1m<sup>2</sup>, bet starpība nebija statistiski būtiska. Fungicīdu lietošanas shēmas ar trīsreizēju smidzināšanu (28.–30., 35.–40. un 60.–65. AE) palielināja produktīvo stiebru skaitu, bet ne būtiski salīdzinot ar kontroli.

**Graudu skaits vārpā.** Visos izmēģinājuma gados graudu skaitu vārpā (3.12. tab.) būtiski ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi ( $p < 0.001$ ), bet 2021. gadā arī fungicīdu lietošanas shēma ( $p = 0.01$ ). Graudu skaits vārpā variēja no 20.7 gab. (2019.) līdz 37.0 gab. (2021.). Jaunās vārpas iespējama vārpiņu un ziedu skaits izveidojas līdz divu mezglu etapam, taču kritiskie periodi ir vārpošana un ziedēšana. Šajā laikā notiek ziedu apaugļošanās un aizmetņu saglabāšanās vai abortēšanās (Lynch et al., 2017). Mazākais graudu skaits vārpā iegūts 2019. gadā. Jau periodā no veģetācijas atjaunošanās līdz stiebrošanas sākumam nokrišņu daudzums bija neliels un epizodisks, bet struktūrelementam kritiskajos periodos novērots mitruma trūkums (no attīstītas karoglapas līdz ziedēšanas vidum: HTK 0.20, no ziedēšanas vidus līdz agrajai piengatavībai – HTK 0.09). Lielākais graudu skaits vārpā iegūts 2021. gadā, kad ziedēšanas laikā bija augu attīstībai labvēlīgāks mitruma nodrošinājums. Šajā gadā parādās kompensācijas mehānisma darbība, jo 2021. gadā konstatēja vismazāko produktīvo stiebru skaitu 1m<sup>2</sup>.

Promocijas darba pētījumā slāpekļa papildmēslojuma norma graudu skaitu vārpā neietekmēja ( $p > 0.05$ ). Rezultāti sakrīt ar L. Litkes un kolēģu veiktā pētījuma rezultātiem. N papildmēslojuma norma variēja no N0 līdz N240, ka graudu skaits vārpā būtiski pieauga līdz N mēslojuma normai 120 kg ha<sup>-1</sup> (Litke et al., 2019b), kas ir zemākā salīdzinātā N papildmēslojuma norma promocijas darba pētījumā. Pretējus rezultātus ieguvis B. Varga ar kolēģiem (2005.), pie N mēslojuma normas 194 kg ha<sup>-1</sup> graudu skaits vārpā pieauga par 16.5%, salīdzinot ar zemāko N mēslojuma normu 64 kg ha<sup>-1</sup>. Līdzīgu rezultātu ieguva arī J.M.P. Brinkmans un kolēģi (Brinkman et al., 2014.).

2021. gadā graudu skaitu vārpā ietekmēja fungicīdu lietošanas shēma ( $p = 0.01$ ). Salīdzinot ar variantu bez fungicīdu lietošanas, būtiski lielāku graudu skaitu vārpā ieguva variantā, kur fungicīdu deva bija sadalīta trīs daļās (TFI=2.0). M.R. Simons ar kolēģiem (Simón et al., 2002) konstatējuši, ka, novēršot agru inficēšanos ar kviešu lapu pelēkplankumainību (20.–31. AE), pieaug graudu skaits vārpā. Arī J.M.P. Brinkmans un kolēģi (Brinkman et al., 2014.) konstatēja, ka fungicīdu lietošana palielināja graudu skaitu vārpā, bet netika novērota statistiski būtiska F×N mijiedarbība.

**Graudu skaits vārpā atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., gab.**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	Atsevišķi izmēģinājumu gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
Fungicīdu lietošanas shēmas (F)					
F0	30.4 <sup>nb</sup>	35.0 <sup>nb</sup>	20.7 <sup>nb</sup>	31.4 <sup>nb</sup>	35.7 <sup>b</sup>
F1	31.2 <sup>nb</sup>	34.5 <sup>nb</sup>	21.4 <sup>nb</sup>	32.8 <sup>nb</sup>	36.2 <sup>ab</sup>
F2	30.9 <sup>nb</sup>	34.5 <sup>nb</sup>	20.4 <sup>nb</sup>	31.4 <sup>nb</sup>	37.1 <sup>ab</sup>
F3	30.6 <sup>nb</sup>	34.0 <sup>nb</sup>	20.0 <sup>nb</sup>	30.5 <sup>nb</sup>	37.9 <sup>ab</sup>
F4	31.5 <sup>nb</sup>	33.7 <sup>nb</sup>	21.4 <sup>nb</sup>	31.9 <sup>nb</sup>	38.1 <sup>a</sup>
Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)					
N120	30.3 <sup>nb</sup>	33.6 <sup>nb</sup>	19.7 <sup>nb</sup>	31.5 <sup>nb</sup>	36.5 <sup>nb</sup>
N150	31.3 <sup>nb</sup>	34.6 <sup>nb</sup>	20.5 <sup>nb</sup>	32.9 <sup>nb</sup>	37.4 <sup>nb</sup>
N180	31.4 <sup>nb</sup>	35.4 <sup>nb</sup>	21.9 <sup>nb</sup>	31.1 <sup>nb</sup>	37.3 <sup>nb</sup>
N210	30.6 <sup>nb</sup>	33.8 <sup>nb</sup>	20.8 <sup>nb</sup>	31.0 <sup>nb</sup>	36.8 <sup>nb</sup>
Gads (G)					
G	30.91 <sup>***</sup>	34.3 <sup>A</sup>	20.7 <sup>D</sup>	31.6 <sup>C</sup>	37.0 <sup>A</sup>
Faktoru ietekme (p-vērtība)					
F	nb	nb	nb	nb	0.01
N	nb	nb	nb	nb	nb
G	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	nb	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie  $p < 0.001$ ; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ ); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru ietekmi nenosaka

**Vienas vārpas graudu masa.** Vidēji četros izmēģinājumu gados vienas vārpas graudu masu (3.13. tab.) būtiski ietekmēja gada meteoroloģiskie apstākļi ( $p < 0.001$ ), bet 2019. gadā novēroja arī slāpekļa papildmēslojuma normas ietekmi ( $p = 0.017$ ). Zemākā vienas vārpas graudu masa iegūta 2019. gadā (vidēji 1.16 g), ko var izskaidrot ar sausumu graudu nobriešanas laikā.

Promocijas darba pētījumā slāpekļa papildmēslojuma norma vienas vārpas graudu masu ietekmēja tikai vienā izmēģinājumu gadā (2019.:  $p = 0.017$ ). Latvijā veiktajā pētījumā vienas vārpas graudu masa būtiski pieauga līdz N mēslojuma normai 120 kg ha<sup>-1</sup> (Litke et al., 2019b), taču promocijas darbā būtiski augstāku graudu skaitu vārpā, salīdzinot ar N120, nodrošināja N mēslojuma norma 210 kg ha<sup>-1</sup>. Turklāt 2020. gadā konstatēta būtiska sakarība starp izturību pret veldri un vienas vārpas masu ( $r = 0.27$ ,  $p = 0.017$ ).

Fungicīdu lietošana vienas vārpas graudu masu būtiski neietekmēja ( $p > 0.05$ ). Pretēji B. Varga ar kolēģiem (Varga et al., 2005) konstatējis, ka fungicīdu lietošana būtiski palielināja graudu ražas, jo, palielinoties 1000 graudu masai, pieauga vienas vārpas graudu masa.

**Vienas vārpas graudu masa atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., g**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	Atsevišķi izmēģinājumu gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
Fungicīdu lietošanas shēmas (F)					
F0	1.43 <sup>nb</sup>	1.56 <sup>nb</sup>	1.17 <sup>nb</sup>	1.28 <sup>nb</sup>	1.72 <sup>nb</sup>
F1	1.48 <sup>nb</sup>	1.57 <sup>nb</sup>	1.18 <sup>nb</sup>	1.42 <sup>nb</sup>	1.76 <sup>nb</sup>
F2	1.47 <sup>nb</sup>	1.57 <sup>nb</sup>	1.15 <sup>nb</sup>	1.35 <sup>nb</sup>	1.79 <sup>nb</sup>
F3	1.44 <sup>nb</sup>	1.51 <sup>nb</sup>	1.12 <sup>nb</sup>	1.32 <sup>nb</sup>	1.79 <sup>nb</sup>
F4	1.45 <sup>nb</sup>	1.53 <sup>nb</sup>	1.16 <sup>nb</sup>	1.35 <sup>nb</sup>	1.75 <sup>nb</sup>
Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)					
N120	1.42 <sup>nb</sup>	1.53 <sup>nb</sup>	1.09 <sup>b</sup>	1.36 <sup>nb</sup>	1.71 <sup>nb</sup>
N150	1.46 <sup>nb</sup>	1.57 <sup>nb</sup>	1.16 <sup>ab</sup>	1.39 <sup>nb</sup>	1.73 <sup>nb</sup>
N180	1.47 <sup>nb</sup>	1.57 <sup>nb</sup>	1.21 <sup>a</sup>	1.32 <sup>nb</sup>	1.77 <sup>nb</sup>
N210	1.46 <sup>nb</sup>	1.52 <sup>nb</sup>	1.16 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>nb</sup>	1.84 <sup>nb</sup>
Gads (G)					
G	1.45 <sup>***</sup>	1.55 <sup>B</sup>	1.16 <sup>D</sup>	1.35 <sup>C</sup>	1.76 <sup>A</sup>
Faktoru ietekme (p-vērtība)					
F	nb	nb	nb	nb	nb
N	nb	nb	0.017	nb	nb
G	p<0.001	x	x	x	x
FxN	nb	nb	nb	nb	nb
FxG	nb	x	x	x	x
NxG	nb	x	x	x	x
FxNxG	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru ietekmi nenosaka

**1000 graudu masa (TGM).** Graudu ražas galvenokārt pieaug palielinoties TGM (Varga et al., 2005, Carignano et al., 2008). Vidēji četros izmēģinājumu gados TGM (3.14. tab.) būtiski ietekmēja gada meteoroloģiskie apstākļi (p<0.001) un fungicīdu lietošanas shēmas (p<0.01). Rupjākos graudu ieguvu 2019. gadā, kad TGM variēja no 48.40 – 49.66 g. Turpretī 2021. gadā ieguvu zemāko TGM (35.32–36.44 g), ko var izskaidrot ar sausuma periodu graudu nobriešanas laikā. Savukārt 2020. gadā graudu veidošanos ietekmēja veldre (r=0.36, p=0.001; 19. pielik.), kā rezultātā TGM variēja no 42.28–44.79 g.

Lapu zaļās virsmas saglabāšanās piengatavības fāzē ir būtiska, jo šajā laikā graudi piepildās (veidojas TGM). Fungicīdu lietošanas rezultātā TGM pieauga trīs gados no četriem (2019., 2020. un 2021.), tomēr pieaugums bija būtisks tikai nokrišņiem bagātajā 2020. gadā (p=0.001), kad konstatēja augstāko lapu plankumainību attīstības pakāpi izmēģinājumu gados. Šajā gadā TGM pieauga jau variantā, kur smidzināja pusi no pilnas fungicīdu devas vārpošanas laikā (TFI=0.05), taču būtisks rādītāja pieaugums novērots, smidzinot pilnu fungicīda devu. Palielinot fungicīdu smidzināšanas intensitāti, TGM pieauga nebūtiski.

Promocijas darba rezultāti sakrīt ar R.E. Ruskes un kolēģu (Ruske et al., 2003.) pētījuma rezultātiem, kur fungicīdu lietošana pēc karoglapas izplaušanas palielina TGM. Savukārt J.M.P. Brinkmana un kolēģu (Brinkman et al., 2014.) pētījumos vislielāko TGM pieaugumu

(6.6% salīdzinājumā ar kontroli) ieguva, smidzinot fungicīdus vēlākā attīstības etapā (60.–63. AE.).

M.R. Simons un kolēģi (Simón et al., 2011.) konstatēja, ka gados ar augstu kviešu lapu dzeltenplankumainības izplatību, fungicīdu lietošana palielināja TGM vienīgi pret šo slimību ieņēmīgām šķirnēm. Savukārt Luksemburgā (El Jarroudi et al., 2015) konstatēts, ka fungicīdu lietošana palielināja TGM, tomēr to neietekmēja smidzinājumu skaits (salīdzināja fungicīdu lietošanas shēmas ar vienu, diviem un trīs fungicīdu smidzinājumiem).

3.14. tabula

**1000 graudu masa atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., g**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	Atsevišķi izmēģinājumu gados			
		2018.	2019.	2020.	2021.
Fungicīdu lietošanas shēmas (G)					
F0	43.08 <sup>a</sup>	46.32 <sup>nb</sup>	48.40 <sup>nb</sup>	42.28 <sup>a</sup>	35.32 <sup>nb</sup>
F1	43.89 <sup>b</sup>	46.77 <sup>nb</sup>	49.14 <sup>nb</sup>	43.57 <sup>ab</sup>	36.06 <sup>nb</sup>
F2	44.12 <sup>b</sup>	46.02 <sup>nb</sup>	49.40 <sup>nb</sup>	44.62 <sup>b</sup>	36.44 <sup>nb</sup>
F3	44.08 <sup>b</sup>	45.92 <sup>nb</sup>	49.46 <sup>nb</sup>	44.68 <sup>b</sup>	36.26 <sup>nb</sup>
F4	44.27 <sup>b</sup>	46.43 <sup>nb</sup>	49.61 <sup>nb</sup>	44.79 <sup>b</sup>	36.24 <sup>nb</sup>
Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)					
N120	43.74 <sup>nb</sup>	45.85 <sup>nb</sup>	48.66 <sup>nb</sup>	44.48 <sup>nb</sup>	35.96 <sup>nb</sup>
N150	43.85 <sup>nb</sup>	46.22 <sup>nb</sup>	49.28 <sup>nb</sup>	44.10 <sup>nb</sup>	35.82 <sup>nb</sup>
N180	44.03 <sup>nb</sup>	46.37 <sup>nb</sup>	49.22 <sup>nb</sup>	43.89 <sup>nb</sup>	36.63 <sup>nb</sup>
N210	43.93 <sup>nb</sup>	46.72 <sup>nb</sup>	49.66 <sup>nb</sup>	43.48 <sup>nb</sup>	35.84 <sup>nb</sup>
Gads (G)					
G	43.89 <sup>***</sup>	46.29 <sup>B</sup>	49.20 <sup>A</sup>	43.99 <sup>C</sup>	36.06 <sup>D</sup>
Faktoru ietekme (p-vērtība)					
F	p<0.001	nb	nb	p<0.002	nb
N <sup>b</sup>	nb	nb	nb	nb	nb
G <sup>c</sup>	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	nb	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

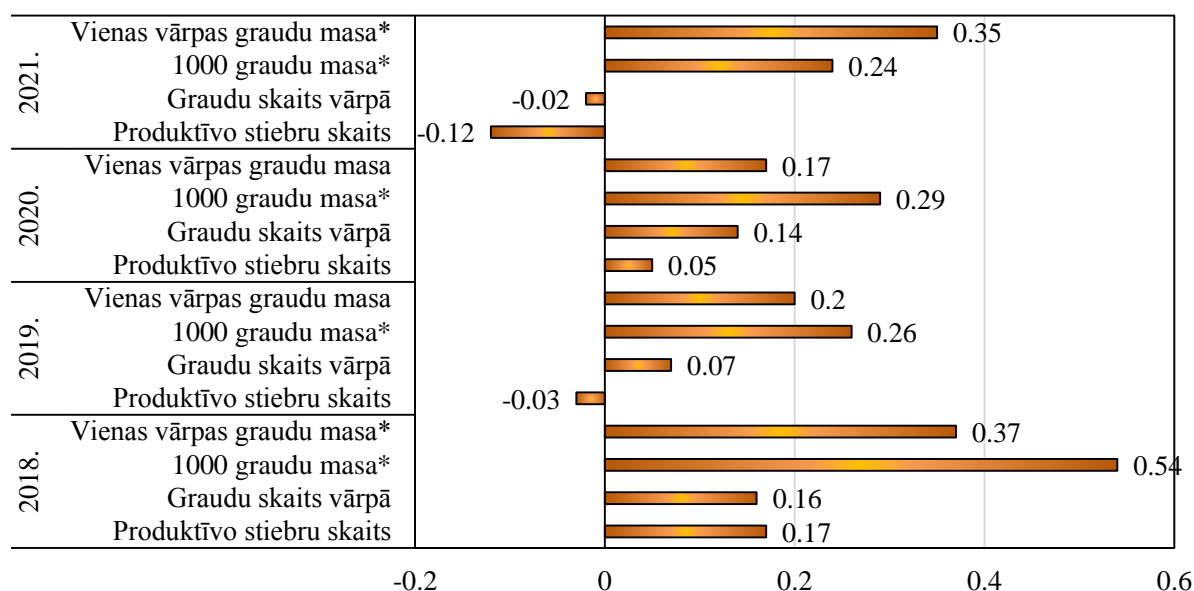
F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem x – faktoru ietekmi nenosaka

Promocijas darba pētījumā TGM nebija atkarīga no N papildmēslojuma normas (p>0.05). Promocijas darba pētījumā iekļautās N papildmēslojuma normas ir salīdzinoši augstas: 120–210 kg ha<sup>-1</sup> N. Līdzšinējos pētījumos, kuros iekļāva arī nemēsloto variantu un zemākas N papildmēslojuma normas 60, 80 un 90 kg ha<sup>-1</sup>, zinātnieki konstatēja TGM pieaugumu līdz N papildmēslojuma normai: 130 kg ha<sup>-1</sup> (Jakab et al., 2018.), līdz 150 kg ha<sup>-1</sup> (Liniņa, Ruža, 2015; Litke et al. 2019b), līdz 180 kg ha<sup>-1</sup> (Staugaitis, Poškus, Brazienē, 2021). Vairākos pētījumos ir konstatēts, ka, turpinot palielināt slāpekļa normu, TGM samazinās (Liniņa, Ruža, 2015; Staugaitis, Poškus, Brazienē, 2021).

Promocijas darbā netika konstatēta statistiski būtiska F×N mijiedarbības ietekme uz TGM. Būtisku F×N faktoru mijiedarbību konstatējis B. Varga ar kolēģiem – variantā bez

fungicīdu lietošanas pie augstām slāpekļa papildmēslojuma normām ( $194 \text{ kg ha}^{-1}$ ) TGM samazinās, taču, lietojot fungicīdus, TGM pieaug (Varga et al., 2005; Brinkman et al., 2014.).

**Sakarības starp ražas struktūrelementiem un graudu ražu.** Pētījuma rezultāti rāda, ka TGM bija vislielākā ietekme uz graudu ražu. Būtisku lineāru pozitīvu sakarību starp TGM un graudu ražu novēroja katrā izmēģinājuma gadā (3.16. att., 21. pielik.). Divos no izmēģinājuma gadiem tika novērota būtiska lineāra pozitīva sakarība starp vienas vārpas graudu masu un graudu ražu (2018. g.:  $r=0.37$ ,  $p=0.001$ ; 2021. gadā:  $r=0.35$ ,  $p=0.002$ ).



3.16. att. **Lineārās korelācijas koeficienti  $r_{yx}$  starp ražu (y) un ražas struktūrelementiem (x) 2018.–2021. g.**

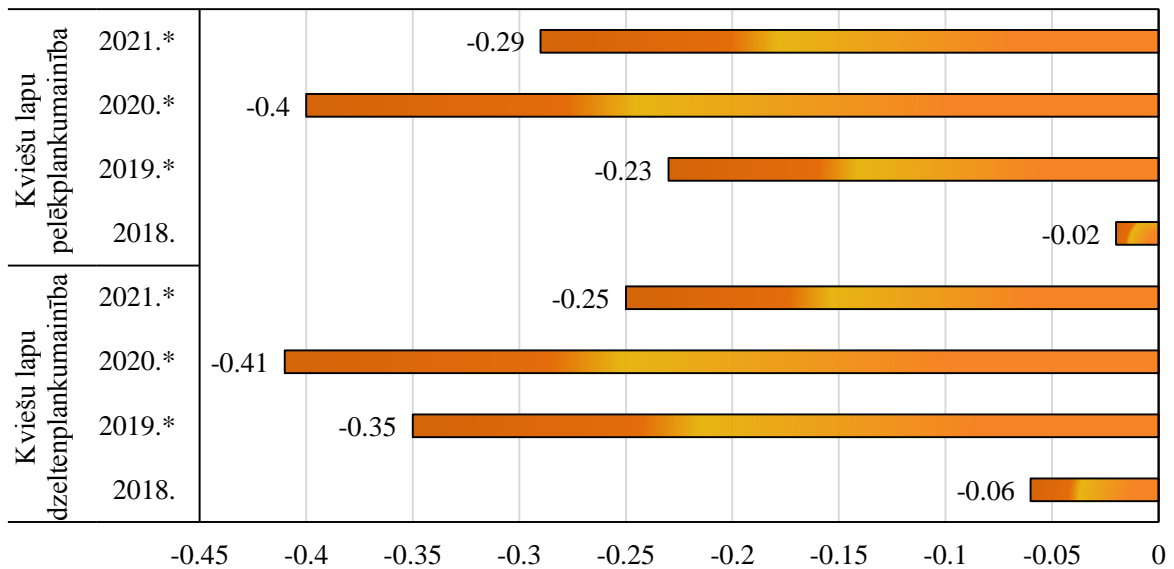
Savukārt vienas vārpas graudu masai bija lielākā ietekme uz TGM (22. pielik.). Visos izmēģinājumu gados iegūtas būtiskas lineāras pozitīvas sakarības starp graudu skaitu vārpā un vienas vārpas graudu masu (20. pielik.), kā arī divos gados (2018:  $r=0.29$ ,  $p=0.008$ ; 2020:  $r=0.42$ ,  $p<0.001$ ) – starp vienas vārpas graudu masu un TGM.

Būtiska pozitīva korelācija starp ražas struktūrelementiem iegūta arī citu pētnieku darbos: starp produktīvo stiebru skaitu un ražu (Darguza, Gaile, 2020), starp graudu skaitu vārpā un vienas vārpas graudu masu (Varga et al., 2005; Auziņa, Liniņa, Stramkale, 2020), starp produktīvo stiebru skaitu, vārpiņu skaitu vārpā un TGM (Saleem et al., 2006). Noteiktās korelācijas starp ražas struktūrelementiem norāda uz to ciešo sakarību ražas veidošanā un apstiprina (22. pielik.), ka ziemas kviešos darbojas ražas kompensācijas mehānisms.

**Sakarības starp lapu plankumainību attīstību un ražas struktūrelementiem.** Lapu plankumainību attīstībai bija vislielākā ietekme uz TGM, bet ar pārējiem struktūrelementiem būtiskas korelācijas nekonstatēja. Arī R. A. Serrago un kolēģi (2011) konstatējuši, ka lapu slimības, kas parādās tikai graudu nobriešanas periodā, neietekmē graudu skaitu, bet samazina graudu masu. Līdzīgus rezultātus ieguvis arī B. Varga ar kolēģiem (Varga et al., 2005) secinot, ka produktīvo stiebru skaitu un graudu skaitu vārpā neietekmē lapu slimības attīstības pakāpe.

Vērtējot kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpes 75.–77. AE un TGM sakarības, statistiski būtiskas lineāras negatīvas sakarības iegūtas trīs izmēģinājuma gados no četriem (3.17. att., 23. pielik.). Statistiski būtiskas lineāras negatīvas sakarības starp kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE un TGM sakarības (3.17. att., 23. pielik.) iegūtas arī gados ar zemu slimības attīstības pakāpi (2021. g.). Rezultāti sakrīt ar Lietuvā veiktā pētījuma datiem, ka kviešu lapu pelēkplankumainībai ir lielāka ietekme uz TGM nekā uz graudu ražu (Verikaitė et al., 2022).

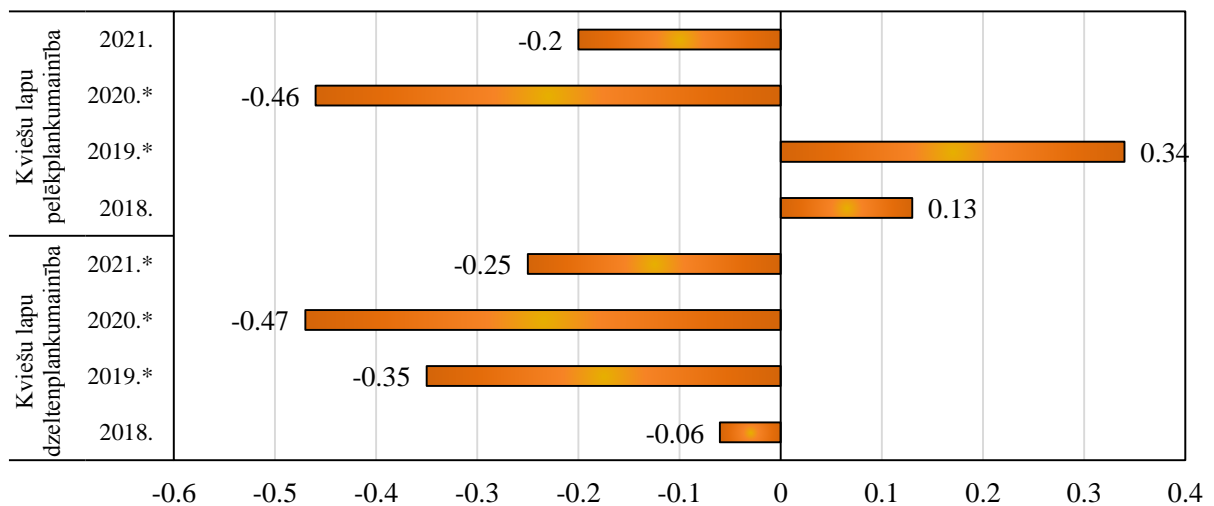




3.17. att. Lineārās korelācijas koeficienti  $r_{yx}$  starp lapu plankumainību attīstības pakāpi 75.–77. AE (x) un 1000 graudu masu (y) 2018.–2021. g.

Vērtējot kviešu lapu dzeltenplankumainības AUDPC vērtību un TGM sakarības, statistiski būtiskas lineāras negatīvas sakarības iegūtas trīs izmēģinājuma gados no četriem (3.18. att., 24. pielik.). Līdzīgas sakarības iegūtas arī starp kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE un TGM (3.18. att., 24. pielik.).

Arī citu pētnieku darbos, analizējot iegūtos datus, iegūta būtiska negatīva korelācija starp kviešu lapu pelēkplankumainības un kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi piengatavības fāzē (73.–75. AE) un graudu ražu (Păunescu et al., 2022).



3.18. att. Lineārās korelācijas koeficienti  $r_{yx}$  starp lapu plankumainību AUDPC vienībām (x) un 1000 graudu masu (y) 2018.–2021. g.

Pretējus rezultātus ieguvis S. Mojerlouss ar kolēģiem (Mojerlou et al., 2009). Lai gan pētnieki ieguva būtisku negatīvu korelāciju starp kviešu lapu pelēkplankumainības AUDPC un graudu ražu, tomēr netika konstatēta būtiska korelācija starp AUDPC un TGM, kā arī starp graudu ražas zudumiem un TGM samazināšanos.

## SECINĀJUMI

1. Kviešu lapu dzeltenplankumainība (ieros. *Pyrenophora tritici-repentis*) ir dominējošā lapu slimība un sējumos bija sastopama katru gadu. Gados ar pastiprinātu nokrišņu daudzumu attīstījās kviešu lapu pelēkplankumainība (ieros. *Zymoseptoria tritici*). Lai gan pirmie lapu slimību simptomi parādījās jau stiebrošanas fāzes sākumā, tomēr strauja kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība sākās piengatavības sākumā. (1. tēze).
2. Fungicīdu lietošana būtiski samazināja kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstību, bet atsevišķu shēmu efektivitāte bija atkarīga no gada agroekoloģiskajiem apstākļiem. Gados ar zemu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpi, slimības ierobežošanai pietika ar vienu smidzinājumu vārpošanas laikā. Tomēr vienreizējas fungicīdu smidzināšanas efektivitāte var būt nepietiekama, ja lieto pusi no pilnas fungicīda devas. Gados ar augstu slimības attīstības pakāpi, augstāka efektivitāte bija novērojama shēmām, kur fungicīdu deva bija dalīta divās (32.–33.AE un 55–59. AE) vai trīs daļās (32.–33.AE, 55–59. AE un 63.–65. AE). (2. tēze).
3. Fungicīdu lietošana būtiski samazināja kviešu lapu pelēkplankumainības attīstību, bet atsevišķu shēmu efektivitāte ir atkarīga no gada agroekoloģiskajiem apstākļiem. Nokrišņiem bagātos gados, kas veicina slimības attīstību, lielāko efektivitāti nodrošināja fungicīdu lietošanas shēma, kur fungicīdu deva sadalīta divās daļās (smidzinājumi veikti 32.-33.AE un 55-59. AE. Gados ar zemu slimības attīstību, slimības ierobežošanai pietiek ar vienu smidzinājumu vārpošanas laikā ar pilnu fungicīda devu. (2. tēze).
4. Fungicīdu lietošana būtiski palielināja lapu zaļās virsmas laukumu piengatavības fāzes vidū. Trīs izmēģinājumu gados no četriem iegūta būtiska pozitīva korelācija starp lapu zaļās virsmas laukumu un 1000 graudu masu, un graudu ražu (2. tēze)
5. Zemākā fungicīdu lietošanas efektivitāte visos pētījuma gados iegūta variantā, kur lietota puse no pilnas fungicīdu devas vārpošanas laikā (55.–57. AE). Gados ar zemu lapu slimību attīstības pakāpi, palielinot fungicīdu lietošanas intensitāti, iegūta līdzīga tehniskā efektivitāte. Savukārt gados, kad labvēlīgāki apstākļi lapu slimību attīstībai, pieaugot fungicīdu lietošanas shēmu intensitātei, pieaug arī tehniskā efektivitāte. Vērtējot vidējos rezultātus, fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte variantos, kur fungicīdu deva dalīta divās vai trīs daļās, būtiski neatšķiras. (2. tēze).
6. Variantā bez fungicīdu lietošanas slāpekļa papildmēslojuma norma neietekmēja ne kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi piengatavības vidū (75.–77. AE), ne abu slimību kopējo attīstību (AUDPC). (3. tēze).
7. Fungicīdu lietošanas shēmu efektivitāte lapu slimību ierobežošanā dažādos slāpekļa mēslojuma fonos atšķīrās tikai vienā pētījuma gadā (2021.) no četriem. Augstākā kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības (AUDPC), lietojot fungicīdus, konstatēta pie N mēslojuma normas 150 kg ha<sup>-1</sup>, palielinot slāpekļa normu, slimības attīstības pakāpe samazinās. Lai gan būtiski augstāku kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi piengatavības vidū, lietojot fungicīdus, konstatēja pie N mēslojuma normas 180 kg ha<sup>-1</sup>, N mēslojuma norma slimības attīstību (AUDPC) neietekmēja. (3. tēze).
8. Vērtējot četru gadu vidējo ražu, fungicīdu lietošana būtiski palielināja graudu ražu. Lai gan augstākās ražas ieguva variantos F1 (TFI=0.5) un F4 (TFI=2.0), tomēr nevar pārliecinoši apgalvot, kura no fungicīdu lietošanas shēmām bijusi efektīvākā. Tomēr jāņem vērā, ka fungicīdu lietošanas efektivitāti ietekmē meteoroloģiskie apstākļi. Pētījumā fungicīdu lietošana būtiski paaugstināja graudu ražas vienā gadā (2020.), divos gados graudu ražu neietekmēja (2019. un 2021.), bet 2018. gadā, sausuma apstākļos, pieaugot fungicīdu intensitātei, garu raža būtiski samazinājās. (4. tēze).
9. Vērtējot vidējos četru gadu rezultātus, ražas struktūrelementi: produktīvo stiebru skaits un graudu skaits vārpā bija atkarīgs no gada meteoroloģiskajiem apstākļiem, bet fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma norma šos rādītājus neietekmēja. 1000

graudu masu būtiski ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi audzēšanas gadā un fungicīdu lietošana. Lai gan 1000 graudu masa fungicīdu lietošanas rezultātā pieauga trīs izmēģinājuma gados no četriem (2019, 2020 un 2021), tomēr pieaugums bija būtisks tikai 2020. gadā. (4. tēze).

10. Lapu plankumainību attīstībai bija ietekme uz 1000 graudu masas veidošanos, bet ar pārējiem struktūrelementiem būtiska korelācijas netika novērota. Vērtējot kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpes 75.–77. AE un 1000 graudu masas sakarības, statistiski būtiskas lineāras negatīvas sakarības iegūtas trīs izmēģinājuma gados no četriem. Savukārt statistiski būtiskas lineāras negatīvas sakarības starp kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpi 75.–77. AE un TGM sakarības iegūtas arī gados ar zemu slimības attīstības pakāpi (2021.). (4. tēze).

## **PATEICĪBA**

Izsaku pateicību LF MPS “Pēterlauki” kolektīvam par lauka izmēģinājumu ierīkošanu, kopšanu un novākšanu, īpašs paldies izmēģinājumu lauka vadītājai L. Šternai un agronomei I. Plūdumai-Pauniņai.

Paldies Mg. agr. J. Kaņepam par palīdzību datu ievākšanā un interpretācijā, kā arī datu matemātiskajā apstrādē.

Paldies profesorēm Dr. biol. B. Bankinai un Dr. agr. Z. Gailei par ieteikumiem rezultātu interpretācijā.

Paldies profesorei Dr.sc.ing. I. Arhipovai par ieteikumiem izmēģinājumu datu matemātiskajā apstrādē.

Paldies Zemkopības institūta kolektīvam par atbalstu.

Īpašs paldies manai ģimenei par sapratni un atbalstu.

## IZMANTOTIE LITERATŪRAS AVOTI

1. Abdullah A. S., Gibberd M., Hamblin J. (2020). Co-infection of wheat by *Pyrenophora tritici-repentis* and *Parastagonospora nodorum* in the wheatbelt of Western Australia. *Crop and Pasture Science*, Vol. 71, p. 119–127.
2. Ahmad B., Khalil H., Iqbal M., Hidayat-Ur-Rahman (2010). Genotypic and phenotypic correlation among yield components in bread wheat under normal and late planting. *Sarhad Journal Agriculture*, Vol. 26 (2), p. 259–265.
4. Andert S., Bürger J., Stein S., Gerowitt B. (2016). The influence of crop sequence on fungicide and herbicide use intensities in North German arable farming. *European Journal of Agronomy*, Vol. 77, p. 81–89.
5. Auziņa I., Liniņa A., Stramkale V. (2020). Ziemas kviešu šķirņu raža un ražas komponentu vērtības atkarībā no šķirnes. *No: Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference. Raksti*. Jelgava: LLU. 26.–30. lpp.
6. Aydogdu M. (2021). Impact of seedling infection of *Septoria tritici* blotch on bread wheat. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 31 (2), p. 500–508.
9. Babulicová M. (2014). The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production. *Plant, Soil and Environment*, Vol. 60, p. 297–302.
10. Bailey K. L., Johnston A. M., Kutcher H. R., Gossen B. D., Morrall R. A. A. (2000). Managing crop losses from foliar diseases with fungicides, rotation, and tillage in the Saskatchewan Parkland. *Canadian Journal of Plant Science*, Vol. 80, p. 169–175.
11. Bancal O. M., Robert C., Ney B. (2007). Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. *Annals of Botany*, Vol. 100 (4), p. 777–789.
12. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., Darguža M. (2021). Impact of crop rotation and soil tillage on the severity of winter wheat leaf blotches. *Rural sustainability research*, Vol. 45 (340), p. 21–27.
13. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., Stanka T. (2018). Importance of agronomic practice on the control of wheat leaf diseases. *Agriculture*, Vol. 8, article 56.
14. Bankina B., Gaile Z., Balodis O., Bimšteine G., Katamadze M., Kreita Dz., Paura L., Priekule I. (2014). Harmful winter wheat diseases and possibilities for integrated control of Latvia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant*, Vol. 64 (7), p. 615–622.
15. Bankina B., Jakobija I., Bimšteine G. (2011). Peculiarities of wheat leaf disease distribution in Latvia. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, Vol. 11 (1), p. 88–95.
16. Bankina B., Kaņeps J., Darguža M., Bimšteine G. (2022). Development of wheat leaf blotches depending on soil tillage system. IOP Conference: Earth and Environmental Science, Volume 1096, article No. 1096.
17. Bankina B., Priekule I. (2011). A review of tan spot research in the Baltic countries: occurrence, biology and possibilities of control. *Zemdirbyste-agriculture*, Vol 98 (1), p. 3–10.
18. Bartosiak S. F., Arseniuk E., Szechyńska-Hebda M., Bartosiak E. (2021). Monitoring of natural occurrence and severity of leaf and glume blotch diseases of winter wheat and winter triticale incited by necrotrophic fungi *Parastagonospora* spp. and *Zymoseptoria tritici*. *Agronomy*, Vol. 11, article 967.
19. Bavec M., Bavec F., Varga B., Kovacevic V. (2002). Relationships among yields, its quality and yield components in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars affected by seeding rates. *Die Bodenkultur*, Vol 53 (3), p. 143–151.
20. Berdugo C. A., Steiner U., Dehne H. W., Oerke E. C. (2012). Effect of bixafen on senescence and yield formation on wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Vol. 104, p. 171–177.

21. Berdugo C. A., Steiner U., Oerke E. C., Dehne H. W. (2011). Effects of the new SDHI-fungicide Bixafen on physiology and yield of wheat plants. *In: Proceedings of 16rd international Reinhrdsbrunn Symposium "Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI"*, Vol. 12., Friedrichroda, Germany, p. 81–84.
22. Beyer M., El Jaroudi M., Junk J., Pogoda F., Dubos T., Görden K., Hoffmann L. (2012). Spring air temperature accounts for the bimodal temporal distribution of *Septoria tritici* epidemics in the winter wheat stands of Luxembourg. *Crop Protection*, Vol. 42, p. 250–255.
23. Bhathal J. S., Loughman R., Speijers J. (2003). Yield reduction in wheat in relation to leaf disease from yellow (tan) spot and *Septoria nodorum* blotch. *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 109 (5), p. 435–443.
24. Bhatta M., Regassa T., Wegulo S., Baenziger P.S. (2018). Foliar fungicide effects on disease severity, yield and agronomic characteristics of modern winter wheat genotypes. *Agronomy Journal*, Vol. 110 (2), p. 1–9.
25. Bimšteine G., Smirnovs O., Rūtenberga-Āva A. (2020). Ziemas kviešu lapu slimību attīstība atkarībā no šķirnes un fungicīdu lietošanas. *No: Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference. Raksti*. Jelgava: LLU. 31.–35. lpp.
26. Blandino M., Reyneri A. (2009). Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON contamination. *European Journal of Agronomy*, Vol. 30, p. 275–282.
27. Bolton M. D., Kolmer J. A., Garvin D. F. (2008). Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology*, Vol. 9 (5), p. 563–575.
28. Brezolin A. P., Gonzales da Silva J. A., Frantz F. C. R., Binel M. O., Valdiero A. K., Zimmer C. M., Mantai R. D., Marolli A., Scremin O. B., Mazurkiewicz G. (2017). The efficiency of wheat yields by nitrogen dose and fractionation. *African Journal of Agricultural Research*, Vol 11 (36), p. 3444–3449.
29. Brinkman J. M. P., Deen W., Lauzon J. D., Hooker D. C. (2014). Synergism of nitrogen rate and foliar fungicides in soft red Winter wheat. *Agronomy Journal* 106 (2), p. 491–510.
30. Budka A., Łacka A., Gaj R., Jajor E., Korbas M. (2015). Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, Vol. 78, p. 84–91.
31. Bunta Gh., Cosma C., Bucurean E., Gorinoiu G, Pîtu S. (2016). Researches regarding the relationship between yield, variety, diseases attack and quality in winter wheat in north-west of Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, Vol. 20 (1), p. 105–112.
34. Cao X. R., Yao D. M., Duan X. Y., Liu W., Fan J. R., Ding K. J., Zhou Y. L. (2014). Effects of powdery mildew on 1000-kernel weight, crude protein content and yield of winter wheat in three consecutive growing seasons. *Journal of Integrative Agriculture*, Vol. 13 (7), p. 1530–1537.
35. Carignano M., Staggenborg S. A., Shryer J. P. (2008). Management practices to minimize tan spot in a continuous wheat rotation. *Agronomy Journal*, Vol. 100 (1), p. 145–153
36. Carretero R., Bancal M.O., Miralles D.J. (2011). Effect of leaf rust (*Puccini triticina*) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*, Vol. 35, p. 237–246.
37. Castro A. C., Fleitas M. C., Schierenbeck M., Gerard G. S., Simón M. R. (2018). Evaluation of different fungicides and nitrogen rates on grain yield and bread-making quality in wheat affected by *Septoria tritici* blotch and yellow spot. *Journal of Cereal Science*, Vol. 83, p. 49–57.
38. Castro A. C., Simón M. R. (2016). Effect of tolerance to *Septoria tritici* blotch on grain yield, yield components and grain quality in Argentinian wheat cultivars. *Crop Protection*, Vol. 90, p. 66–76.

39. Chen W., Wellings C., Chen X., Kang Z., Liu T. (2014). Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*. *Molecular Plant Pathology*, Vol. 15 (5), p. 433–446.
40. Chen W., Zhang J., Deng X. (2019). The spike weight contribution of the photosynthetic area above the upper internode in a winter wheat under different nitrogen and mulching regimes. *The Crop Journal*, Vol. 7, p. 89–100.
41. Chen X. M. (2005). Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) on wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 27 (3), p. 314–337.
42. Cotuna O., Paraschivu M., Paraschivu A. M., Sarateanu 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*, Vol. 47 (2), p. 3–21.
43. Creisner H.E., Glynn E., Spink J. H., Kildea S. (2018). The effect of fungicides applied pre-stem extension on *Septoria tritici blotch* and yield of winter wheat in Ireland. *Crop Protection*, Vol. 104, p. 7–10.
44. Čirkovs J. (1978). Lauksaimniecības meteoroloģijas pamati. Rīga: Zvaigzne. 186 lpp.
47. Darguza M., Gaile Z. (2020). The effect of crop rotation and soil tillage on winter wheat yield. In: *Proceedings of the 26<sup>th</sup> Annual International Scientific conference “Research for Rural Development 2020”*, Jelgava: LLU, Vol. 35, p. 14.–21.
48. De Oliveira S., Ciampitti I., Slafer G. A., Lollato R. P. (2021). Nitrogen utilization efficiency in wheat: A global perspective. *European Journal of Agronomy*, Vol. 114 (3), article 126008
49. De Vallavieille-Pope C., Huber L., Leconte M., Goyeau H. (1995). Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* and *P. striiformis* on wheat seedlings. *Phytopathology*, Vol. 85, p. 409–415.
50. De Wolf E. D., Effertz R. J., Ali S., Francl L. J. (1998). Vistas of tan spot research. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 20 (4), p. 349–444.
51. Delin S., Nyberg A., Lindén B., Ferm M., Torstensson G., Lerenius C., Gruvaeus I. (2008). Impact of crop protection on nitrogen utilisation and losses in winter wheat production. *European Journal of Agronomy*, Vol. 28, p. 361–370.
52. Devadas R., Simpfendorfer S., Backhouse D., Lamb D. (2014). Effect of stripe rust on the yield response of wheat to nitrogen. *The Crop Journal*, Vol. 2, p. 201–206.
53. Djurle A., Twengström E., Andersson B. (2018). Fungicide treatments in winter wheat: the probability of profitability. *Crop Protection*, Vol. 106, p. 182–189.
54. Dooley H., Shaw M.W., Mehenni-Ciz J., Spink J., Kildea S. (2016). Detection of *Zymoseptoria tritici* SDHI-intensive field isolates carrying the *SdhC*-H152R and *SdhD*-R47W substitutions. *Pests Management Science*, Vol. 72, p. 2203–2207.
55. Draz I., Esmail S., Abou-Zeid M., Essa T. (2019). Powdery mildew susceptibility of spring wheat cultivars as a major constraint on grain yield. *Annals of Agricultural Sciences*, Vol. 64, p. 39–45.
56. Duba A., Goriewa-Duva K., Washowska U. (2018). A review of the interactions between wheat and wheat pathogens: *Zymoseptoria tritici*, *Fusarium* spp. and *Parastagonospora nodorum*. *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 19, article 1138.
57. Duczek L. J., Sutherland K. A., Reed S. L., Bailey K. L., Lafond G. P. (1999). Survival of leaf spot pathogens on crop residues of wheat and barley in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 21 (2), p. 165–173.
59. El Jarroudi M., Delfosse P., Maraite H., Hofmann L., Tychon B. (2009). Assessing the accuracy of simulation model for *Septoria* leaf blotch disease progress on winter wheat. *Plant Diseases*, Vol. 93, p. 983–992.
60. El Jarroudi M., Kouadio L., Beyer M., Junk J., Hoffmann L., Tuchona B., Maraite H., Bocke C.H., Delfosse P. (2015). Economics of a decision-support system for managing the

- main fungal diseases of winter wheat in the Grand-Duchy of Luxembourg. *Field Crops Research*, Vol. 172, p. 32–41.
61. El Jarroudi M., Kouadio L., Bock C.H., El Jarroudi M., Junk J., Pasquali M., Maraitte H., Delfosse P. (2017). A threshold-based weather model for predicting stripe rust infection in winter wheat. *Plant Disease*, Vol. 101 (5), p. 693–703.
  62. El Jarroudi M., Kouadio L., Delfosse P., Tychob B. (2014). Brown rust disease control in winter wheat: I. Exploring an approach for disease progression based on night weather conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 21, p. 4797–4808.
  63. El Jarroudi M., Kouadio L., Giraud F., Delfosse P, Tychon B. (2014). Brown rust disease control in winter wheat: II. Exploring the optimization of fungicide sprays through a decision support system. *Environmental Science and pollution Research*, Vol. 21(7). p. 4809–4818.
  64. El Jarroudi M., Kouadoi L., El Jarroudi M., Junk J., Bock C., Diouf A.A., Delfosse P. (2017). Improving fungal disease forecasts in winter wheat: a critical role of intraday variations of meteorological conditions in the development of Septoria leaf blotch. *Field Crop Research*, Vol. 213, p. 12–20.
  65. El Jarroudi M., Lahlali R., El Jarroudi H., Tychon B., Belleflamme A., Junk J., Denis A., El Jarroudi M., Kouadio L. (2020). Employing weather-based disease and machine learning techniques for optimal control of Septoria leaf blotch and stripe rust in wheat. *In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference “Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development”*, Cham, Morocco. p. 1–9.
  66. Evarte-Bundere G., Everts-Bunders P. (2012). Using of the hydrothermal coefficient (HTC) for interpretation of distribution of non-native tree species in Latvia on example of cultivated species of genus *Tilia*. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, Vol 12 (2), p. 135–148.
  67. Eversmeyer M. G., Kramer C. L. (2000). Epidemiology of wheat leaf and stem rust in the central Great plains of the USA. *Annual Review of Phytopathology*, Vol. 38, p. 491–513.
  68. Feng Y., Huang Y., Zhan H., Bhatt P., Chen S. (2020). An overview of strobilurin fungicide degradation: current status and future perspective. *Frontiers in Microbiology*, Vol. 11, article 389.
  69. Feodorova-Fedotova L., Bankina B. (2018). Characterization of yellow rust (*Puccinia striiformis* Westend.): review. *In: Proceedings of the 24<sup>th</sup> Annual International Scientific Conference “Research for Rural Development 2018”*, Jelgava: LLU p. 69–76.
  70. Feodorova-Fedotova L., Bankina B. (2020). Occurrence of genetic lineages of *Puccinia striiformis* in Latvia. *In: Proceedings of the 26<sup>th</sup> Annual International Scientific Conference “Research for Rural Development 2020”*, Jelgava: LLU, p. 27–35.
  71. Feodorova-Fedotova L., Jakobija I., Moročko-Bičevska I. (2021). Latvijā sastopamās *Puccinia striiformis* rases, kviešu šķirņu izturība pret dzelteno rūsu un uz bārbelēm sastopamo *Puccinia* sugu identifikācija. *No: Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference. Raksti*. Jelgava: LLU. 53–55 lpp.
  72. Fernandez M.R., Stevenson C.F., Hodge K., Dokken-Bouchard F., Pearse P.G., Waelchli F., Brown A., Peluola C. (2016). Assessing effects of climatic change, region and agronomic practices on leaf spotting of bread and durum wheat in the Western Canadian prairies, from 2001 to 2012. *Agronomy Journal*, Vol. 108 (3), p. 1180–1195.
  73. Fleitas M. C., Schierenbeck M., Gerarda G. S., Dietza J. I., Golika S. I., Simón M. R. (2018). Bread making quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. *Crop Protection*, Vol. 106, p. 201–209.
  74. Fones H., Gurr S. (2015). The impact of *Septoria tritici* blotch disease on wheat: An EU perspective. *Fungal Genetics and Biology*, Vol. 79, p. 3–4.



75. Freer B., Yoxall T., Burnett F. J. (2018). Managing septoria and maintaining yield in winter wheat through flexible fungicide programmes. *In: Proceedings of the Dundee Conference "Crop production in Northern Britain 2018"*, Dundee, United Kingdom, p. 79–84.
76. Gaile Z., Ruza A., Kreita D., Paura. L. (2017). Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient. *Agronomy Research*, Vol. 15 (1), p. 79–93.
77. Gaju O., Allard V., Martre P., Le Gouis I., Moreau D., Bogard M., Hubbart S., Foulkes M. J. (2014). Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crop Researches*, Vol. 155, p. 213–223.
78. Gao H., Niu J., Li S. (2018). Impacts of wheat powdery mildew on grain yield and quality and its prevention and control methods. *American Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 6 (5), p. 141–147.
79. Gaurilčikienė I., Butkutė B., Mankevičienė A. (2010). A multi-aspect comparative investigation on the use of strobilurin and triazole-based fungicides for winter wheat disease control. *In: O. Carisse (Ed.), Fungicides*. InTech, p. 69–94.
80. Głazek M., Krzyżińska B., Maczyńska A. (2012). Occurrence of *Stagonospora nodorum* glume blotch of wheat in the region of middle-southern Poland. *Acta Agrobotanica*, Vol. 58 (1), p. 23–28.
81. Gomes C., Costa R., Almeida A. S., Coutinho J., Pinheiro N., Coco J., Costa A., Maças B. (2016). Septoria leaf blotch and yellow rust control by: fungicide application opportunity and genetic response of bread wheat varieties. *Emirates Journal of Food and agriculture*, Vol. 28 (7), p.493–500.
82. Gooding M.J., Dimmock J. P. R. E., France J., Jones S. A. (2000). Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annual Applied Biology*, Vol. 136, p. 77–84.
83. Green A. J., Berger G., Griffey C. A., Pitman R., Thomason W., Balota M. (2014). Genetic resistance to and effect of leaf rust and powdery mildew on yield and its components in 50 soft red winter wheat cultivars. *Crop Protection*, Vol. 64, p. 177–186.
84. Habuš Jerčić I., Barić M., Kereša S., Bošnjak Mihovilović A., Poljak M., Lazarečić B. (2018). Effect of terminal drought on yield and some physiological traits of winter wheat. *Genetica*, Vol. 50 (2), p. 747–753.
85. Hagelskjæ L., Jørgensen L.N. (2003). A web-based decision support system for integrated management of cereal pests. *EPPO Bulletin*, Vol. 33(3), p. 467–471.
86. Hassan A., Akram M.U., Hussain M.A., Bashir M.A., Mostafa Y.S., Alamri S.A.M., Hashem M. (2022). Screening of different wheat genotypes against leaf rust and role of environmental factors affecting disease development. *Journal of King Saud university – Science*, Vol. 34, article 101991.
87. He Ch., Zhang Y., Zhou W., Gui Q., Bai B., Shen S., Huang G. (2019). Study on stripe rust (*Puccinia striiformis*) effect on grain filling and seed morphology building of special winter wheat germplasm Huixianhong. *PLoS One*, Vol. 14 (5), article e0215066.
88. Henriksen K.E., Jørgensen L.N., Nielsen G.C. (2000). PC-Plant Protection – a tool to reduce fungicide input in winter wheat, winter barley and spring barley in Denmark. *In: Proceedings of Brighton Crop Protection Conference "Pest and diseases"*, Vol. 2, Brighton, United Kingdom, p. 835–840.
89. Henze M., Beyer M., Klink H., Verreet J.A. (2007). Characterizing meteorological scenarios favourable for *Septoria tritici* infections in wheat and estimation of latent periods. *Plant Diseases*, Vol. 91, p. 1445–1449.
90. Herrera-Foessel S. A., Singh R. P., Huerta-Espino J., Crossa J., Yuen J., Djurle A. (2006). Effect of leaf rust on grain yield and yield traitr of durum wheats with racespecific and slow-rusting resistance to leaf rust. *Plant diseases*, Vol. 90, p. 1065–1072.

91. Hlaváčová M., Klem K., Rapantová B., Novotná K., Urban O., Hlavinka P., Smutná P., Horáková V., Škarpa P., Pohanková E., Wimmerová M., Orság M., Jurečka F., Trnka M. (2018). Interactive effects of high temperature and drought stress during stem elongation, anthesis and early grain filling on the yield formation and photosynthesis of winter wheat. *Field Crop Research*, Vol. 221, p. 182–195.
92. Hosford R. M., Larez C. R., Hammond J. J. (1987). Interaction of wet period and temperature on *Pyrenophora tritici-repentis* infection and development in wheats of different resistance. *Phytopathology*, Vol. 77, p. 1021–1027.
93. Hovmøller M.S., Walter S., Bayles R.A., Hubbard A., Flath K., Sommerfeldt N., Leconted M., Czembore P., Rodriguez-Algaba J., Thach T., Hansen J. G., Lassen P., Justesen A. F., Ali S., de Vallavieille-Pope C. (2016). Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region. *Plant Pathology*, Vol. 65 (3), p. 402–411.
94. Hovmøller M.S., Yahyaoui A.H., Milus E.A. (2008). Rapid global spread of two aggressive strains of a wheat rust fungus. *Molecular Ecology*, Vol. 17, p. 3818–3826.
95. Huerta-Espino J., Singh R.P., Germán S., Mccallum B.D., Park R.F., Chen W.Q., Bhardwaj S. C., Goyeau H. (2011). Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica*, Vol. 179, p. 143–160.
96. Jaenisch B. R., De Oliveira Silva A., DeWolf E., Ruiz-Diaz D. A., Lallato R. P. (2019). Plant population and fungicide economically reduced winter wheat yield gap in Kansas. *Agronomy Journal*, Vol. 111(2), p. 1–16.
97. Jakab P., Masa N., Jusztin Á., Baranyi A., Kristo-Szél I. (2018). Study of fertilization on the yield components, yield and quality of winter wheat. *Research Journal of Agricultural Science*, Vol. 50 (1), p. 93–100.
98. Jakab P., Mihály P.I., Horváth T., Kristó I. (2016). The study of seed testing parameters of winter wheat and triticale varieties. *Lucrări Științifice*, Vol. 18 (1), p. 127–130
99. Jalli M., Kaseva J., Andersson B., Ficke A., Nistrup-Jørgensen L., Ronis A., Kaukoranta T., Ørum J.E., Djurle A. (2020). Yield increases due to fungicide control of leaf blotch diseases in wheat and barley as a basis for IPM decision-making in the Nordic-Baltic region. *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 158 (2), p. 315–333
100. Jankowski K. J., Budzyński W. S., Dubis B. (2015). Correlations between the yield components and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.) grown after winter rapeseed. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crop*, Vol. 36, p. 26–38.
101. Jevtić R., Župunski V., Lalošević M., Župunski, L. (2017). Predicting potential winter wheat yield losses caused by multiple disease systems and climatic conditions. *Crop Protection*, Vol. 99, p. 17–25.
102. Jensen P. K., Jørgensen L. N. (2016). Interactions between crop biomass and development of foliar diseases in winter wheat and the potential to graduate the fungicide dose according to crop biomass. *Crop Protection*, Vol. 81, p. 92–98.
103. Jevtić R., Župunski V., Lalošević M., Jocković B., Orbović B., Ilin S. (2020). Diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to obligate pathogens under fluctuating climatic conditions. *Scientific reports*, Vol. 10, article 19608.
104. Jørgensen L. N. (2008). Resistance situation with fungicides in cereals. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 95 (3), p. 373–378.
105. Jørgensen L. N., Heick T. M. (2021). Azole use in agriculture, horticulture, and wood preservatiuon – is it indispensable? *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, Vol. 11, article 730297
106. Jørgensen L. N., Hovmøller M. S., Hansen J. G., Lassen P., Clark B., Bayles R., Rodemann B., Flath K., Jahn M., Goral T., Czembor J. J., Cheyron P., Maumene C., De Pope C., Ban R., Nielsen G. C., Berg, G. (2014). IPM strategies and their dilemmas including an introduction to [www.eurowheat.org](http://www.eurowheat.org). *Journal of Integrative Agriculture*, Vol. 13 (2), p. 265–281.

107. Jørgensen L. N., Matzen N., Havis N., Holdgate S., Clark B., Blake J., Glazek M., Korbas M., Danielewicz J., Maumene C., Rodemann B., Weigand S., Kildea S., Bataille C., Brauna-Morževska E., Gulbis K., Ban R., Berg G. (2020). Efficacy of common azoles and mefentrifluconazole against Septoria, brown rusts and yellow rusts in wheat across Europe. *In: Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Reinhardtsbrunn Symposium “Modern fungicides and antifungal compounds XIX”*, Friedrichroda, Germany, p. 27–34.
108. Jørgensen L. N., Matzen N., Heick T. M., Havis N., Holdgate S., Clark B., Blake J., Glazek M., Korbas M., Danielewicz J., Maumene C., Rodemann B., Weigand S., Kildea S., Bataille C., Brauna-Morževska E., Gulbis K., Ban R., Semaskiene R., Stammler G. (2021). Decreasing azole sensitivity of *Z. tritici* in Europe contributes to reduced and varying field efficacy. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Vol. 128, p. 287–301.
109. Jørgensen L. N., Olesen J. E. (2002). Fungicide treatment affect yield and moisture content of grain and straw in winter wheat. *Crop Protection*, Vol. 21, p. 1023–1032.
110. Jørgensen L. N., Olsen L. V. (2007). Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. *Crop Protection*, Vol. 26, p. 1606–1616.
111. Justesen A. F., Corsi B., Ficke A., Hartl L., Holdgate S., Jørgensen L. N., Lillemo M., Lin M., Mackay I. J., Mohler V., Stadlmeier M., Tan K. C., Turner J., Oliver R. P., Cockram J. (2021.) Hidden in plain sight: a molecular field survey of three leaf blotch fungal diseases in North-Western Europe shows co-infection is widespread. *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 160 (4), p. 1–14.
112. Kaņeps J., Moročko-Bičevska I., Bankina B., Fridmanis D., Roga A., Zhukovski A., Krupenko N., Buga S., Odintsova I., Radivon V. (2022). Diversity in morphotypes and necrotrophic effectors (Nes) of *Pyrenophora tritici-repentis* strains in Latvia and Belarus. *Cereal Research Communications*, Vol. 50, p.1037–1043.
113. Kārklīņš A., Līpenīte I., Ruža A. (2017). Slāpekļa mēslojums un kultūraugu ražas Saldus pētījumā poligonā. *No: Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference. Raksti*. Jelgava: LLU. 42.–48. lpp.
114. Kema G. H. J., Yu D., Rijkenberg, F. H. J., Shaw M. W., Baayen R. P. (1996). Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology*, Vol. 86 (7), p. 777–786.
115. Khanfri S., Boulif M., Lahlali R. (2018). Yellow rust (*Puccinia striiformis*): a serious threat to wheat production worldwide. *Noulae Scientia Biologicae*, Vol. 10 (3), p. 410–423.
116. Kiiker R., Juurik M., Heick T. M., Mäe A. (2021). Changes in DMI, SDHI, and QoI fungicide sensitivity in the Estonian *Zymoseptoria tritici* population between 2019 and 2020. *Microorganisms*, Vol. 9 (4), article 814.
117. Kiss L., Veres S. (2017). Study of yellow infection on various winter wheat genotypes. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, Vol. 4 (2), p. 27–32.
118. Kleczewski N. M., Whaley C. (2018). Assessing the utility of the growth regulator trinexapac-ethyl and fungicides in mid-Atlantic soft red winter wheat production systems. *Crop Protection*, Vol. 1004, p. 60–64.
119. Klink H., Prah K.C., Hasler M., Verreet J. A., Birr T. (2022). Efficiency and effectivity of a biological-epidemiological fungal disease management system in wheat – A study of 26 years. *Agronomy*, Vol. 12 (8), article 1099.
120. Kondić D., Bajić M., Hajder Đ., Knežević D. (2017). Variability of number of spikes per unit area and grain yield effected by different sowing densities of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agro-knowledge Journal*, Vol. 18 (2), p. 131–141.
121. Koua A.P., Baig M. M., Oyiga B. C., Léon J., Ballvora A. (2021). Fungicide application affects nitrogen utilization efficiency, grain yield and quality of winter wheat. *Agronomy*, Vol. 11, article 1295.
122. Kremneva O. Yu, Mironenko V. V., Volkova G. V., Baranova O. A., Kin Y. S., Kovalenko N. M. (2021). Resistance of winter wheat varieties to the tan spot in the North

- Caucasus region of Russia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Vol. 28 (3), p. 1787–1794.
123. Kristó I., Tar M., Jakab P., Jancsó K., Petróczi I. M. (2019). Impact of nitrogen supply on relative development of three winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Research Journal of Agricultural Science*, Vol. 51 (1), p. 138–144.
  124. Krupinsky J. M., Halvorson A. D., Tanaka D. L., Merrill S. D. (2007). Nitrogen and tillage effects on wheat leaf spot diseases in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, Vol. 99, p. 562–569.
  125. Kulyk M. I., Rozhkov A. O., Kalinichenko O. V., Taranenko A. O., Onopriienko O. V. (2020). Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*, Vol. 18 (3), p. 2102–2116.
  126. Kutcher H. R., Johnston A. M., Bailey K. L., Malhi S. S. (2011). Managing crop losses from plant diseases with foliar fungicides, rotation and tillage on a black Chernozem in Saskatchewan, Canada. *Field Crop Research*, Vol. 124, p. 205–212.
  127. Kuzdralinski A., Szczerba, H., Tofil K., Filipiak A., Garbarczyk E., Dziadko P., Muszynska M., Solarska E. (2015). Early PCR detection of the *Mycosphaerella graminicola* in the leaves of winter wheat in Poland. *Romanian Agricultural Research*, Vol. 32, p. 273–277.
  128. Landorfi V., Visioli G., Blandino M. (2021). Effect of nitrogen fertilization and fungicide application at heading on the gluten protein composition and rheological quality of wheat. *Agronomy*, Vol. 11, article 1687.
  129. Lin M., Ficke A., Cockram J., Lilemo M. (2020). Genetic structure of the Norwegian *Parastagonospora nodorum* population. *Frontiers in Microbiology*, Vol. 11, article 1280.
  130. Liniņa A., Ruža A. (2015). Slāpekļa mēslojuma un meteoroloģisko apstākļu ietekme uz ziemas kviešu graudu fizikālajiem rādītājiem. No: *Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskā konference. Raksti*. Jelgava: LLU. 70.–73. lpp.
  131. Liniņa A., Ruža A. (2018). The influence of cultivar, weather conditions and nitrogen fertilizer on winter wheat grain yield. *Agronomy Research*, Vol. 16 (1), p. 147–156.
  132. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2018). Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. *Agronomy Research*, Vol. 16 (2), p. 500–509.
  133. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2017). Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. In: Proceedings of the 23<sup>rd</sup> Annual International Scientific Conference “Research for Rural Development 2017”, Jelgava: LLU, p. 54–61.
  134. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2019a). Effect of nitrogen rate and forecrop on nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Agronomy Research*, Vol. 17 (2), p. 582–592.
  135. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2019b). Ziemas kviešu raža un ražas komponentu vērtības atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas vidēji četros gados. No: *Ražas svētki “Vecauce-2019”: Gaidot starptautisko zinātnes izvērtējumu*, Jelgava: LLU, 33.–36. lpp.
  136. Liu Z., El-Basyoni I., Kariyawasam G., Zhang G., Fritz A., Hansen J., Friskop A., Chao S., Akhunov E., Baenziger P.S. (2015). Evaluation and association mapping to tan spot and stagonospora nodorum blotch in adapted winter wheat germplasm. *Plant Disease*, Vol. 99(10), p. 1333–1341.
  137. Louce C., Meynard J. M., Bouchard C., Rolland B., Lonnet P., Bataillon P., Bernicot M. H., Bonnefoy M., Charrier X., Debote B., Demarquet T., Duperrier B., Félix I., Heddadj D., Leblanc O., Leleu M., Mangin P., Méausoone M., Doussinault G. (2008). Interaction between cultivar and crop management effects on winter wheat diseases, lodging and yield. *Crop Protection*, Vol. 27, p. 1131–1142.
  138. Lynch J. P., Doyle D., McAuley S., MCHardy F., Dannels Q., Black L. C., White E. M., Spink J. (2017). The impact of variation in grain number and individual grain weight on

- winter wheat yield in the high yield potential environment of Ireland. *European Journal of Agronomy*, Vol. 87, p. 40–49.
141. Matzen N., Jørgensen J. R., Holst N., Jørgensen L. N. (2019). Grain quality in wheat – impact of disease management. *European Journal of Agronomy*, Vol. 103, p. 152–164.
  142. Mazzili S. R., Ernst O. R., Pereira de Mello V., Pérez C. A. (2016). Yield losses on wheat crops associated to the previous winter crop: Impact of agronomic practices based on on-farm analyses. *European Journal of Agronomy*, Vol. 75, p. 99–104.
  143. Mehra L. K., Cowger C., Weiz R., Ojiambo, P. S. (2015). Quantifying the effects of wheat residue on severity of *Stagonospora nodorum* blotch and yield in winter wheat. *Ecology and Epidemiology*, Vol. 105 (11), p. 1417–1426.
  144. Mihailova G., Stoyanova A., Rodeva R., Bankina B., Bimsteine G., Georgieva K. (2019). Physiological changes in winter wheat genotypes in response to the *Zymoseptoria tritici* infection. *Photosynthetica*, Vol. 57 (2), p. 428–437.
  145. Milus E. A., Kristensen K., Hovmøller M. S. (2016). Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytopathology*, Vol. 99 (1), p. 89–94.
  146. Mojerlou S., Safaie N., Alizadeh A., Khelghatibana F. (2009). Measuring and modelling crop loss of wheat caused by *Septoria* leaf blotch in seven cultivars and lines in Iran. *Journal of Plant Protection Research*, Vol. 49(3), p. 257–262.
  147. Mustăţea P., Saulescu N. (2011). Estimation of genetic trends in yield and agronomic traits of recent romanian winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, using direct comparisons in multiyear, multi-location yield trials. *Romanian Agricultural Research*, Vol. 28, p. 17–24.
  148. Mwadzingeni L., Shimelis H., Dube E., Laing M. D., Tsilo T. J. (2016). Breeding wheat for drought tolerance: Progress and Technologies. *Journal of Integrate Agriculture*, Vol. 15 (5), p. 935–943.
  149. Nedyalkova S., Stovanova Z., Rodeva R. (2020). Contribution of *Parastagonospora nodorum* to the leaf and glume blotch of durum wheat in Bulgaria. *Agricultural science and Technology*, Vol. 12 (2), p. 114–117.
  150. Oerke E. C., Beck, C., Dehne H. W. (2001). Physiological effects of strobilurins on wheat yield. *Phytopathology*, Vol. 91, p. 67–71.
  151. Olesen J. E., Jørgensen L. N., Petersen J., Mortensen J. (2003). Effects of rate and timing of nitrogen fertilizer on disease control by fungicides in winter wheat. I. Grain yield and foliar disease control. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 140, p. 1–13.
  153. Păunescu G., Paraschiv M., Păunescu R.A., Roşculete C.A. (2022). The relationship between yield and pathogens attack on the advanced breeding winter wheat lines assessed for plant resistance. *Scientific Papers Series. Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, Vol. 22 (1), p. 493–501.
  154. Petit A. N., Fontaine F., Vatsa P., Clément C., Vaillant-Gaveau N. (2012). Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. *Photosynthesis Research*, Vol. 111, p. 315–326.
  155. Pietrusińska A., Tratwal A. (2020). Characteristics of powdery mildew and its importance for wheat grown in Poland. *Plant Protection Science*, Vol. 56 (3), p. 141–153.
  156. Prey L., Germer M., Schmidhalter U. (2019). Temporal and organ-specific responses in NUE traits to N fertilization, fungicide intensity and early sowing in winter wheat cultivars. *Agronomy*, Vol. 9 (6), article 313.
  157. Price C. L., Parker J. E., Warrilow A. G. S., Kelly D. E., Kelly S. L. (2015). Azole fungicides – understanding resistance mechanisms in agricultural fungal pathogens. *Pest management Science*, Vol. 71, p. 1054–1058.
  158. Protić R., Todorović G., Sečanski M., Protić N. (2019). Grain yield and some components in various wheta genotypes with different seed sizes. *Azarian Journal of Agriculture*, Vol. 6 (2), p. 37–45.

159. Racz I., Kadar R., Moldovan V., Haş I. (2015). Performance and stability of grain yield and yield components in some winter wheat varieties. *Romanian Agricultural Research*, Vol. 32, p. 11–17.
160. Rempelos L., Almuayrifi M. S. B., Baranski M., Tetard-Jones C., Barkla B., Cakmak I., Ozturk L., Cooper J., Volakakis N., Hall G., Zhao B., Rose T. J., Wang J., Kalee H. A., Sufar E., Hasanalieya G., Bilsboorow P., Leifert C. (2020). The effect of agronomic factors on crop health and performance of winter wheat varieties bred for the conventional and the low input farming sector. *Field Crop Research*, Vol. 254, article 107822.
161. Rodríguez-Moreno V. M., Jiménez-Lagunes A., Estrada-Avalos J., Mauricio-Ruvalcaba J. E., Padilla-Ramírez J. S. (2020). Weather-data-based mode: an approach for forecasting leaf and stripe rust on winter wheat. *Meteorological applications*, Vol. 27, article e1986.
162. Rodrigo S., Cuello-Hormogo B., Gomes C., Santamaria O., Costa R., Poblaciones M. (2014) Influence of fungicide treatments on disease severity caused by *Zymoseptoria tritici*, and on grain yield and quality parameters of bread-making wheat under Mediterranean conditions. *European Journal of Plant Pathology*, Vol. 141, p. 99–109.
163. Rodrigues-Algaba J., Sørensen C. K., Labouriau R., Justesen A. F., Hovmøller M. S. (2020). Susceptibility of winter wheat and triticale to yellow rust influenced by complex interaction between vernalisation, temperature, plant growth stage and pathogen race. *Agronomy*, Vol. 10, article 13.
164. Ronis A., J., Jørgensen L. N., Semaškienė R., Gaurilčikienė I., Ramanauskienė J. (2014). Sensitivity of *Mycosphaerella graminicola* isolates to demethylation-inhibiting (DMI) fungicides. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 101 (2), p. 177–184.
165. Ronis, A., Semaškienė R. (2009). Influence of leaf diseases on grain yield and yield components in winter wheat. *Journal of Plant Protection Research*, Vol. 49 (2), p. 151–157.
166. Ronis, A., Semaškienė R. (2011). Relationship of AUDPC values of tan spot and *Stagonospora glume blotch* with grain infection in winter and spring wheat. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 98(1), p. 11–18.
167. Roth M. G., Mourtzinis S., Gaska J. M., Mueller B., Roth A., Smith D. L., Conley S. P. (2020). Wheat grain and straw yield, grain quality, and diseases benefits associated with increased management intensity. *Agronomy Journal*, Vol. 113 (1), p. 308–320.
168. Rozo-Ortega G. P., Serrago R. A., Lo Valvo P. J., Fleitas M. C., Simón M. R., Miralles D. J. (2021). Grain yield, milling and breadmaking quality responses to foliar diseases in old and modern Argentinean wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*, Vol. 99, article 103211
169. Ruske R. E., Gooding M. J., Jones S. A. (2003). The effects of adding picoxystrobin, azoxystrobin and nitrogen to a triazole programme on disease control, flag leaf senescence, yield and grain quality of winter wheat. *Crop Protection*, Vol. 22, p. 975–987.
170. Ruža A., Maļeckā S., Kreita Dz. (2012) Slāpekļa mēslojuma normu ietekme uz barības vielu izmantošanās rādītājiem ziemas kviešiem. *No: Zinātne Latvijas Lauksaimniecības nākotnei: pārtika, lopbarība, šķiedra un enerģija. Raksti*. Jelgava: LLU. 82.–86. lpp.
171. Saleem U., Khalig I., Mahmood T., Rafique M (2006). Phenotypic and genotypic correlation coefficients yield and yields components in wheat. *Journal of Agronomy Research*, Vol. 44 (1), p. 1–6.
172. Sauter H., Steglich W., Anke T. (1999). Strobilurins: evolution of a new class of active substances. *Angewandte Chemie International Edition*, Vol. 38, p. 1328–1349.
173. Savary S., Djurle A., Yuen J., Ficke A., Rossi V., Esker P. D., Fernandes J. M. C., Del Ponte E. M., Kimar J., Madden L. V., Paul P., McRoberts N., Singh P. K., Huber L., Pope de Vallavielle C., Saint-Jean S., Willcoquet L. (2017). A white paper on global wheat health based on scenario development and analysis. *Phytopathology*, Vol. 107, p. 1109–1122.

- 174.Schierenbeck M., Fleitas M. C., Gerard G. S., Dietz J. I., Simón M. R. (2019). Combinations of fungicide molecules and nitrogen fertilization revert nitrogen yield reductions generated by *Pyrenophora tritici-repentis* infections in bread wheat. *Crop Protection*, Vol. 121, p. 173–181.
- 175.Schierenbeck M., Fleitas M. C., Miralles D. J., Simón M. R. (2016). Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust? *Field Crops Researches*, Vol. 199, p. 65–76.
- 176.Serrago R. A., Carretero R., Bancal M. O., Miralles D. J. (2011). Grain weight response to foliar diseases control in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crop Research*, Vol. 120, p. 352–359.
- 177.Shankar M., Reeves K., Bradley J., Varischetti R., Loughman R. (2020). Effect of varietal resistance on the yield loss function of wheat to nodorum blotch. *Plant Pathology*, Vol. 70, p. 745–759.
- 178.Shankar M., Walker E., Golzar H., Loughman R., Wilson R.E., Francki M. G. (2008). Quantitative trait loci for seedling and adult plant resistance to *Staganospora nodorum* in wheat. *Phytopathology*, Vol. 98, p. 886–893.
- 179.Sharma R. C., Nazari K., Amanov A., Ziyaev Z., Jalilov A. U. (2016). Reduction of winter wheat yield losses caused by stripe rust through fungicide management. *Journal of Phytopathology*, Vol. 164, p. 671–677.
- 180.Shaw M. W., Berachell S. J., Fitt B. D. L., Fraaije B. A. (2008). Long-term relationships between environment and abundance in wheat of *Phaespharia nodorum* and *Mycosphaerella graminicola*. *New Phytologist.*, Vol. 177, p. 229–238.
- 181.Sierotzki H., Scalliet G. (2013). A review of current knowledge of resistance aspects for the next-generation succinate dehydrogenase inhibitor fungicides. *Phytopathology*, Vol. 103 (9), p. 880–887.
- 182.Simón M. R., Ayala F. M., Golik S. I., Terrile I. I., Cordo C. A., Perelló A. E., Moreno V., Chidichimo H. O. (2011). Integrated foliar disease management to prevent yield loss in Argentinian wheat production. *Agronomy Journal*, 103 (5), p. 1–11.
- 183.Simón M. R., Cordo C. A., Perello A. E., Struik P. C. (2003). Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *Journal of Phytopathology*, Vol. 151, p. 283–289.
- 184.Simón M. R., Perelló A. E., Cordo C. A., Struik P. C. (2002). Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Sciences*, Vol. 42, p. 1974–1981.
- 185.Singh P. K., Singh R. P., Duveiller E., Mergoum M., Adhikari T. B., Elias E. M. (2010). Genetics of wheat – *Pyrenophora tritici repentis* interactions. *Euphytica*, Vol. 171, p. 1–13.
- 186.Singh R. P., Huerta-Espino J., William H. M. (2004). Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 29, p. 121–127.
- 187.Singh R. P., Singh P. K., Rutkoski J. (2016). Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetics control. *Annual Review of Phytopathology*, Vol. 54, p. 303–322.
- 188.Skudra I., Ruža A. (2016). Ziemas kviešu 1000 graudu masas un graudu tilpummasas ietekmējošo faktoru izvērtējums. *No: Zinātniski praktiskās konferences “Līdzsvarota lauksaimniecība”*. Raksti, Jelgava: LLU, 217.–218. lpp.
- 189.Smith J., Grimmer M., Waterhouse S., Paveley N (2013). Quantifying the non-fungal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance, water use efficiency and yield in winter wheat. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, Vol. 78 (3), p. 523–535.
- 190.Smutná P., Elzner P., Středa T. (2018). The effect of water deficit on yield and yield component variation in winter wheat. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol. 83 (1), p. 105–111.

191. Sørensen C. K. (2012). Infection biology and aggressiveness of *Puccinia striiformis* on resistant and susceptible wheat. Ph.D Thesis. University of Aarhus, Denmark, Nordre Rindgade, Aarhus
192. Staugaitis G., Poškus K., Brazienė Z. (2021). Optimization of nitrogen fertilisation of winter wheat. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 108 ( 3), p. 203–208.
193. Steinberg G. (2015). Cell biology of *Zymoseptoria tritici*: Pathogen cell organization and wheat infection. *Fungal Genetics and Biology*, Vol. 79, p. 17–23.
194. Straziņa V., Fetere V., Feodorova-Fedotova L., Jasko J., Treikale O. (2017). Reaction of winter wheat genotypes on the yellow (stripe) rust *Puccinia striiformis* Wes. **In: Proceedings of the 8th International Scientific conference “Rural Development 2017”**, Kaunas: A. Stulginskis University, p. 139–142.
195. Suffert F., Thompson R. N. (2018). Some reasons why the latent period should not always be considered constant over the course of a plant disease epidemic. *Plant Pathology*, Vol. 67, p. 1831–1840.
196. Sylvester P. N., Kleczewski N. M. (2018). Evaluation of foliar fungicide programmes in mid-Atlantic winter wheat production systems. *Crop Production*, Vol. 103, p. 103–110.
197. Šip V., Chrpová J., Palicová, J. (2015). Response of selected winter wheat cultivars to inoculation with different *Mycosphaerella graminicola* isolates. *Czech Journal of Genetic and Plant Breeding*, Vol. 51 (3), p. 86–95.
198. Trnka M., Brázdil R., Olesen J. E., Eitzinger J., Zahradníček P., Kocmánková E., Dobrovolný P., Štěpánek P., Mozný M., Bartošová L., Hlavinka P., Semerádová D., Valášek H., Havlíček M., Horáková V., Fischer M., Zalud Z. (2012). Could the changes in regional crop yields be a pointer of climatic change? *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 166, p. 62–71.
199. Turka I. (2012). Integrētā augu aizsardzība un ģenētiski modificētie kultūraugi – mūsdienu aktualitātes augu aizsardzībā. **No: Zinātne Latvijas Lauksaimniecības nākotnei: pārtika, lopbarība, šķiedra un enerģija. Raksti**. Jelgava: LLU. 21. –24. lpp.
200. Ullah I., Ali N., Durrani S., Shabaz M. A., Hafeez A., Ameer H., Ishfaq M., Fayyaz M. R., Rehman A., waheed A. (2018). Effect of different nitrogen levels on growth, yield and yield contributing attributes of wheat. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, Vol. 9 (9), p. 595–602.
201. Varga B., Svečnjak Z., Maćešić D., Uher D. (2005). Winter wheat cultivar responses to fungicide application are affected by nitrogen fertilization rate. *Journal of Agronomy and Crop Science*, Vol. 191, p. 130–137.
202. Verikaitė K., Ramanauskienė J., Armonienė R., Ronis A. (2022). Evaluation of fungicide application programmes for Septoria tritici blotch control in Winter wheat. *Zemdirbyste-Agriculture*, Vol. 109 (2), p. 149–156.
203. Verreet J. A., Hoffmann G. M. (1990). A biologically oriented threshold decision model for control of epidemics of Septoria nodorum in wheat. *Plant Disease*, Vol. 74 (10), p. 731–738.
204. Verreet J. A., Klink H., Hofmann G. M. (2000). Regional monitoring for disease prediction and optimization of plant protection measures: the IPM wheat model. *Plant Disease*, Vol. 84, p. 816–826.
205. Vrtílek P., Smutný V., Dryšlová T., Neudert L., Křen J. (2019). The effect of agronomic measures on grain yield of winter wheat in drier conditions. *Plant, Soil and Environment*, Vol. 65, p. 63–70.
206. Wegulo S., Stevens J., Zwingman M., Baenzinger P. S. (2012). Yield response to foliar fungicide application in winter wheat. *Fungicides for plant and animal diseases*, Vol 11, p. 227–244.
207. Wegulo S., Zwingman M., Breatnach J. A., Baenzinger P. S. (2011). Economic returns from fungicide application to control foliar fungal diseases in winter wheat. *Crop Protection*, Vol. 30, p. 685–692.



208. Wegulo S. N., Breatnach J. A., Baenzinger P. S. (2009). Effect of growth stage on the relationship between tan spot and spot blotch severity and yield in winter wheat. *Crop Protection*, Vol. 28, p. 696–702.
209. Wellings C. R. (2011). Global status of stripe rust: A review of historical and current threats. *Euphytica*, Vol. 179(1), p. 129–141.
210. Wiik L. (2009). Yield and disease control in winter wheat in southern Sweden during 1977–2005. *Crop Protection*, Vol. 28, p. 82–89.
211. Wiik L., Ewaldz, T. (2009). Impact of temperature and precipitation on yield and plant diseases of winter wheat in Southern Sweden 1983–2007. *Crop Protection*, Vol. 28, p. 952–962.
212. Willocquet L., Meza W. R., Dumont B., Klocke B., Feike T., Kersebaum K. C. (2021). An outlook on wheat health in Europe from network of field experiments. *Crop Protection*, Vol. 139, article 105335.
213. Willeyard K. T., Bradley C. A., Chapara V., Conley S. P., Esker P. D., Madden L. V., Wise K. A., Paul P. A. (2015). Revisiting fungicide-based management guidelines for leaf blotch diseases in soft red winter wheat. *Plant disease*, Vol. 99 (10), p. 1434–1444.
214. Wright K. H., Sutton J. C. (1990). Inoculum of *Pyrenophora tritici-repentis* in relation to epidemics of tan spot of winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*, Vol. 12 (2), p. 149–157.
215. Wyczling D., Lenc L., Sadowski C. (2010). Comparison of disease occurrence and green leaf area (GLA) of winter wheat depending on the forecrop and differentiated fungicidal protection used. *Journal of Plant Protection Research*, Vol. 50 (4), p. 489–495.
216. Xu H. C., Cai T., Wang Z. L., He M. R. (2015). Physiological basis for the differences of productive capacity among tillers in winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, Vol. 14 (10), p. 1958–1970.
217. Zetsche H., Friedt W., Ordon F. (2020). Breeding progress for pathogen resistance is a second major driver for yield increase in German winter wheat at contrasting N levels. *Scientific Reports*, Vol. 10, article 20374

# **PIELIKUMI**

## Lauka izmēģinājuma shēma

IV. atk.	20.	17.	15.	12.	7.	1.	5.	4.	18.	3.	14.	9.	8.	10.	6.	19.	16.	13.	2.	11.
III. atk.	8.	15.	10.	9.	4.	5.	20.	7.	2.	19.	1.	18.	12.	13.	17.	16.	14.	11.	3.	6.
II. atk.	3.	2.	16.	1.	8.	18.	15.	11.	7.	12.	10.	4.	14.	5.	13.	20.	6.	19.	17.	9.
I. atk.	16.	1.	17.	13.	20.	6.	19.	3.	4.	9.	2.	14.	7.	12.	5.	15.	11.	10.	18.	8.

## Variantu atšifrējums:

Varianta Nr.	Apzīmējums	Fungicīdu lietošanas shēmas (F0–F4)*			N papildmēslojuma norma (N120–N210)		
		31.–32. AE	55.–59. AE	63.–65. AE	veģetācijai atjaunojoties	31.–32. AE	47.–51. AE
1.	F0N120	–	–	–	80	40	–
2.	F0N150	–	–	–	80	70	–
3.	F0N180	–	–	–	80	70	30
4.	F0N210	–	–	–	80	80	50
5.	F1N120	–	X	–	80	40	–
6.	F1N150	–	X	–	80	70	–
7.	F1N180	–	X	–	80	70	30
8.	F1N210	–	X	–	80	80	50
9.	F2N120	–	X	–	80	40	–
10.	F2N150	–	X	–	80	70	–
11.	F2N180	–	X	–	80	70	30
12.	F2N210	–	X	–	80	80	50
13.	F3N120	X	X	–	80	40	–
14.	F3N150	X	X	–	80	70	–
15.	F3N180	X	X	–	80	70	30
16.	F3N210	X	X	–	80	80	50
17.	F4N120	X	X	X	80	40	–
18.	F4N150	X	X	X	80	70	–
19.	F4N180	X	X	X	80	70	30
20.	F4N210	X	X	X	80	80	50

\*X- lietoti fungicīdi

## Izmēģinājumu ierīkošanas, kopšanas darbu un lapu slimību vērtēšanas datumu kopsavilkums

Darbības	Augu attīstības etapi	2017./2018.	2018./2019.	2019./2020.	1920./2021.
Pamatmēslojums <sup>a</sup>	Pirms sējas	27.09.2017.	17.09.2018.	26.09.2019.	07.09.2020.
Izmēģinājumu sēja	–	27.09.2017.	17.09.2018.	26.09.2019.	13.09.2020.
Slāpekļa papildmēslojums (pēc shēmas)	Veģ. atjaun.	13.04.2018.	28.03.2019.	25.03.2020.	29.03.2021.
	32.–34.	05.05.2018.	10.05.2019.	23.04.2020.	21.04.2021./10.05.2021.
	47.–51.	03.06.2018.	04.06.2019.	13.06.2020.	09.06.2021.
Fungicīdu smidzināšana (pēc shēmas)	32.–33.	21.05.2018.	21.05.2019.	05.05.2020.	11.05.2021.
	55.–59.	03.06.2018.	10.06.2019.	16.06.2020.	14.06.2021.
	63.–65.	13.06.2018.	18.06.2019.	22.06.2020.	29.06.2021.
Herbicīdi <sup>b</sup>	32.–34.	07.05.2018.	01.05.2019.	24.04.2020.	28.04.2021.
Augšanas regulators <sup>c</sup>	32.–34.	07.05.2018.	01.05.2019.	24.04.2020.	28.04.2021.
	37.–39.	24.05.2018.	22.05.2019.	23.05.2020.	20.05.2021.
Ārpussakņu mēslojums <sup>d</sup>	32.–34.	07.05.2018.	01.05.2019.	24.04.2020.	28.04.2021.
	37.–39.	24.05.2018.	–	23.05.2020.	20.05.2021.
Insekticīds <sup>e</sup>	55. (2020.)/ 37.–39. (2021.)	–	–	13.06.2020.	21.05.2021.
Lapu slimību uzskaites	31.–32.	09.05.2018.	05.05.2019.	10.04.2020.	04.05.2021.
	37.–39.	23.05.2018.	24.05.2019.	29.05.2020.	19.05.2021.
	63.–65.	07.06.2018.	11.06.2019.	20.06.2020.	09.06.2021.
	71.–73.	–	20.06.2019.	02.07.2020.	28.06.2021.
	75.–77.	28.06.2018.	02.07.2019.	09.07.2020.	06.07.2021.
Ražas novākšana	89./90.	25.07.2018.	26.07.2019.	02.08.2020.	25.07.2021.

<sup>a</sup> – pamatmēslojums: NPK 10–26–26 – 2017. g. – 200.00 kg ha<sup>-1</sup>, 2019. un 2020. g. – 250.00 kg ha<sup>-1</sup>; 2018. g. – NPK 5–15–30 ar normu 220.00 kg ha<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup> – herbicīdi: 2018. g. – Granstar premisa, 50 SX (metil–tribenurons, 500 g kg<sup>-1</sup>) 22 g ha<sup>-1</sup> + Primus (florasulams, 50 g L<sup>-1</sup>) 0.1 L ha<sup>-1</sup>; 2019. g. – Biathlon 4D (tritosulfurons, 714 g kg<sup>-1</sup>, florasulams, 54 g kg<sup>-1</sup>) + virsmas aktīvā viela Dash 0.5 L ha<sup>-1</sup>; 2020. g. – Quelex (florasulams, 100 g kg<sup>-1</sup>, metil–halauksifēns, 104.2 g kg<sup>-1</sup>) 0.04 kg ha<sup>-1</sup> + MCPA 750 (MCPA, 750 g L<sup>-1</sup>) 1.5 L ha<sup>-1</sup>; 2021. g. – Sekator OD (amidosulfurons, 100 g L<sup>-1</sup>, nātrijs metil–jodosulfurons, 25 g L<sup>-1</sup>) 0.15 L ha<sup>-1</sup>.

<sup>c</sup> – augšanas regulators: 31. AE. – Cycocel 750 (hlormekvāta hlorīds 750 g L<sup>-1</sup>) 1.0 L ha<sup>-1</sup>; 37.–39. AE – Metax Top (kalcija proheksadions, 50 g L<sup>-1</sup>, mepikvāta hlorīds, 300 g L<sup>-1</sup>) 0.75 L ha<sup>-1</sup>

<sup>d</sup> – ārpussakņu mēslojums: YaraVita Gramitrel 2.0 L ha<sup>-1</sup> (N 3.9%, MgO 15.2%, Cu 3%, Mn 9.1%, Zn 4.9%)

<sup>e</sup> – Insekticīds: 2020. g. – Proteus OD (tiakloprīds, 100 g L<sup>-1</sup>, deltametrīns, 10 g L<sup>-1</sup>) 0.75 L ha<sup>-1</sup>; 2021. g. – Karate Zeon 5CS (lambda–cihalotrīns, 50 g L<sup>-1</sup>) 0.15 L ha<sup>-1</sup>.

## Vidējā gaisa temperatūra pētījuma gados MPS "Pēterlauki", °C

Mēnesis	Dekāde	2017./2018.	2018./2019.	2019./2020.	2020./2021.	Ilggadīgie dati, t°C
Septembris	I	13.9	17.6	17.3	14.9	13.0
	II	13.3	15.6	11.7	14.3	11.5
	III	11.9	11.3	9.1	15.7	10.0
	Vid.mēnesī	13.0	14.9	12.7	14.9	11.5
Oktobris	I	11.1	10.0	7.0	13.1	8.2
	II	9.6	10.6	11.9	6.5	6.8
	III	3.2	5.2	8.1	9.9	5.0
	Vid.mēnesī	8.0	8.6	9.0	9.8	6.7
Novembris	I	5.8	7.1	6.3	8.1	3.3
	II	3.6	4.5	6.6	5.4	1.7
	III	2.2	-2.6	0.3	3.6	0.5
	Vid.mēnesī	3.9	3.0	4.4	5.7	1.8
Decembris	I	1.0	-0.3	2.3	-0.7	-0.9
	II	0.5	-2.0	2.3	1.1	-2.2
	III	3.1	-0.6	3.2	1.0	-3.3
	Vid.mēnesī	1.5	-1.0	2.6	0.5	-2.1
Janvāris	I	1.9	-3.8	2.7	-1.4	-3.0
	II	-4.8	-2.0	3.7	-8.9	-5.0
	III	-0.7	-6.5	3.1	-0.2	-5.1
	Vid.mēnesī	-1.2	-4.1	3.2	-3.5	-4.4
Februāris	I	-3.9	0.3	1.4	-9.7	-5.0
	II	-3.6	2.2	3.7	-8.9	-4.9
	III	-14.6	1.0	2.0	3.2	-4.3
	Vid.mēnesī	-7.4	1.2	2.4	-5.1	-4.7
Marts	I	-5.7	2.0	4.3	-0.5	-3.0
	II	-0.7	2.4	3.4	0.7	-1.5
	III	1.1	4.6	1.6	5.1	0.0
	Vid.mēnesī	-1.8	3.0	3.1	1.8	-1.5
Aprīlis	I	6.4	5.2	6.4	3.7	3.2
	II	10.5	5.7	5.1	9.0	5.3
	III	10.1	13.4	7.0	5.0	7.5
	Vid.mēnesī	9.0	8.1	6.1	5.9	5.3
Maijs	I	13.8	8.1	10.2	7.5	9.8
	II	16.4	14.2	7.0	14.0	11.7
	III	17.9	14.6	12.2	11.8	13.5
	Vid.mēnesī	16.1	12.3	9.8	11.1	11.7
Jūnijs	I	16.3	19.3	15.5	17.1	14.7
	II	18.2	20.6	19.5	18.6	15.5
	III	15.9	18.4	21.3	21.9	16.0
	Vid.mēnesī	16.8	19.4	18.7	19.2	15.4
Jūlijs	I	16.7	14.9	16.1	23.0	16.4
	II	22.2	16.0	18.0	23.2	16.7
	III	23.7	19.4	19.4	20.1	16.8
	Vid.mēnesī	20.9	16.7	17.9	22.1	16.6

## Nokrišņu daudzums pētījuma gados MPS "Pēterlauki", mm

Mēnesis	Dekāde	2017./2018.	2018./2019.	2019./2020.	2020./2021.	Ilggadīgie dati, mm
Septembris	I	30.8	4.6	8.0	12.0	22.0
	II	37.0	4.2	25.8	3.0	20.7
	III	12.0	16.6	19.8	1.2	20.0
	summa	79.8	25.4	53.6	16.2	62.7
Oktobris	I	30.0	2.8	11.8	6.8	19.7
	II	15.6	0.2	17.6	33.4	19.3
	III	34.4	7.6	7.0	18.2	19.0
	summa	80.0	10.6	36.4	58.4	58.0
Novembris	I	7.6	0.2	38.4	0.8	18.3
	II	23.8	0.4	4.0	4.2	17.7
	III	14.0	6.2	6.0	7.6	16.7
	summa	45.4	6.8	48.4	12.6	52.7
Decembris	I	12.0	7.8	11.6	0.2	15.7
	II	5.4	0.4	8.4	5.2	14.7
	III	5.6	7.6	9.2	23.8	13.0
	summa	23.0	15.8	29.2	29.2	43.4
Janvāris	I	5.6	5.0	7.8	0.0	13.0
	II	0.2	3.8	6.2	0.0	12.3
	III	8.4	0.0	6.0	28.2	11.3
	summa	14.2	8.8	20.0	28.2	36.6
Februāris	I	2.0	14.4	8.4	1.0	11.0
	II	3.2	15.6	9.8	0.2	10.7
	III	0.0	0.0	7.2	0.0	10.3
	summa	5.2	30.0	25.4	1.2	32.0
Marts	I	2.2	10.8	12.4	0.6	10.3
	II	4.6	10.8	14.4	10.2	10.3
	III	0.0	8.0	0.2	2.8	10.7
	summa	6.8	29.6	27.0	13.6	31.3
Aprīlis	I	35.5	0.0	5.2	4.0	12.0
	II	14.0	0.0	2.4	0.7	13.7
	III	20.0	0.0	1.6	0.0	14.3
	summa	69.5	0.0	9.2	4.7	40.0
Maijs	I	8.0	5.2	10.6	0.4	15.7
	II	4.0	10.0	14.6	15.0	16.7
	III	0.0	6.0	5.0	35.2	19.0
	summa	12.0	21.2	30.2	50.6	51.4
Jūnijs	I	2.0	3.0	79.0	0.2	22.0
	II	1.0	3.2	2.6	5.0	26.3
	III	12.6	4.6	58.0	9.6	27.0
	summa	15.6	10.8	139.6	14.8	75.3
Jūlijs	I	16.4	29.0	7.2	2.6	27.3
	II	16.2	48.2	4.0	0.4	27.7
	III	1.0	23.8	20.5	0.2	26.7
	summa	33.6	101.0	31.7	3.2	81.7

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības (ieros. *P. tritici-repentis*) attīstības dinamika  
2018.–2021. g., %**

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)*	Slāpekļa papildmēslojuma normas	AE				
		31.–32.	37.	63–65	73.	75.–77.
2018.						
F0	N120	0.100	0.049	0.058	0.200	1.770
	N150	0.100	0.039	0.098	0.249	2.495
	N180	0.100	0.037	0.075	0.168	2.132
	N210	0.100	0.044	0.081	0.137	2.093
F1	N120	0.100	0.075	0.059	0.084	0.745
	N150	0.100	0.059	0.047	0.063	0.878
	N180	0.100	0.065	0.050	0.047	1.067
	N210	0.100	0.064	0.155	0.066	0.611
F2	N120	0.100	0.050	0.055	0.069	0.458
	N150	0.100	0.036	0.048	0.067	0.364
	N180	0.100	0.045	0.034	0.031	0.378
	N210	0.100	0.067	0.040	0.042	0.315
F3	N120	0.100	0.065	0.020	0.068	0.443
	N150	0.100	0.053	0.039	0.028	0.429
	N180	0.100	0.050	0.020	0.023	0.384
	N210	0.100	0.065	0.038	0.035	0.341
F4	N120	0.100	0.036	0.027	0.027	0.317
	N150	0.100	0.051	0.038	0.032	0.326
	N180	0.100	0.050	0.036	0.012	0.322
	N210	0.100	0.050	0.027	0.016	0.189
2019.						
F0	N120	0.100	0.056	0.819	1.893	18.880
	N150	0.100	0.023	0.913	1.545	18.600
	N180	0.100	0.031	0.926	1.505	19.573
	N210	0.100	0.022	0.524	1.604	17.898
F1	N120	0.100	0.036	0.835	1.057	12.138
	N150	0.100	0.022	0.823	1.225	11.293
	N180	0.100	0.011	0.407	1.139	11.573
	N210	0.100	0.020	0.624	0.928	10.743
F2	N120	0.100	0.020	0.909	0.901	10.280
	N150	0.100	0.014	0.655	0.554	8.633
	N180	0.100	0.014	0.711	0.650	7.570
	N210	0.100	0.018	0.809	0.488	8.747
F3	N120	0.100	0.025	0.336	0.248	9.730
	N150	0.100	0.012	0.142	0.371	9.595
	N180	0.100	0.020	0.103	0.318	8.258
	N210	0.100	0.027	0.172	0.272	8.196
F4	N120	0.100	0.021	0.128	0.245	7.063
	N150	0.100	0.066	0.113	0.279	6.528
	N180	0.100	0.016	0.284	0.251	7.693
	N210	0.100	0.016	0.083	0.247	4.988
2020.						
F0	N120	0.100	0.007	0.145	2.292	3.320
	N150	0.100	0.004	0.122	2.715	5.418
	N180	0.100	0.007	0.093	2.960	4.995
	N210	0.100	0.004	0.080	2.918	3.433

## 5. pielikuma nobeigums

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)*	Slāpekļa papildmēslojuma normas	AE				
		31.–32.	37.	63–65	73.	75.–77.
F1	N120	0.10	0.01	0.346	0.464	1.686
	N150	0.10	0.01	0.101	0.567	1.633
	N180	0.10	0	0.113	0.577	1.330
	N210	0.10	0.004	0.204	0.768	2.056
F2	N120	0.10	0.007	0.238	0.656	1.765
	N150	0.10	0.005	0.072	0.730	1.274
	N180	0.10	0.006	0.085	0.767	1.736
	N210	0.10	0.002	0.091	0.630	1.108
F3	N120	0.10	0.005	0.112	0.182	0.867
	N150	0.10	0.005	0.057	0.145	0.964
	N180	0.10	0.002	0.152	0.297	0.681
	N210	0.10	0.004	0.268	0.274	0.947
F4	N120	0.10	0.006	0.091	0.570	0.889
	N150	0.10	0.006	0.093	0.628	1.203
	N180	0.10	0.006	0.063	0.463	1.239
	N210	0.10	0.006	0.099	0.429	0.869
2021.						
F0	N120	0.01	0.10	0.01	0.26	13.72
	N150	0.01	0.10	0.04	0.33	15.14
	N180	0.01	0.10	0.02	0.18	12.41
	N210	0.01	0.10	0.01	0.29	14.28
F1	N120	0.01	0.10	0.03	0.11	9.32
	N150	0.01	0.10	0.02	0.08	8.81
	N180	0.01	0.10	0.04	0.04	9.10
	N210	0.01	0.10	0.08	0.12	6.91
F2	N120	0.01	0.10	0.01	0.07	8.42
	N150	0.01	0.10	0.01	0.14	8.25
	N180	0.01	0.10	0.02	0.05	7.01
	N210	0.01	0.10	0.01	0.06	6.69
F3	N120	0.01	0.10	0.02	0.03	7.32
	N150	0.01	0.10	0.01	0.10	10.95
	N180	0.01	0.10	0.02	0.05	6.04
	N210	0.01	0.10	0.02	0.05	7.21
F4	N120	0.01	0.10	0.02	0.07	5.57
	N150	0.010	0.10	0.01	0.09	7.10
	N180	0.010	0.10	0.05	0.08	6.04
	N210	0.010	0.10	0.01	0.10	5.15

\* F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0)



Kviešu lapu pelēkplankumainības (ieros. *Z. tritici*) attīstības dinamika 2018.–2021. g., %

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)*	Slāpekļa papildmēslojuma normas	Attīstības etapi				
		31.–32.	37.	63.–65.	73.	75.–77.
2018.						
F0	N120	0	0.04	0.02	0.02	0.04
	N150	0	0.06	0.01	0.02	0.09
	N180	0	0.03	0.02	0.04	0.04
	N210	0	0.07	0.01	0.03	0.02
F1	N120	0	0.02	0.00	0.01	0.05
	N150	0	0.06	0.00	0.00	0.02
	N180	0	0.07	0.00	0.01	0.02
	N210	0	0.07	0.01	0.01	0.00
F2	N120	0	0.13	0.01	0.01	0.01
	N150	0	0.09	0.00	0.00	0.02
	N180	0	0.09	0.01	0.00	0.00
	N210	0	0.03	0.00	0.00	0.00
F3	N120	0	0.05	0.00	0.00	0.01
	N150	0	0.04	0.00	0.00	0.00
	N180	0	0.06	0.00	0.00	0.00
	N210	0	0.05	0.01	0.00	0.00
F4	N120	0	0.07	0.01	0.00	0.01
	N150	0	0.08	0.00	0.00	0.00
	N180	0	0.06	0.00	0.00	0.00
	N210	0	0.14	0.00	0.00	0.01
2019						
F0	N120	0	0.00	0.02	0.63	6.69
	N150	0	0.00	0.04	0.66	6.50
	N180	0	0.00	0.03	0.41	7.48
	N210	0	0.00	0.02	0.62	8.84
F1	N120	0	0.00	0.01	0.40	4.93
	N150	0	0.00	0.01	0.18	4.48
	N180	0	0.00	0.02	0.38	2.97
	N210	0	0.00	0.02	0.36	4.20
F2	N120	0	0.00	0.01	0.28	3.75
	N150	0	0.00	0.01	0.23	2.43
	N180	0	0.00	0.02	0.22	1.90
	N210	0	0.00	0.01	0.30	3.04
F3	N120	0	0.00	0.01	0.13	4.18
	N150	0	0.00	0.01	0.16	2.67
	N180	0	0.00	0.00	0.22	2.88
	N210	0	0.00	0.01	0.09	1.78
F4	N120	0	0.00	0.03	0.20	2.15
	N150	0	0.00	0.00	0.11	1.86
	N180	0	0.00	0.01	0.10	3.45
	N210	0	0.00	0.02	0.22	1.74
2020						
F0	N120	0.1	0.01	0.09	1.48	11.08
	N150	0.1	0.01	0.04	1.68	10.21
	N180	0.1	0.01	0.08	1.66	12.67
	N210	0.1	0.02	0.01	1.09	10.99

## 6. pielikuma nobeigums

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)*	Slāpekļa papildmēslojuma normas	AE				
		31.–32.	37.	63.–65.	73.	75.–77.
F1	N120	0.1	0.02	0.04	0.50	3.41
	N150	0.1	0.01	0.05	0.54	4.04
	N180	0.1	0.02	0.05	0.40	3.31
	N210	0.1	0.02	0.10	0.56	4.06
F2	N120	0.1	0.03	0.15	0.51	4.00
	N150	0.1	0.00	0.12	0.58	3.05
	N180	0.1	0.02	0.14	0.50	3.09
	N210	0.1	0.02	0.09	0.41	2.93
F3	N120	0.1	0.01	0.05	0.14	2.07
	N150	0.1	0.02	0.09	0.25	1.88
	N180	0.1	0.00	0.04	0.23	1.79
	N210	0.1	0.00	0.03	0.46	1.80
F4	N120	0.1	0.01	0.06	0.42	1.83
	N150	0.1	0.01	0.04	0.38	3.13
	N180	0.1	0.01	0.07	0.36	3.81
	N210	0.1	0.01	0.05	0.25	2.47
2021						
F0	N120	0.01	0.01	0.05	1.92	0.30
	N150	0.01	0.01	0.09	1.35	1.15
	N180	0.01	0.01	0.05	1.14	1.52
	N210	0.01	0.01	0.04	1.86	0.52
F1	N120	0.01	0.01	0.11	0.44	0.14
	N150	0.01	0.01	0.08	0.89	0.47
	N180	0.01	0.01	0.07	0.66	0.64
	N210	0.01	0.01	0.09	0.78	0.77
F2	N120	0.01	0.01	0.08	0.74	0.42
	N150	0.01	0.01	0.09	0.91	0.29
	N180	0.01	0.01	0.08	0.96	0.61
	N210	0.01	0.01	0.04	0.53	0.38
F3	N120	0.01	0.01	0.04	0.62	0.15
	N150	0.01	0.01	0.05	0.55	0.33
	N180	0.01	0.01	0.03	0.50	0.32
	N210	0.01	0.01	0.06	0.60	0.64
F4	N120	0.01	0.01	0.08	0.52	0.34
	N150	0.01	0.01	0.06	0.45	0.34
	N180	0.01	0.01	0.05	0.61	0.40
	N210	0.01	0.01	0.03	0.39	0.23

\* F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0)

Graudzāļu miltrasas (ieros. *B. graminis*) attīstības dinamika 2018.–2019. g., %

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)*	Slāpekļa papildmēslojuma normas	Attīstības etapi				
		31.–32.	37.	58.–59.	73.	75.–77.
2018.						
F0	N120	0	0.015	0.012	0.006	0
	N150	0	0.014	0.013	0.015	0.003
	N180	0	0.014	0.013	0.015	0.003
	N210	0	0.019	0.020	0.046	0.009
F1	N120	0	0.009	0.001	0.002	0.013
	N150	0	0.011	0.009	0.005	0
	N180	0	0.017	0.006	0.006	0
	N210	0	0.021	0.008	0.006	0
F2	N120	0	0.010	0.001	0.001	0
	N150	0	0.010	0	0.004	0.003
	N180	0	0.029	0.001	0.006	0.001
	N210	0	0.010	0.003	0.001	0
F3	N120	0	0.010	0.001	0.003	0
	N150	0	0.010	0.006	0	0
	N180	0	0.018	0.002	0	0
	N210	0	0.009	0	0	0
F4	N120	0	0.011	0.001	0.001	0
	N150	0	0.017	0.003	0	0.001
	N180	0	0.013	0.003	0	0
	N210	0	0.009	0	0	0
2019.						
F0	N120	0	0.015	0.012	0.006	0
	N150	0	0.014	0.013	0.015	0.003
	N180	0	0.014	0.013	0.015	0.003
	N210	0	0.019	0.020	0.046	0.009
F1	N120	0	0.009	0.001	0.002	0.013
	N150	0	0.011	0.009	0.005	0
	N180	0	0.017	0.006	0.006	0
	N210	0	0.021	0.008	0.006	0
F2	N120	0	0.010	0.001	0.001	0
	N150	0	0.010	0	0.004	0.003
	N180	0	0.029	0.001	0.006	0.001
	N210	0	0.010	0.003	0.001	0
F3	N120	0	0.010	0.001	0.003	0
	N150	0	0.010	0.006	0	0
	N180	0	0.018	0.002	0	0
	N210	0	0.009	0	0	0
F4	N120	0	0.011	0.001	0.001	0
	N150	0	0.017	0.003	0	0.001
	N180	0	0.013	0.003	0	0
	N210	0	0.009	0	0	0

\* F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0)

Brūnās rūsas ( ieros. *P. recondita*) attīstības dinamika 2021. g., %

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)*	Slāpekļa papildmēslojuma normas	Attīstības etapi				
		31.–32.	37.	58.–59.	73.	75–77.
F0	N120	0	0	0	0.01	0.37
	N150	0	0	0	0.04	0.72
	N180	0	0	0	0.04	0.34
	N210	0	0	0	0.08	0.30
F1	N120	0	0	0	0.02	0.00
	N150	0	0	0	0.05	0.03
	N180	0	0	0	0.03	0.01
	N210	0	0	0	0.02	0.03
F2	N120	0	0	0	0.02	0.01
	N150	0	0	0	0.05	0.02
	N180	0	0	0	0.05	0.02
	N210	0	0	0	0.00	0.02
F3	N120	0	0	0	0.02	0.00
	N150	0	0	0	0.01	0.00
	N180	0	0	0	0.01	0.02
	N210	0	0	0	0.04	0.08
F4	N120	0	0	0	0.02	0.01
	N150	0	0	0	0.01	0.00
	N180	0	0	0	0.07	0.00
	N210	0	0	0	0.00	0.02

\* F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0)

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība vidēji  
variantos bez fungicīdu lietošanas 2018.–2021. g., AUDPC vienības**

Gads	Kviešu lapu dzeltenplankumainība ( $p < 0.001$ )	Kviešu lapu pelēkplankumainība ( $p < 0.001$ )
2018.	13 <sup>a</sup>	1 <sup>A</sup>
2019.	142 <sup>b</sup>	3 <sup>A</sup>
2020.	45 <sup>c</sup>	57 <sup>C</sup>
2021.	61 <sup>d</sup>	26 <sup>B</sup>

Atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – kviešu lapu dzeltenplankumainība, lielie burti – kviešu lapu pelēkplankumainība

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstības pakāpe 75.–77. AE atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	2018.	2019.	2020.	2021.
<b>Fungicīdu lietošanas shēmas (F)</b>					
F0	9.8 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	18.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>
F1	4.6 <sup>b</sup>	0.8 <sup>b</sup>	11.4 <sup>b</sup>	1.7 <sup>b</sup>	8.5 <sup>b</sup>
F2	4.6 <sup>c</sup>	0.4 <sup>c</sup>	8.8 <sup>c</sup>	1.5 <sup>b</sup>	7.6 <sup>bc</sup>
F3	4.5 <sup>c</sup>	0.4 <sup>c</sup>	8.9 <sup>bc</sup>	0.9 <sup>b</sup>	7.9 <sup>bc</sup>
F4	3.5 <sup>d</sup>	0.3 <sup>c</sup>	6.6 <sup>c</sup>	1.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>c</sup>
<b>Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)</b>					
N120	5.7 <sup>ab</sup>	0.7 <sup>nb</sup>	11.6 <sup>nb</sup>	1.7 <sup>nb</sup>	8.9 <sup>ab</sup>
N150	6.0 <sup>a</sup>	0.9 <sup>nb</sup>	10.9 <sup>nb</sup>	2.1 <sup>nb</sup>	10.1 <sup>a</sup>
N180	5.5 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>nb</sup>	10.9 <sup>nb</sup>	2.0 <sup>nb</sup>	8.1 <sup>b</sup>
N210	5.1 <sup>b</sup>	0.7 <sup>nb</sup>	10.1 <sup>nb</sup>	1.7 <sup>nb</sup>	8.0 <sup>b</sup>
<b>Gads (G)</b>					
G	5.6 <sup>***</sup>	0.8 <sup>D</sup>	10.9 <sup>A</sup>	1.9 <sup>C</sup>	8.8 <sup>B</sup>
<b>Faktoru ietekme (p-vērtība)</b>					
F <sup>a</sup>	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
N <sup>b</sup>	0.01	nb	nb	nb	0.01
G <sup>c</sup>	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	P<0.001	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru mijiedarbību nenosaka

## Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība 2018.–2021. g., AUDPC vienības

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	2018.	2019.	2020.	2021.
Fungicīdu lietošanas shēmas (F)					
F0	65 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	142 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>
F1	38 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>	90 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	38 <sup>b</sup>
F2	31 <sup>c</sup>	4 <sup>c</sup>	71 <sup>c</sup>	16 <sup>b</sup>	34 <sup>bc</sup>
F3	27 <sup>c</sup>	4 <sup>c</sup>	61 <sup>cd</sup>	10 <sup>b</sup>	34 <sup>bc</sup>
F4	22 <sup>d</sup>	3 <sup>c</sup>	46 <sup>d</sup>	13 <sup>b</sup>	27 <sup>c</sup>
Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)					
N120	38 <sup>a</sup>	6 <sup>nb</sup>	89 <sup>nb</sup>	20 <sup>nb</sup>	39 <sup>ab</sup>
N150	36 <sup>a</sup>	7 <sup>nb</sup>	83 <sup>nb</sup>	21 <sup>nb</sup>	44 <sup>a</sup>
N180	36 <sup>a</sup>	6 <sup>nb</sup>	82 <sup>nb</sup>	21 <sup>nb</sup>	36 <sup>b</sup>
N210	34 <sup>a</sup>	6 <sup>nb</sup>	75 <sup>nb</sup>	21 <sup>nb</sup>	36 <sup>b</sup>
Gads (G)					
G	37	6 <sup>D</sup>	82 <sup>A</sup>	21 <sup>C</sup>	39 <sup>B</sup>
Faktoru ietekme (p-vērtība)					
F <sup>a</sup>	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
N <sup>b</sup>	0.02	nb	nb	nb	0.01
G <sup>c</sup>	p<0.001	–	–	–	–
F×N	0.04	nb	nb	nb	nb
F×G	P<0.001	–	–	–	–
N×G	nb	–	–	–	–
F×N×G	nb	–	–	–	–

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru mijiedarbību nenosaka

**Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe 75.–77. AE atkarībā no fungicīdu  
lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	2018.	2019.	2020.	2021.
<b>Fungicīdu lietošanas shēmas (F)</b>					
F0	4.9 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>
F1	2.1 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	0.5 <sup>ab</sup>
F2	1.6 <sup>bc</sup>	0.01 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	0.4 <sup>b</sup>
F3	1.4 <sup>c</sup>	0.003 <sup>b</sup>	2.9 <sup>b</sup>	1.9 <sup>c</sup>	0.4 <sup>b</sup>
F4	1.3 <sup>c</sup>	0.003 <sup>b</sup>	2.3 <sup>b</sup>	2.8 <sup>bc</sup>	0.3 <sup>b</sup>
<b>Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)</b>					
N120	2.3 <sup>nb</sup>	0.02 <sup>nb</sup>	4.3 <sup>nb</sup>	4.5 <sup>nb</sup>	0.3 <sup>b</sup>
N150	2.1 <sup>nb</sup>	0.02 <sup>nb</sup>	3.6 <sup>nb</sup>	4.5 <sup>nb</sup>	0.5 <sup>ab</sup>
N180	2.3 <sup>nb</sup>	0.01 <sup>nb</sup>	3.7 <sup>nb</sup>	1.9 <sup>nb</sup>	0.7 <sup>a</sup>
N210	2.2 <sup>nb</sup>	0.01 <sup>nb</sup>	3.9 <sup>nb</sup>	1.5 <sup>nb</sup>	0.5 <sup>ab</sup>
<b>Gads (G)</b>					
G	2.5 <sup>***</sup>	0.02 <sup>C</sup>	3.9 <sup>B</sup>	4.6 <sup>A</sup>	0.5 <sup>C</sup>
<b>Faktoru ietekme (p-vērtība)</b>					
F	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
N	nb	nb	nb	nb	0.001
G	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	P<0.001	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru mijiedarbību nenosaka



## Kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība 2018.–2021. g., AUDPC vienības

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	2018.	2019.	2020.	2021.
<b>Fungicīdu lietošanas shēmas (F*)</b>					
F0	22 <sup>a</sup>	1.4 <sup>nb</sup>	3 <sup>a</sup>	57 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>
F1	9 <sup>b</sup>	1.0 <sup>nb</sup>	2 <sup>b</sup>	22 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>
F2	9 <sup>b</sup>	1.3 <sup>nb</sup>	1 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	14 <sup>b</sup>
F3	6 <sup>c</sup>	0.8 <sup>nb</sup>	1 <sup>b</sup>	13 <sup>c</sup>	10 <sup>b</sup>
F4	7 <sup>c</sup>	1.3 <sup>nb</sup>	1 <sup>b</sup>	17 <sup>bc</sup>	9 <sup>b</sup>
<b>Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)</b>					
N120	11 <sup>a</sup>	1.1 <sup>nb</sup>	2 <sup>nb</sup>	26 <sup>nb</sup>	14 <sup>nb</sup>
N150	11 <sup>a</sup>	1.0 <sup>nb</sup>	2 <sup>nb</sup>	26 <sup>nb</sup>	15 <sup>nb</sup>
N180	11 <sup>a</sup>	1.1 <sup>nb</sup>	1 <sup>nb</sup>	27 <sup>nb</sup>	15 <sup>nb</sup>
N210	10 <sup>a</sup>	1.1 <sup>nb</sup>	1 <sup>nb</sup>	25 <sup>nb</sup>	14 <sup>nb</sup>
<b>Gads (G)</b>					
G	11 <sup>***</sup>	1 <sup>C</sup>	2 <sup>C</sup>	26 <sup>A</sup>	15 <sup>B</sup>
<b>Faktoru ietekme (p-vērtība)</b>					
F	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
N	nb	nb	nb	nb	nb
G	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	P<0.001	x	x	x	x
N×G	nb	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru mijiedarbību nenosaka;

**Lapu zaļās virsmas laukums atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %**

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	2018.	2019.	2020.	2021.
<b>Fungicīdu lietošanas shēmas (F*)</b>					
F0	68.0 <sup>c</sup>	86.8 <sup>b</sup>	65.7 <sup>b</sup>	69.4 <sup>b</sup>	50.0 <sup>b</sup>
F1	77.8 <sup>b</sup>	90.8 <sup>a</sup>	79.2 <sup>a</sup>	80.5 <sup>a</sup>	60.6 <sup>a</sup>
F2	79.6 <sup>ab</sup>	91.4 <sup>a</sup>	81.0 <sup>a</sup>	81.5 <sup>a</sup>	64.7 <sup>a</sup>
F3	80.1 <sup>ab</sup>	91.2 <sup>a</sup>	79.3 <sup>a</sup>	83.9 <sup>a</sup>	65.9 <sup>a</sup>
F4	81.0 <sup>a</sup>	92.0 <sup>a</sup>	84.6 <sup>a</sup>	84.0 <sup>a</sup>	63.3 <sup>a</sup>
<b>Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)</b>					
N120	75.1 <sup>c</sup>	90.0 <sup>nb</sup>	77.1 <sup>nb</sup>	80.0 <sup>nb</sup>	53.2 <sup>b</sup>
N150	76.3 <sup>bc</sup>	90.5 <sup>nb</sup>	78.4 <sup>nb</sup>	79.7 <sup>nb</sup>	56.5 <sup>b</sup>
N180	78.2 <sup>ab</sup>	90.1 <sup>nb</sup>	78.5 <sup>nb</sup>	79.6 <sup>nb</sup>	64.7 <sup>a</sup>
N210	79.6 <sup>a</sup>	91.2 <sup>nb</sup>	77.8 <sup>nb</sup>	80.1 <sup>nb</sup>	69.2 <sup>a</sup>
<b>Gads (G)</b>					
G	77.3 <sup>***</sup>	90.4 <sup>a</sup>	77.9 <sup>b</sup>	79.9 <sup>b</sup>	61.0 <sup>c</sup>
<b>Faktoru ietekme (p-vērtība)</b>					
F	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
N	nb	0.030	nb	nb	0.001
G	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	p<0.001	x	x	x	x
N×G	p<0.001	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru mijiedarbību nenosaka

## Fungicīdu lietošanas tehniskā efektivitāte 2018.–2021. g., %

Varianti	Vidēji 2018.–2021.	2018.	2019.	2020.	2021.
<b>Fungicīdu lietošanas shēmas (F*)</b>					
F1	45.3 <sup>a</sup>	44.6 <sup>a</sup>	35.4 <sup>a</sup>	60.0 <sup>a</sup>	41.2 <sup>a</sup>
F2	54.5 <sup>b</sup>	60.4 <sup>b</sup>	49.7 <sup>b</sup>	62.2 <sup>ab</sup>	45.4 <sup>b</sup>
F3	62.1 <sup>c</sup>	65.0 <sup>b</sup>	57.3 <sup>bc</sup>	76.9 <sup>c</sup>	49.1 <sup>b</sup>
F4	65.9 <sup>c</sup>	67.7 <sup>b</sup>	67.7 <sup>c</sup>	70.2 <sup>bc</sup>	58.0 <sup>b</sup>
<b>Slāpekļa papildmēslojuma norma (N)</b>					
N120	54.2 <sup>a</sup>	52.2 <sup>a</sup>	49.4 <sup>nb</sup>	64.8 <sup>nb</sup>	50.5 <sup>a</sup>
N150	57.3 <sup>a</sup>	66.5 <sup>b</sup>	51.3 <sup>nb</sup>	67.0 <sup>nb</sup>	44.6 <sup>a</sup>
N180	57.4 <sup>a</sup>	58.9 <sup>ab</sup>	55.7 <sup>nb</sup>	71.9 <sup>nb</sup>	43.1 <sup>a</sup>
N210	58.8 <sup>a</sup>	60.0 <sup>ab</sup>	53.8 <sup>nb</sup>	65.7 <sup>nb</sup>	55.6 <sup>b</sup>
<b>Gads (G)</b>					
G	56.9 <sup>***</sup>	59.4 <sup>B</sup>	52.5 <sup>A</sup>	67.3 <sup>C</sup>	48.4 <sup>A</sup>
<b>Faktoru ietekme (p-vērtība)</b>					
F	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
N	nb	0.030	nb	nb	0.001
G	p<0.001	x	x	x	x
F×N	nb	nb	nb	nb	nb
F×G	p<0.001	x	x	x	x
N×G	p<0.001	x	x	x	x
F×N×G	nb	x	x	x	x

F – fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); \*\*\* – faktoru ietekme ir statistiski būtiska pie p<0.001; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska (p>0.05); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā izmēģinājumu gadā, lielie burti – starp izmēģinājumu gadiem; x – faktoru mijiedarbību nenosaka

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstības pakāpe variantos bez fungicīdu lietošanas 75.–77. AE atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–2021. g., %**

Varianti	N120	N150	N180	N210
<b>Kviešu lapu dzeltenplankumainība</b>				
2018.	1.8 <sup>nb</sup>	2.5 <sup>nb</sup>	2.1 <sup>nb</sup>	2.1 <sup>a</sup>
2019.	18.9 <sup>nb</sup>	18.6 <sup>nb</sup>	19.6 <sup>nb</sup>	17.9 <sup>c</sup>
2020.	3.3 <sup>nb</sup>	5.4 <sup>nb</sup>	5.0 <sup>nb</sup>	3.4 <sup>b</sup>
2021.	13.7 <sup>nb</sup>	15.1 <sup>nb</sup>	12.4 <sup>nb</sup>	14.3 <sup>b</sup>
<b>Kviešu lapu pelēkplankumainība</b>				
2018.	0.04 <sup>nb</sup>	0.09 <sup>nb</sup>	0.04 <sup>nb</sup>	0.02 <sup>a</sup>
2019.	6.7 <sup>nb</sup>	6.50 <sup>nb</sup>	7.48 <sup>nb</sup>	8.84 <sup>b</sup>
2020.	11.08 <sup>nb</sup>	10.21 <sup>nb</sup>	12.66 <sup>nb</sup>	10.99 <sup>c</sup>
2021.	0.30 <sup>nb</sup>	1.16 <sup>nb</sup>	1.53 <sup>nb</sup>	0.54 <sup>a</sup>

atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības starp izmēģinājumu gadiem; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības un kviešu lapu pelēkplankumainības attīstība  
variantos bez fungicīdu lietošanas atkarībā no slāpekļa papildmēslojuma normas 2018.–  
2021. g., AUDPC vienības**

Gads	N120	N150	N180	N210	Vidēji
<b>Kviešu lapu dzeltenplankumainība</b>					
2018.	11 <sup>nb</sup>	15 <sup>nb</sup>	13 <sup>nb</sup>	12 <sup>nb</sup>	13 <sup>a</sup>
2019.	146 <sup>nb</sup>	142 <sup>nb</sup>	147 <sup>nb</sup>	133 <sup>nb</sup>	142 <sup>b</sup>
2020.	39 <sup>nb</sup>	49 <sup>nb</sup>	50 <sup>nb</sup>	44 <sup>nb</sup>	45 <sup>c</sup>
2021.	61 <sup>nb</sup>	68 <sup>nb</sup>	54 <sup>nb</sup>	63 <sup>nb</sup>	62 <sup>d</sup>
<b>Kviešu lapu pelēkplankumainība</b>					
2018.	1.0 <sup>nb</sup>	1.1 <sup>nb</sup>	0.9 <sup>nb</sup>	1.3 <sup>nb</sup>	1.1 <sup>a</sup>
2019.	3.1 <sup>nb</sup>	3.5 <sup>nb</sup>	2.2 <sup>nb</sup>	2.9 <sup>nb</sup>	2.9 <sup>a</sup>
2020.	57.3 <sup>nb</sup>	55.4 <sup>nb</sup>	64.3 <sup>nb</sup>	52.1 <sup>nb</sup>	57.3 <sup>b</sup>
2021.	29.6 <sup>nb</sup>	25.0 <sup>nb</sup>	22.7 <sup>nb</sup>	28.1 <sup>nb</sup>	26.4 <sup>c</sup>

atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības starp izmēģinājumu gadiem; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p > 0.05$ )

**Kviešu lapu dzeltenplankumainības attīstība atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2021. g.**

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)	N120	N150	N180	N210	vidēji
Attīstības pakāpe 75.–77. AE					
F0	13.7 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	12.4 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	13.9 <sup>A</sup>
F1	9.3 <sup>b</sup>	8.8 <sup>a,b</sup>	9.1 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	8.5 <sup>B</sup>
F2	8.4 <sup>b,c</sup>	8.3 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	7.6 <sup>B</sup>
F3	7.3 <sup>b,c</sup>	10.9 <sup>a,b</sup>	6.0 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.9 <sup>B,C</sup>
F4	5.6 <sup>c</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>	6.0 <sup>B,C</sup>
vidēji	8.91 <sup>A,B</sup>	10.1 <sup>A</sup>	8.1 <sup>B</sup>	8.0 <sup>B</sup>	x
AUDPC					
F0	61 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	54 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	62 <sup>A</sup>
F1	41 <sup>b</sup>	39 <sup>a,b</sup>	39 <sup>a,b</sup>	31 <sup>a,b</sup>	38 <sup>B</sup>
F2	37 <sup>b,c</sup>	37 <sup>a,b</sup>	31 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>	34 <sup>B</sup>
F3	32 <sup>b,c</sup>	47 <sup>a,b</sup>	27 <sup>b</sup>	32 <sup>b</sup>	35 <sup>B</sup>
F4	25 <sup>c</sup>	32 <sup>b</sup>	27 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>	27 <sup>C</sup>
vidēji	39 <sup>A,B</sup>	45 <sup>A</sup>	36 <sup>B</sup>	36 <sup>B</sup>	x

F– fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības: mazie burti – katrā slāpekļa papildmēslojuma normā, lielie burti – starp vidējām vērtībām

**Ziemas kviešu izturība pret veldri atkarībā no fungicīdu lietošanas shēmas un slāpekļa papildmēslojuma normas 2020. g., balles**

Fungicīdu lietošanas shēmas (F)	N120	N150	N180	N210	Vidēji
F0	2.8	3.3	3.3	2.0	2.8 <sup>nb</sup>
F1	2.8	3.0	3.3	2.5	2.9 <sup>nb</sup>
F2	3.8	3.0	2.8	2.8	3.1 <sup>nb</sup>
F3	3.3	2.5	2.3	1.8	2.4 <sup>nb</sup>
F4	3.0	2.5	2.5	2.0	2.5 <sup>nb</sup>
Vidēji	3.1 <sup>a</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>b</sup>	X

F– fungicīdu lietošanas shēmas: F0 – bez fungicīdiem, F1 – puse no pilnas devas (TFI=0.5), F2 – pilna deva (TFI=1.0), F3 – pilna deva dalīta divos smidzinājumos (TFI=1.0), F4 – divas pilnas devas dalītas trīs smidzinājumos (TFI=2.0); atšķirīgi burti apzīmē statistiski būtiskas atšķirības pie dažādām slāpekļa papildmēslojuma normām; nb – faktoru ietekme nav statistiski būtiska ( $p>0.05$ )

**Sakarības starp veldri un ražas struktūrelementiem 2020. g.,  
Pīrsona korelācijas koeficients**

	r	p-vērtība
Produktīvo stiebru skaits	-0.01	nb
Vienas vārpas graudu masa	0.27	0.017
Graudu skaits vārpā	0.03	nb
1000 graudu masa	-0.04	nb

nb – sakarības nav statistiski būtiskas ( $p > 0.05$ )



**Sakarības starp ražas struktūrelementiem un graudu ražu,  
Pīrsona korelācijas koeficients**

Gads	Produktīvo stiebru skaits, gab m <sup>-2</sup>		Vienas vārpas graudu masa, g		Graudu skaits vārpā, gab.		1000 graudu masa, g	
	r	p-vērtība	r	p-vērtība	r	p-vērtība	r	p-vērtība
2018.	0.17	nb	0.37	0.001	0.16	nb	0.54	0.001
2019.	-0.03	nb	0.20	nb	0.07	nb	0.26	0.018
2020.	0.05	nb	0.17	nb	0.14	nb	0.29	0.008
2021.	-0.12	nb	0.35	0.002	-0.02	nb	0.24	0.031

nb – sakarības nav statistiski būtiskas ( $p > 0.05$ )

## Sakarības starp ražas struktūrelementiem

Sakarības	r	p-vērtība
2018.		
Produktīvo stiebru skaits un vienas vārpas graudu masa	0.04	nb
Produktīvo stiebru skaits un graudu skaits vārpā	-0.21	nb
Produktīvo stiebru skaits un 1000 graudu masa	0.21	nb
Vienas vārpas graudu masa un graudu skaits vārpā*	0.55	p<0.001
Vienas vārpas graudu masa un 1000 graudu masa*	0.29	0.008
1000 graudu masa un graudu skaits vārpā	0.13	nb
2019.		
Produktīvo stiebru skaits un vienas vārpas graudu masa	0.01	nb
Produktīvo stiebru skaits un graudu skaits vārpā*	0.82	p<0.001
Produktīvo stiebru skaits un 1000 graudu masa	-0.18	nb
Vienas vārpas graudu masa un graudu skaits vārpā*	0.43	p<0.001
Vienas vārpas graudu masa un 1000 graudu masa	-0.04	nb
1000 graudu masa un graudu skaits vārpā	-0.13	nb
2020.		
Produktīvo stiebru skaits un vienas vārpas graudu masa	-0.14	nb
Produktīvo stiebru skaits un graudu skaits vārpā	-0.02	nb
Produktīvo stiebru skaits un 1000 graudu masa	-0.17	nb
Vienas vārpas graudu masa un graudu skaits vārpā*	0.70	p<0.001
Vienas vārpas graudu masa un 1000 graudu masa*	0.42	p<0.001
1000 graudu masa un graudu skaits vārpā	0.16	nb
2021.		
Produktīvo stiebru skaits un vienas vārpas graudu masa*	-0.47	p<0.001
Produktīvo stiebru skaits un graudu skaits vārpā	-0.20	nb
Produktīvo stiebru skaits un 1000 graudu masa	-0.09	nb
Vienas vārpas graudu masa un graudu skaits vārpā*	0.27	0.017
Vienas vārpas graudu masa un 1000 graudu masa	0.21	nb
1000 graudu masa un graudu skaits vārpā	0.13	nb

\* – sakarības ir statistiski būtiskas (p<0.05); nb – sakarības nav statistiski būtiskas (p>0.05)

**Sakarības starp kviešu lapu plankumainību attīstības pakāpi 75.–77. AE un ražas  
struktūrelementiem, Pīrsona korelācijas koeficients**

Gads	Produktīvo stiebru skaits, gab m <sup>-2</sup>		Vienas vārpas graudu masa, g		Graudu skaits vārpā, gab.		TGM, g	
	r	p-vērtība	r	p-vērtība	r	p-vērtība	r	p-vērtība
Kviešu lapu dzeltenplankumainība								
2018.	-0.17	nb	0.04	nb	-0.14	nb	-0.06	nb
2019.	0.10	nb	0.04	nb	0.14	nb	-0.35	0.001
2020.	0.01	nb	-0.16	nb	0.01	nb	-0.41	0.001
2021.	0.20	nb	-0.19	nb	-0.16	nb	-0.25	0.023
Kviešu lapu pelēkplankumainība								
2018.	0.06	nb	0.13	nb	-0.02	nb	-0.02	nb
2019.	0.02	nb	0.04	nb	0.10	nb	-0.23	0.040
2020.	-0.01	nb	-0.01	nb	-0.04	nb	-0.40	p<0.001
2021.	-0.12	nb	0.08	nb	0.05	nb	-0.29	0.010

nb – sakarības nav statistiski būtiskas (p>0.05)

**Sakarības starp lapu plankumainību AUDPC vienībām un ražas struktūrelementiem,  
Pirsona korelācijas koeficients**

Gads	Produktīvo stiebru skaits, gab m <sup>-2</sup>		Vienas vārpas graudu masa, g		Graudu skaits vārpā, gab.		TGM, g	
	r	p-vērtība	r	p-vērtība	r	p-vērtība	r	p-vērtība
Kviešu lapu dzeltenplankumainība								
2018.	0.21	nb	0.07	0.559	nb	0.217	-0.06	nb
2019.	0.11	nb	0.03	0.73	nb	0.191	-0.35	0.001
2020.	0.04	nb	-0.17	0.124	nb	0.954	-0.47	p<0.001
2021.	-0.12	nb	-0.09	0.411	-0.28	0.009	-0.25	0.020
Kviešu lapu pelēkplankumainība								
2018.	0.29	0.009	0.10	nb	0.01	nb	0.13	nb
2019.	0.04	nb	0.04	nb	0.11	nb	0.34	0.033
2020.	0.01	nb	-0.23	0.041	-0.06	nb	-0.46	p<0.001
2021.	-0.03	nb	-0.17	nb	-0.35	0.002	-0.20	nb

nb – sakarības nav statistiski būtiskas (p>0.05)