

Latvijas Lauksaimniecības universitātē
Latvia University of Life Science and Technologies
Lauksaimniecības fakultātē
Faculty of Agriculture



Mg. agr. Indra Ločmele

**MIEŽU GENOTIPU MAISIJUMU UN POPULĀCIJU PRIEKŠROCĪBU
IZVĒRTĒJUMS BIOĻOGISKAJAI AUDZĒŠANAS SISTĒMAI**

*ESTIMATION OF THE ADVANTAGES OF BARLEY GENOTYPE MIXTURES
AND POPULATIONS FOR ORGANIC FARMING SYSTEM*

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātniskā doktora grāda zinātnes doktors (Ph.D.) iegūšanai
lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnēs, mežzinātnē

SUMMARY
of the Doctoral Thesis for the Doctoral degree Doctor of Science (Ph.D.) in
Agriculture, Forestry, and Fisheries

Jelgava
2021

Darba zinātniskās vadītājas / Scientific supervisors: Dr. agr. Zinta Gaile
Dr. agr. Arta Kronberga

Darba recenzenti / Reviewers: Dr. biol. Ina Alsiņa
Dr. agr. Līga Lepse
Dr. agr. Sanita Zute

Promocijas darba aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnes, mežzinātnes ar specializāciju “Lauksaimniecība” atklātajā sēdē 2021. gada 14. maijā plkst. 10:00, Latvijas Lauksaimniecības universitātē, 123. auditorijā (vai attālināti) Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defense of Thesis will held in open session of the Promotion Board in Field of Agriculture and Fisheries Sciences, Forest science with specialization “Agriculture” on May 14th 2021, at 10:00 in room 123 (or remotely). Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties Latvijas Lauksaimniecības universitātes Fundamentālajā bibliotēkā, Lielā iela 2, Jelgava.

The thesis and summary are available at the Fundamental Library of Latvia University of Life sciences and Technologies, Lielā Street 2, Jelgava.


Atsauksmes lūdzu sūtīt Lauksaimniecības un zivsaimniecības zinātnes, mežzinātnes ar specializāciju “Lauksaimniecība” promocijas padomes sekretārei Dr.sc.ing. Ingridai Augšpolei, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001.

References are welcome to be sent to Dr.sc.ing. Ingrīda Augšpole, the Secretary of the Promotion Board in Field of Agriculture and Fisheries Sciences, Forest science with specialization “Agriculture”, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Liela Street 2, Jelgava, LV-3001.

Darbs izstrādāts projektos:

LZP finansētā projektā ‘Ģenētiski daudzveidīgas šķirnes videi draudzīgai lauksaimniecībai – priekšrocību un izveidošanas principu izpēte’ Nr. 155/2012 2013.–2016. gadā / *Latvian Council of Science project Nr 155/2012 “Genetically diverse varieties for environmentally friendly agriculture – study on advantages and breeding strategies”.*

Latvijas Lauksaimniecības universitātes projektā Nr. Z5 /*Latvia University of Life Sciences and Technologies, project No Z5.*

 Programmas ‘Apvārnis 2020’ projektā Liveseed Bioloģiskās lauksaimniecības nozares pilnveidošana, veicinot bioloģiskās sēklaudzēšanas un selekcijas attīstību Eiropā, No 727230 / *Liveseed Improve performance of organic agriculture by boosting organic seed and plant breeding efforts across Europe EU Horizon 2020 grant agreement No 7272*

Saturs / Contents

Saturs / Contents	3
Ievads.....	5
Materiāli un metodes	7
Lauka izmēģinājuma metodika, augsnes apstākļi un pielietotā agrotehnika ..	7
Izmantotie miežu genotipi	7
Veiktie novērojumi un analīzes	9
Meteoroloģisko apstākļu raksturojums.....	10
Izmantotās datu apstrādes metodes	12
Rezultāti.....	13
Genotipu maisījumu ražas, ražas stabilitātes, lapu slimību un konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums	13
Genotipu maisījumu raža un ražas stabilitāte.....	13
Lapu slimību attīstība atkarībā no genotipu maisījuma.....	18
Genotipu maisījumu konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums	23
Populāciju ražas, ražas stabilitātes, lapu slimību un konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums	26
Populāciju raža un ražas stabilitāte	26
Lapu slimību attīstība populācijās.....	29
Populāciju konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums.....	31
Dažādu veidu populāciju graudu kvalitātes rādītāju un to stabilitātes izvērtējums	33
Kopproteīna satura graudos un tā stabilitātes izvērtējums	33
Cietes satura graudos un tā stabilitātes izvērtējums	34
Tūkstoš graudu masa (TGM) un tās stabilitātes izvērtējums	35
Tilpummasa un tās stabilitātes izvērtējums.....	36
Populāciju kvantitatīvo pazīmju daudzveidība un to attīstības atšķirības audzējot bioloģiskajā un konvencionālajā audzēšanas sistēmā	38
Secinājumi	41
<i>Introduction</i>	<i>43</i>
<i>Materials and methods</i>	<i>45</i>
<i>Field testing methodology, soil conditions and agricultural technology applied.....</i>	<i>45</i>
<i>Barley genotypes used.....</i>	<i>45</i>
<i>Observations and analyses performed</i>	<i>46</i>
<i>Characterization of meteorological conditions.....</i>	<i>47</i>
<i>Statistical analysis of data.....</i>	<i>48</i>
<i>Results.....</i>	<i>49</i>

<i>Evaluation of yield, yield stability, foliar diseases and competitive ability against weeds of the genotype mixtures</i>	49
<i>Yield and yield stability of genotype mixtures.....</i>	49
<i>Development of foliar diseases depending on the genotype mixtures</i>	51
<i>Evaluation of competitive ability against weeds of genotype mixtures</i>	53
<i>Evaluation of the yield, yield stability, foliar diseases and competitive ability against weeds of populations</i>	54
<i>Yield and yield stability of populations.....</i>	54
<i>Development of foliar diseases in populations</i>	56
<i>Evaluation of the competitive ability against weeds of the populations...</i>	57
<i>Evaluation of grain quality indicators of different types of populations and their stability</i>	58
<i>Evaluation of the content of crude protein in grains and its stability</i>	58
<i>Evaluation of the content of starch in grains and its stability.....</i>	59
<i>Evaluation of the thousand-grain weight (TGW) and its stability</i>	59
<i>Evaluation of volume weight and its stability</i>	60
<i>Diversity of quantitative traits of populations and its differences in development under organic and conventional growing conditions.....</i>	60
<i>Conclusions</i>	61

Ievads

Lai sugas saglabātu spēju vairoties, palielinātos to izturība pret slimībām, un tās spētu pielāgoties mainīgiem vides apstākļiem, ir nepieciešama ģenētiskā daudzveidība. Liela daļa šobrīd audzēto graudaugu, t.sk. miežu (*Hordeum vulgare*) šķirņu veidotas, krustojot tikai jaunākās un ražīgākās šķirnes un no krustojumiem atlasot līnijas, kas ir ar nedaudz labākām īpašībām nekā vecākaugi. Rezultātā liela daļa mūsdienu šķirņu savstarpēji ģenētiski maz atšķiras un ir pilnībā viendabīgas jeb homogēnas. Optimālos, ar minerālo mēslojumu un augu aizsardzības līdzekļiem nodrošinātos apstākļos tās nodrošina augstas ražas, taču pārsvarā nespēj adaptēties nelabvēlīgām audzēšanas apstākļu izmaiņām. Šķirņu ģenētiskā viendabība problēmas var radīt videi draudzīgās saimniekošanas sistēmās, kur augu aizsardzības līdzekļu un ķīmiski sintezētu minerālmēslu lietošana ir ierobežota. Tiek uzskatīts, ka viens no faktoriem ilgspējīgā lauksaimniecībā ir kultūraugu adaptācija vidē, kuru var veicināt, palielinot šķirņu iekšējo daudzveidību. Ieviešot laukaugu sējumos lielāku ģenētisko daudzveidību, varētu ierobežot augu slimību izplatību, paaugstināt konkurētspēju ar nezālēm un nodrošināt ražas stabilitāti.

Lielāku daudzveidību sējumā var nodrošināt, pašapputes sugām veidojot heterogēnus šķirņu veidus – šķirņu maisījumus un populāciju šķirnes. To sastāvā esošie augi ir ģenētiski atšķirīgi, un līdz ar to tās ir plastiskākas nekā tīro līniju šķirnes – starp augiem darbojas kompensācijas mehānisms, izdzīvo un lielāku ražu dod tie augi, kas labāk piemēroti konkrētajai videi. Tāpēc šobrīd ir aktualizējusies dažādu maisījumu un pašapputes sugu populāciju izveidošanas un efektivitātes izpēte. Šobrīd pasaulē par šo tēmu nav veikts daudz pētījumu, turklāt tajos iegūtie rezultāti ir pretrunīgi, ir daudz neskaidru jautājumu.

Saskaņā ar starptautiskās jaunu augu šķirņu aizsardzības savienības (UPOV) prasībām, šķirnei jābūt atšķirīgai, viendabīgai un stabilai, bet pašapputes sugu populācijas neatbilst šiem kritērijiem. Tāpēc Eiropas Savienībā notiek eksperiments, kura rezultātā, iespējams, tiks ieviestas izmaiņas normatīvajos aktos, kas padarīs iespējamu ģenētiski daudzveidīgu šķirņu pārbaudi, reģistrāciju un audzēšanu. Agrolesursu un ekonomikas institūta Priekšu pētniecības centrā ir uzsākta vasaras miežu populāciju veidošana un izpēte, un šajā promocijas darba pētījumā izmantotā populācija CCPI (Mirga) ir iekļauta minētajā eksperimentā, un tirdzniecība ar tās sēklu atļauta kopš 2017. gada.

Darba mērķis

Izvērtēt vasaras miežu genotipu maisījumu, vienkāršo, salikto un kombinēto krustojumu populāciju izmantošanas priekšrocības bioloģiskajai audzēšanas sistēmai.

Pētījuma uzdevumi

1. Izvērtēt vasaras miežu genotipu maisījumu priekšrocības ražas un ražas stabilitātes nodrošināšanā, lapu slimību intensitātes samazināšanā un konkurētspējas ar nezālēm uzlabošanā.
2. Izvērtēt vasaras miežu populāciju priekšrocības ražas un ražas stabilitātes nodrošināšanā, lapu slimību intensitātes samazināšanā un konkurētspējas ar nezālēm uzlabošanā.
3. Izvērtēt dažādu populāciju veidu kvalitātes rādītājus un to stabilitāti bioloģiskajā un konvencionālajā audzēšanas sistēmā.
4. Izvērtēt trīs miežu populāciju veidu augu kvantitatīvo pazīmju daudzveidības atšķirības bioloģiskajā un konvencionālajā audzēšanas sistēmā.

Darba hipotēze

Genotipu maisījumiem un populācijām, salīdzinājumā ar viendabīgām šķirnēm, bioloģiskajā audzēšanas sistēmā ir stabilāka raža, labāka konkurētspēja ar nezālēm un zemāka inficēšanās ar lapu slimībām.

Aizstāvamās tēzes

1. Miežu genotipu maisījumiem salīdzinājumā ar viendabīgām šķirnēm ir labāka ražas stabilitāte un konkurētspēja ar nezālēm un mazāka lapu slimību attīstība.
2. Miežu populācijām salīdzinājumā ar viendabīgām šķirnēm ir labāka ražas stabilitāte un konkurētspēja ar nezālēm un mazāka lapu slimību attīstība.
3. Miežu populācijas var nodrošināt kvalitātes rādītājus viendabīgu šķirņu līmenī un labāku kvalitātes rādītāju stabilitāti.
4. Populāciju kvantitatīvās pazīmes bioloģiskajās un konvencionālajās audzēšanas sistēmās attīstās atšķirīgi.

Darba novitāte

Attīstoties bioloģiskajai lauksaimniecībai, pasaulē pēdējā desmitgadē ir aktualizējusies genotipu maisījumu un pašapputes sugu ģenētiski daudzveidīgu populāciju izpēte. Publicētu rezultātu par genotipu maisījumu un it īpaši populāciju izpēti pasaulē šobrīd nav daudz. Arī Latvijā līdz šim nav pētīta maisījumu un populāciju veidošana un nav pētīts, kādas priekšrocības populācijām un genotipu maisījumiem ir salīdzinājumā ar tradicionālajām tīro līniju šķirnēm.

Pētījuma rezultātu aprobācija

Pēc šī pētījuma rezultātiem sagatavotas 4 publikācijas, kuras indeksētas *Scopus* un/vai *Web of Science* datu bāzēs, 4 publikācijas konferenču rakstu krājumos. Sniegti 5 mutiskie un 6 stenda ziņojumi konferencēs.

Materiāli un metodes

Lauka izmēģinājuma metodika, augsnes apstākļi un pielietotā agrotehnika

Lauka izmēģinājumi 2015.–2018. gadā ierīkoti Agroresursu un ekonomikas institūta Priekuļu un Stendes pētniecības centros divās audzēšanas sistēmās – bioloģiskajā (turpmāk tekstā B) un konvencionālajā (turpmāk tekstā K). Katrā audzēšanas vidē (vide – katra audzēšanas vieta (gan O, gan K) katrā pētījuma gadā, audzēšanas vieta – Priekuļi un Stende) genotipi sēti četros atkārtojumos, laucīņus izvietojot pēc režģu shēmas. Augsne visās audzēšanas vidēs bija velēnu podzolēta, granulometriskais sastāvs – mālsmilts. Augsnes agroķīmisko rādītāju amplitūdas izmēģinājuma laukos apkopotas 1. tabulā.

1. tabula / Table 1
Augsnes agroķīmiskie rādītāji 2015.-2018. gadā /
Soil agrochemical properties in 2015-2018

Rādītāji / <i>Properties</i>	Priekuļi		Stende	
	K/C*	B/O*	K/C	B/O
pH KCl	5.5–5.9	5.6–5.7	5.9–6.1	5.9–6.3
Organiskās vielas saturs, mg kg ⁻¹ / <i>Organic matter content, mg kg⁻¹</i>	21–26	19–24	18–22	19–23
K ₂ O mg kg ⁻¹	135–176	135–175	168–176	111–115
P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	125–292	139–169	160–289	148–151

*K – konvencionāli /C – *conventional*; B – bioloģiski /O – *organic*;

Priekšaug K audzēšanas sistēmā abās izmēģinājuma vietās bija kartupeļi (*Solanum tuberosum*), B sistēmā Priekuļos 2015. un 2016. gadā pākšaugi, 2017. un 2018. gadā zaļmēslojums, bet Stendē – griķi (*Fagopyrum esculentum*). Minerālmēsli tīrvielā K sistēmā Priekuļos lietoti saskaņā ar augsnes agroķīmiskajiem rādītājiem, plānojot ražu 5 t ha⁻¹: N 95–108, P₂O₅ 0–70, K₂O 45–93 kg ha⁻¹. Stendē K audzēšanas sistēmā lietotas šādas minerālmēsļu normas tīrvielā: N 75–80, P₂O₅ 75–80 un K₂O 75–80 kg ha⁻¹. Izsējas norma visās audzēšanas vietās – 400 dīgstoši graudi uz m². Nezāļu ierobežošanai B sistēmā augu cerošanas fāzē (21. –29. AE) veikta sējumu ecēšana, bet K sistēmā lietots herbicīds. Lai varētu novērtēt lapu slimību attīstību, K audzēšanas sistēmā netika lietoti fungicīdi.

Izmantotie miežu genotipi

Genotipu maisījumi. Pētījumā iekļauti astoņi (M1–M8) maisījumi ar atšķirīgu komponentu skaitu (2. tab.), 16 komponenti (šķirnes un selekcijas līnijas) tīrsējā un trīs kontroles šķirnes.

Miežu genotipu maisījumu raksturojums /
Characteristics of genotypes mixtures

Maisījums / <i>Mixture</i>	Komponentu skaits / <i>Number of components</i>	Kritēriji maisījumu komponentu izvēlei / <i>Criteria for the selection of components for mixtures</i>
M 1, M 2	3	Atšķirīga adaptācija audzēšanas apstākļiem / <i>Different adaptability to growing conditions</i>
M 3	3	Dažāda cера forma – stāva, vidēja un izvērsta / <i>Different plant growth habit – erect, intermediate and prostrate</i>
M 4	5	Kombinētas pazīmes: strauja augu attīstība, laba augsnes noseģšana, laba cerošana, agra vārpošana, lapu noliekšanās / <i>Combination of rapid plant development, good soil covering ability, good tillering, early heading, leaf bending</i>
M 5	2	Atšķirīga konkurētspēja ar nezālēm / <i>Different competitive ability against weeds</i>
M 6, M 8	3	Dažāda inficēšanās pakāpe ar miežu lapu tīklplankumainību un graudzāļu miltrasu / <i>Different level of infection with foliar diseases caused by Pyrenophora teres and Blumeria graminis</i>
M 7	2	

Maisījumi veidoti ar konkrētu mērķi: M1 un M2 – stabilas ražas nodrošināšanai, M3, M4 un M5 – konkurētspējas ar nezālēm palielināšanai, M6, M7 un M8 – lai ierobežotu graudzāļu miltrasas (ieros. *Blumeria graminis*) un miežu lapu tīklplankumainības (ieros. *Pyrenophora teres*) attīstības pakāpi. Maisījumu sēkla katru gadu sagatavota no jauna, samaisot vienādās proporcijās attiecīgos komponentus. Maisījumu sēklas materiāls sējai gan Priekuļos, gan Stendē gatavots no Priekuļos iegūtās ražas. K audzēšanas sistēmā izmantots sēklas materiāls, kurš iepriekšējā gadā iegūts no izmēģinājumiem K sistēmā, un B sistēmā izmantots sēklas materiāls, kurš iepriekšējā gadā iegūts B audzēšanas sistēmā.

Maisījumu raža un konkurētspēja ar nezālēm vērtēta salīdzinājumā ar katra konkrētā maisījuma komponentu vidējiem rādītājiem un trīs viendabīgām audzēšanā esošām kontroles šķirnēm – ‘Abava’, Rasa’ un ‘Rubiola’. Inficēšanās ar lapu slimībām vērtēta salīdzinājumā ar komponentu vidējo, minētajām šķirnēm un ieņēmīgāko konkrētā maisījuma komponentu.

Populācijas. Pētījumā izmantotas vienpadsmit populācijas ar atšķirīgu ģenētiskās daudzveidības līmeni – četras vienkāršās (divi vecākaugi), piecas saliktās (trīs līdz septiņi vecākaugi) un divas kombinēto krustojumu (angliski *Composite Cross Populations – CCP*) (3. tab.). Populāciju raža, ražas stabilitāte,

inficēšanās ar lapu slimībām, konkurētspēja ar nezālēm un kvalitātes rādītāji salīdzināti ar iepriekš minētajām kontroles šķirņēm – ‘Abava’, ‘Rasa’ un ‘Rubiola’. Līdzīgi kā maisījumiem arī populācijām sēkla abām audzēšanās vietām gatavota no Priekuļos iegūtās ražas, B sistēmā izmantojot B novākto un K sistēmā K novākto ražu.

3. tabula / Table 3

Populāciju raksturojums /
Characteristics of populations

Populācija / <i>Population</i>	Populācijas veids un paaudze 2015.–2018. gadā / <i>Type of population and generations in 2015–2018</i>
BZ12	Vienkāršā, divi vecākaugi / <i>simple, two parents</i> , F ₁₂ –F ₁₅
BZ14	Vienkāršā, divi vecākaugi / <i>simple, two parents</i> , F ₁₂ –F ₁₅
1014-11	Vienkāršā, divi vecākaugi / <i>simple, two parents</i> , F ₅ –F ₈
1015-11	Vienkāršā, divi vecākaugi / <i>simple, two parents</i> , F ₅ –F ₈
1348-11	Saliktā, trīs vecākaugi / <i>complex, three parents</i> , F ₆ –F ₉
1349-11	Saliktā, septiņi vecākaugi / <i>complex, three parents</i> , F ₆ –F ₉
1357-11	Saliktā, seši vecākaugi / <i>complex, six parents</i> , F ₆ –F ₉
1018-12	Saliktā, trīs vecākaugi / <i>complex, three parents</i> , F ₆ –F ₉
1052-12	Saliktā, desmit vecākaugi / <i>complex, ten parents</i> , F ₆ –F ₉
CCP1(Mirga)	Kombinēto krustojumu, visās iespējamajās kombinācijās krustoti 10 vecākaugi (90 kombinācijas) / <i>composite, bulked diallell crosses among group of 10 parents (90 combinations)</i> , F ₃ –F ₆
CCP3	Kombinēto krustojumu, pieci vīrišķi sterili paraugi krustoti ar 10 vecākaugiem (50 kombinācijas) / <i>composite, bulk of 10 parents crossed to 5 male sterile samples (50 combinations)</i> , F ₃ –F ₆

Vienkāršās populācijas BZ12 un BZ14, sākot no F₅ paaudzes, audzētas un vērtētas paralēli K un B sistēmā (turpinot sēt gadu no gada konkrētajā audzēšanas sistēmā iegūto materiālu). Pārējās populācijas pēc krustošanas vienu gadu pavairotas K sistēmā, tad iegūtais sēklas materiāls sadalīts divās daļās un turpmāk audzēts un vērtēts paralēli abās audzēšanas sistēmās.

Lai izvērtētu faktoru – genotipa, gada, audzēšanas vietas un šo faktoru mijiedarbības ietekmes atšķirības uz pazīmēm atkarībā no populācijas veida (daudzveidības līmeņa), tās sagrupētas pa veidiem grupās: vienkāršo populāciju grupa (VPg), salikto populāciju grupa (SPg), kombinēto krustojumu grupa (CCPg) un kontroles šķirņu grupa (Kg).

Veiktie novērojumi un analīzes

Priekuļos (2016.–2018. gadā) veģētācijas periodā B un K audzēšanas sistēmā (kopā dati iegūti 6 vidēs – 3 B un 3 K) dabīgā infekcijas fonā vērtēta inficēšanās ar lapu slimībām – graudzāļu miltrasu (ieros. *Blumeria graminisi*) un miežu lapu

tīklplankumainību (ieros. *Pyrenophora teres*), vizuāli nosakot slimības attīstības pakāpi visā izmēģinājumu lauciņā ballēs, kur 0 – nav redzamu simptomu, 9 – lapu audi atmiruši, nav novērojami dzīvi audi. Slimību vērtēšana uzsākta, parādoties uz lapām pirmajām slimības pazīmēm, un turpināta ar 7–10 dienu intervālu.

Konkurētspējas ar nezālēm izvērtēšanai B audzēšanas sistēmā Priekuļos (2015.–2018. gadā) (kopā dati iegūti 4 vidēs) augu cerošanā (25.–29. AE) un stiebrošanas sākumā (29.–31. AE) vizuāli vērtēts projektīvais labības augsnes segums. Nezāļu augsnes segums vērtēts augu stiebrošanā (31.–39. AE), vārpošanas beigās – ziedēšanas sākumā (59.–65. AE) un graudu nogatavošanās laikā (87.–92. AE). Katru gadu B sistēmā katrā atkārtojumā viens lauciņš atstāts neapsēts, ļaujot tajā brīvi augt nezālēm. Katrā vērtēšanas reizē arī šajā lauciņā vērtēts nezāļu augsnes projektīvais segums. Vērtēšanai izmantots 1 m² liels rāmītis.

Ražība gan Priekuļos, gan Stendē (2015.–2018. gadā) noteikta, nokuļot visu katra varianta lauciņu katrā atkārtojumā. Kopā raža iegūta 14 vidēs (7 B un 7K). Iegūtā raža pārrēķināta t ha⁻¹ pie graudu mitruma 14% un 100% tīrības. Populācijām un kontroles šķirņēm no katra atkārtojuma paņemts vidējais graudu paraugs pēc standarta LVS 270 un noteikti kvalitātes rādītāji: 1000 graudu masa (g) noteikta katram atkārtojumam pēc standarta LVS EN ISO 520; tilpummasa (g L⁻¹), kopproteīna (g kg⁻¹) un cietes saturs (g kg⁻¹) graudu sausnā noteikti ar analizatoru InfratecTM 1241 (FOSS) Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātes Graudu un sēklu mācību zinātniskajā laboratorijā.

Populāciju kvantitatīvo pazīmju attīstības atšķirību vērtēšanai atšķirīgās audzēšanas sistēmās 2016. un 2018. gadā Priekuļos B un K audzēšanas sistēmā ierīkots lauka izmēģinājums, kurā iekļautas paralēlās populācijas BZ12B/BZ12K, 1018-12B/1018-12K un CCP1B/CCP1K. Par paralēlajām populācijām tiek sauktas populācijas ar vienādu izcelsmi; viena no tām tiek audzēta tikai B sistēmā, otra – tikai K sistēmā un pie populācijas apzīmēja attiecīgi pievienoti burti B un K. Pārbaudes gados paralēlās populācijas B un K audzēšanas sistēmās sētas blakus – B sistēmā gadu no gada audzētajai populācijai sēta blakus tās pašas izcelsmes populācija, kas gadu no gada audzēta K sistēmā, un otrādi. Pilngatavībā (91.–92. AE) paralēlo populāciju lauciņos paņemti paraugkūļi un laboratorijā 100 augiem noteikts auga un galvenās vārpas garums (cm), graudu skaits galvenajā vārpā un augu produktīvās cerošanas koeficients.

Meteoroloģisko apstākļu raksturojums

Miežu attīstībai labvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi bija abās audzēšanas vietās 2015. gadā (izņemot bioloģiskajā audzēšanas sistēmā Stendē, kur stipras lietis gāzes rezultātā izmēģinājums tika stipri bojāts) un Stendē 2016. un 2017. gadā (4. un 5. tab.). Priekuļos 2016. gadā pēc paaugstinātā nokrišņu

daudzuma aprīlī sausie laika apstākļi maijā ietekmēja augu attīstību, īpaši B sistēmā, kur sējumu ecēšana nezāļu ierobežošanai pavairoja augiem stresu, un to turpmākā augšana bija traucēta.

4. tabula / Table 4

**Meteoroloģisko rādītāju novirze no ilggadīgajiem novērojumiem
2015.–2018. gadā Priekuļos /**

*Deviation of meteorological indicators from the long-term observations in
2015-2018 in Priekuli*

Mēnesis / Month	2015		2016		2017		2018	
	°C*	%**	°C	%	°C	%	°C	%
Aprīlis / April	0.0	113	0.3	231	-2.0	266	2.2	118
Maijs / May	-0.5	97	2.7	18	-1.0	76	4.1	39
Jūnijs / June	-0.6	49	1.5	178	-1.1	173	0.9	111
Jūlijs / July	0.6	106	0.4	127	-1.7	118	2.5	27
Augusts / August	1.4	30	0.0	216	0.2	119	2.2	81

*vidējās gaisa temperatūras novirze no ilggadīgajiem datiem / deviation of average air temperature from the long-term data; **mēneša nokrišņu summa % salīdzinājumā ar ilggadīgajiem datiem / monthly precipitation amount % in comparison to the long-term data

Tālāk veģetācijas periods raksturojās ar paaugstinātu nokrišņu daudzumu, kas pagarināja augu veģetācijas periodu un aprūtināja ražas novākšanu. Arī 2017. gadā Priekuļos vēsie un mitrie laika apstākļi pagarināja augu veģetācijas periodu. Savukārt 2018. gadā aprīļa beidzamajā dekādē, kad noritēja sēja, abās audzēšanas vietās mitruma pietika, un augi sadīga labi. Turpmākais veģetācijas periods gan Priekuļos, gan Stendē raksturojās ar sausiem un karstiem apstākļiem, kas abās audzēšanas vietās radīja augiem sausuma stresu (4. un 5. tab.).

5. tabula / Table 5

**Meteoroloģisko rādītāju novirze no ilggadīgajiem novērojumiem
2015.–2018. gadā Stendē /**

*Deviation of meteorological indicators from the long-term observations in
2015-2018 in Stende*

Mēnesis / Month	2015		2016		2017		2018	
	°C*	%**	°C	%	°C	%	°C	%
Aprīlis / April	1.3	266	1.5	104	-0.6	205	1.7	131
Maijs / May	-0.4	146	3.1	104	0.1	32	4.5	28
Jūnijs / June	0.7	89	1.4	163	-0.3	103	0.9	40
Jūlijs / July	-0.4	88	0.9	105	-0.8	64	2.2	37
Augusts / August	2.0	31	-0.4	68	0.8	59	2.0	107

*vidējās gaisa temperatūras novirze no ilggadīgajiem datiem / deviation of average air temperature from the long-term data; ** mēneša nokrišņu summa % salīdzinājumā ar ilggadīgajiem datiem / monthly precipitation amount % in comparison to the long-term data

Izmantotās datu apstrādes metodes

Genotipu maisījumu un populāciju ražas, inficēšanās ar lapu slimībām un konkurētspējas ar nezālēm izvērtēšanai izmantota viena un divu faktoru dispersijas analīze (ANOVA). Atšķirības uzskatītas par būtiskām, ja $p < 0.05$. Ražas stabilitātes vērtēšanai aprēķināts vides indekss (starpība starp visu genotipu vidējo ražu konkrētajā vidē un visu genotipu vidējo ražu no visām vidēm), izmantota regresijas analīze un rangu metode. Viens no rādītājiem, kas izmantots ražas stabilitātes raksturošanai, ir regresijas koeficients (b). Ja tas ir tuvs 1, tad genotipu var raksturot kā stabili, ar spēju adaptēties atšķirīgos audzēšanas apstākļos, ja būtiski augstāks par 1, tad šķirne raksturojama kā jutīga pret vides apstākļu izmaiņām un ar lielāku specifisko piemērotību labākiem audzēšanas apstākļiem. Ja b ir būtiski zemāks par 1, tad šķirni var raksturot kā izturīgu pret nelabvēlīgām vides apstākļu izmaiņām un ar lielāku specifisko piemērotību sliktākiem audzēšanas apstākļiem. Faktoru (audzēšanas gads, vieta, genotips) ietekmes un to mijiedarbības ietekmes būtiskuma aprēķināšanai, kā arī populāciju grupu (daudzveidības līmeņa) izvērtēšanai un korelatīvo sakarību vērtēšanai izmantota programmatūra SPSS Statistic 17. Aprēķināta maisījumu relatīvā efektivitāte to ražai, inficētībai ar miežu lapu tīklplankumainību, labības augsnes segumam un konkurētspējai ar nezālēm salīdzinājumā ar maisījuma attiecīgo komponentu vidējo rādītāju (ME_{vid}) un maisījuma komponentu, kuram iegūts salīdzinoši augstākais konkrētais rādītājs (ME_{max}). Lapu slimības attīstības vērtēšanai aprēķināts laukums zem slimības attīstības līknes (AUDPC). Spēja nomākt nezāļu augšanu (S_{var}) katram genotipam katrā vērtējuma reizē aprēķināta kā starpība starp nezāļu augšanu lauciņā, kurā aug konkrētais genotips, un maksimālo nezāļu augšanu lauciņā bez graudauga, un izteikta procentos. Populāciju un kontroles šķirņu kvalitātes rādītāju stabilitātes izvērtēšanai izmantota metode, kas izmantota ražas stabilitātes vērtēšanai un variācijas koeficients ($S\%$). Populāciju kvantitatīvo pazīmju vidējo rādītāju salīdzināšanai izmantots t-tests. Kvantitatīvo pazīmju daudzveidības izvērtēšanai izmantots Šenona-Vīvera daudzveidības indekss H' . Izmēģinājuma ierīkošanas specifikas dēļ nav iespējams novērtēt pazīmju daudzveidības indeksa H' atšķirību būtiskumu.

Rezultāti

Genotipu maisījumu ražas, ražas stabilitātes, lapu slimību un konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums

Genotipu maisījumu raža un ražas stabilitāte

Pētījumā iekļauto maisījumu, to komponentu tīrsējā un kontroles šķirņu vidējā raža bioloģiskajā (B) audzēšanas sistēmā bija 3.37 t ha⁻¹, ar zemāko vidējo ražu 2.07 t ha⁻¹ 2018. gadā un augstāko 5.24 t ha⁻¹ 2016. gadā Stendē. Vidējā raža konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā bija 5.45 t ha⁻¹, kur zemākais vidējais rādītājs 3.07 t ha⁻¹ bija 2018. gadā Priekuļos, bet augstākais 2016. gadā Stendē 8.53 t ha⁻¹.

Genotipu maisījumu ražas izvērtējums salīdzinājumā ar attiecīgo komponentu vidējo. Neviens no pētītajiem ašoniem maisījumiem nepārsniedza to veidojošo komponentu vidējo ražu visās 14 pētījuma vidēs (6. tab.).

6. tabula / Table 6

Genotipu maisījumu ražas novirze no to veidojošo komponentu vidējās ražas bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmās /
Deviation of genotypes mixtures yield from the average of their components in organic (O) and conventional (C) growing systems

Maisījums / Mixture	B / O (n=7)		K / C (n=7)	
	+/- komponentu vidējais / average of the components**	+/- vidēji pētījumā/ average in the study, %	+/- komponentu vidējais / average of the components	+/- vidēji pētījumā / average in the study, %
M1 (3)*	-5;+2	-3	-1;+6(1)&	5
M2 (3)	-3;+4	3	-4;+2;=1	-2
M3 (3)	-4;+2	2	-2;+2;=3	0
M4 (5)	-3;+3	1	-3;+3;=1	0
M5 (2)	-4;+3	-2	-2;+2;=3	0
M6 (3)	-1(1);+5;=1	3	-3;+4	0
M7 (2)	-2;+5	6	-1;+6(1)	9
M8 (3)	-2;+4;=1	3	-1;+6(2)	7

*maisījuma komponentu skaits / number of components n mixture; **gadījumu skaits, kad raža bija vienāda (=), augstāka (+) vai zemāka (-) nekā komponentu vidējais / number of cases when yield was equal (=), higher (+) or lower (-) than the average of components; &iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas (p<0.05) / &in brackets in bold – number of cases when the differences were significant (p<0.05)

B audzēšanas sistēmā būtiska (p<0.05) atšķirība konstatēta tikai vienā gadījumā no 56 (8 maisījumi × 7 B vides), kur maisījumam M6 raža bija būtiski (p<0.05) zemāka. Savukārt K audzēšanas sistēmā būtiskas atšķirības konstatētas

četros gadījumos, kur maisījumu M1, M7 un M8 raža bija būtiski augstāka nekā attiecīgo komponentu vidējais rādītājs (6. tab.). Maisījumi M1 un M2 veidoti ar mērķi iegūt konkurētspējīgu ražu un labu ražas stabilitāti dažādās vidēs, bet gan B, gan K sistēmā tie ražoja līdzvērtīgi komponentu vidējam, tikai vienā no septiņām K vidēm maisījumam M1 konstatēts būtisks ražas pieaugums.

Salīdzinoši labākais rezultāts iegūts maisījumam M7 – tas nodrošināja lielāko vidējo ražas pieaugumu gan B, gan K audzēšanas sistēmā, attiecīgi par 6 un 9% (6. tab.). Kopumā iegūtais rezultāts liecina, ka pētītie maisījumi abās audzēšanas sistēmās ražoja to veidojošo komponentu vidējā rādītāja līmenī.

Genotipu maisījumu ražas izvērtējums salīdzinājumā ar kontroles šķirnēm. Kontroles šķirņu raža vairumā gadījumu bija līdzvērtīga, būtiskas atšķirības ($p < 0.05$) konstatētas tikai atsevišķos gadījumos, kad šķirnes ‘Rubiola’ raža bija būtiski augstāka nekā šķirnēm ‘Rasa’ un ‘Abava’.

B audzēšanas sistēmā nevieni no pētītajiem maisījumiem neražoja labāk par visām kontroles šķirnēm visās septiņās vidēs. Būtiskas atšķirības konstatētas tikai 2018. gadā sausuma stresa apstākļos, kad maisījumi M4, M6, M7 un M8 ražībā būtiski pārsniedza šķirnes ‘Rasa’ un ‘Rubiola’ (7. tab.).

7. tabula / Table 7

Maisījumu ražas novirze no kontroles šķirņu ražas bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmās /

Yield deviation of genotypes mixtures from the check varieties in organic (O) and conventional (C) growing systems

Maisījums / <i>Mixture</i>	B / O (n=7)**			K / C (n=7)**		
	Abava	Rasa	Rubiola	Abava	Rasa	Rubiola
M1(3)*	-4;+3	-1;+6	-2;+5	-3;+5(2)&	-1;+6(2)	-2;+5
M2 (3)	-3;+4	-5;+2	-4;+3	-2(1);+5(3)	+7(2)	-5;+2
M3 (3)	-3;+4	+7	-2;+5	+7(4)	-1;+6(3)	-3;+4
M4 (5)	-1;+6	+7(1)&	-4;+3(1)	-1;+6(3)	-1;+6(2)	-4;+3
M5 (2)	-3;+4	-1;+6	-4;+3	-1(1);+6(2)	-1;+6(2)	-4;+3
M6 (3)	-2;+5	-1;+6(1)	-2;+5(1)	-2;+5(1)	-2;+5	-5(1);+2
M7 (2)	+7	+7(1)	-1;+6(1)	+7(3)	+7(5)	-4;+3(1)
M8 (3)	+7	+7(1)	-2;+5(1)	-2;+5(3)	+7(3)	-4;+3

*maisījuma komponentu skaits / *number of components in mixture*; **gadījumu skaits, kad raža bija vienāda (=), augstāka (+) vai zemāka (-) nekā komponentu vidējais / *number of cases when yield was equal (=), higher (+) or lower (-) than the average of components*; &iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētas starpības bija būtiskas ($p < 0.05$) / *&in brackets in bold – number of cases when the differences were significant ($p < 0.05$)*

Tendence ražībā pārsniegt šķirnes – ‘Rasa’ un ‘Abava’ un vairumā gadījumu arī šķirni ‘Rubiola’ novērota maisījumiem M7 un M8, bet tendence pārsniegt ražībā šķirni ‘Rasa’ novērota maisījumam M3.

K audzēšanas sistēmā maisījumu raža salīdzinājumā ar šķirnēm variēja vairāk, bet neviens no maisījumiem neražoja labāk par visām kontroles šķirnēm visās septiņās vidēs. No maisījumiem, kas veidoti augstākas ražas iegūšanai, tikai M2 novērojama tendence ražībā pārsniegt vienu no kontroles šķirnēm – ‘Rasa’. Salīdzinoši labākais rezultāts iegūts maisījumam M7, kuram novērota tendence pārsniegt ražībā šķirnes ‘Abava’ un ‘Rasa’, bet šajā audzēšanas sistēmā tam bija grūtāk konkurēt ar salīdzinoši ražīgāko kontroles šķirni ‘Rubiola’. Jāpiebilst, ka vienīgais būtiskais ražas pieaugums maisījumam M7 salīdzinājumā ar šķirni ‘Rubiola’ konstatēts 2018. gadā. Šis rezultāts liecina, ka maisījums M7 spēja adaptēties sausuma izraisīta stresa apstākļiem labāk nekā šī viendabīgā, augstražīgā šķirne.

Genotipu maisījumu ražas stabilitāte. Pētījumā iekļautie maisījumi raksturojas ar atšķirīgu adaptivitāti vidē. Četriem maisījumiem M1, M3, M4 un M5 konstatēta adaptivitāte konvencionālajai audzēšanas sistēmai, trīs maisījumiem M2, M7 un M8 – plaša adaptivitāte jeb laba ražas stabilitāte dažādos audzēšanas apstākļos un vienam – M6 – adaptivitāte bioloģiskajai audzēšanas sistēmai (8. tab.). Maisījumi, kas veidoti ar mērķi labas un stabilas ražas iegūšanai (M1 un M2), apvienojot tajos genotipus ar atšķirīgu adaptivitāti vidē (konvencionālajiem apstākļiem, bioloģiskajiem apstākļiem un plaša adaptivitāte vidē), nodrošināja vienādu ražas līmeni (4.50 t ha^{-1}), bet adaptivitāte audzēšanas apstākļiem tiem konstatēta atšķirīga (M1 – konvencionālajiem apstākļiem, M2 – plaša). Tātad, izveidojot maisījumus pēc vienādiem kritērijiem, nevar paredzēt, kāda būs maisījuma adaptivitāte vidē.

Lai gan pētītajiem maisījumiem konstatēta atšķirīga adaptivitāte audzēšanas apstākļiem, vidējā raža visiem astoņiem maisījumiem 14 audzēšanas vidēs iegūta virs visu genotipu vidējā rādītāja (kas ir svarīgs rādītājs ražas stabilitātes vērtēšanā), bet maisījumam M7 tā bija būtiski augstāka. M7 var raksturot kā stabili dažādās vidēs, kas labi redzams rangu tabulā, kur tas ne B, ne K audzēšanas sistēmā neierindojas ražības ranga lejasdaļā (8. tab.). Šis maisījums veidots no viena genotipa ar ražu virs vidējā (4.34 t ha^{-1}) un otra ar ražu zem vidējā rādītāja, rezultātā iegūstot šajā pētījumā labāko maisījumu.

Pētījumā izmantotās **kontroles šķirnes** raksturojās ar atšķirīgu adaptivitāti vidē. Šķirnei ‘Rubiola’ konstatēta piemērotība konvencionālajiem audzēšanas apstākļiem ($b > 1$). Šķirne ‘Abava’ raksturojās ar piemērotību bioloģiskajiem audzēšanas apstākļiem ($b < 1$), savukārt ‘Rasa’ – ar plašu adaptivitāti. Lai gan pētītajiem maisījumiem konstatēta atšķirīga adaptivitāte vidē, tie nodrošināja vidējo ražu ražīgākās kontroles šķirnes ‘Rubiola’ līmenī (8. tab.).

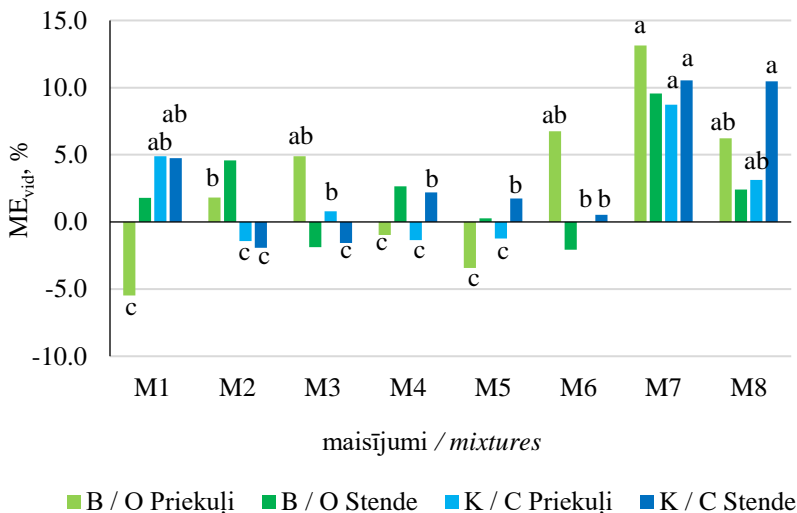
Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Izvērtējot genotipa, gada, audzēšanas vietas un šo faktoru mijiedarbības ietekmi uz maisījumu, komponentu firsējā un kontroles šķirņu ražu, netika novērots, ka pētīto genotipu maisījumu ražu minētie faktori un to mijiedarbība ietekmētu mazāk nekā viendabīgu genotipu ražu.

**Genotipu maisījumu vidējā raža un ražas stabilitātes
rādītāji 14 audzēšanas vidēs /**
*Average yield of genotype mixtures over 14 environments and
the yield stability indicators*

Maisījums / Mixture	Vidējā raža / Average yield, t ha ⁻¹	Regresijas koeficients / Coefficient of regression (b)	Novirze no dispersijas / Deviation from regression (s ² dj)	Vieta rangā / Number of rankings					
				bioloģiskajā sistēmā / organic (n=7)			konvencionālajā sistēmā / conventional (n=7)		
				I ^{&}	II ^{&}	III ^{&}	I	II	III
M1 (3)*	4.50	1.16***	0.06	-	5	2	4	3	-
M2 (3)	4.50	1.02	0.1	4	1	2	1	4	2
M3 (3)	4.58	1.12***	0.06	2	4	1	4	2	1
M4 (5)	4.46	1.08***	0.03	2	4	1	2	4	1
M5 (2)	4.44	1.08***	0.05	2	1	4	3	3	1
M6 (3)	4.37	0.81***	0.08	5	-	2	-	2	5
M7 (2)	4.76**	1.00	0.05	6	1	-	5	2	-
M8 (3)	4.58	1.01	0.08	5	1	1	2	4	1
Rubiola	4.51	1.20***	0.13	3	2	2	4	1	2
Rasa	4.11	0.99	0.12	-	2	5	1	3	3
Abava	4.17	0.83***	0.1	2	3	2	1	2	4

*komponentu skaits / number of components in mixture; **būtiski atšķirīga raža no vidējā ražas rādītāja 14 vidēs (4.34 t ha⁻¹) (p<0.05) / significantly distinctive from the average yield over 14 environments (4.34 t ha⁻¹); ***būtiski atšķiras no 1 (p<0.05) / significantly different from 1 (p<0.05);
[&]genotipu ražības augšējā trešdaļa (I), vidējā trešdaļa (II), apakšējā trešdaļa (III) / ranked in the upper (I), middle (II) and lower third (III), respectively

Relatīvā genotipu maisījumu efektivitāte. Pozitīva vidējā relatīvā maisījuma efektivitāte ražas nodrošināšanā salīdzinājumā ar maisījumu veidojošo komponentu vidējo (ME_{vid}) visās audzēšanas vidēs iegūta diviem maisījumiem – M7 un M8, kas būtiski augstāka bija Priekuļos abās audzēšanas sistēmās un Stendē K audzēšanas sistēmā (1. att.). Pārējiem pētītajiem maisījumiem iegūtās ME_{vid} negatīvās/pozitīvās atšķirības starp B un K audzēšanas sistēmām Priekuļos un Stendē, lai arī nebija būtiskas, iespējams, liecina, ka atšķirīgās vidēs maisījumu augi reagē atšķirīgi un iespējama arī atšķirīga maisījumu augu savstarpējā mijiedarbība/konkurence. Tas liecina, ka katru konkrēto maisījumu vislabāk var novērtēt, to sējot vairāku gadu garumā dažādās audzēšanas vidēs.

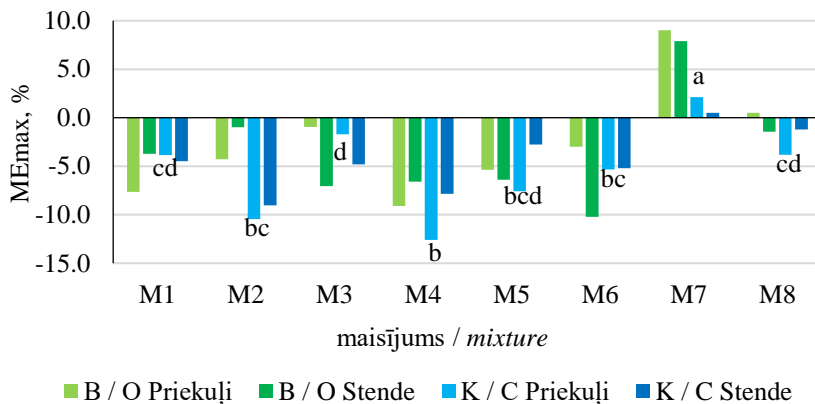


1. att. Genotipu maisījumu efektivitāte (ME_{vid}) ražas nodrošināšanā salīdzinājumā ar komponentu vidējo rādītāju bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā /

Fig. 1. Mixture efficiency (ME_{vid}) regarding the yield in comparison with the average of components in organic (O) and conventional (C) growing conditions;

a, b, c – ar atšķirīgiem burtiem apzīmētie ME_{vid} rādītāji audzēšanas vietas ietvaros atšķiras būtiski ($p < 0.05$) / a, b, c – values marked with different letters are significantly different within a growing site ($p < 0.05$)

Pozitīva relatīvā maisījuma efektivitāte salīdzinājumā ar ražīgāko maisījuma komponentu (ME_{max}) visās audzēšanas vietās iegūta tikai maisījumam M7. Būtiskas atšķirības starp maisījumu M_{max} rādītāju konstatētas tikai Priekuļos, K audzēšanas sistēmā (2. att.).



2. att. **Genotipu maisījumu efektivitāte (ME_{max}) ražas nodrošināšanā salīdzinājumā ar ražīgāko komponentu bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā /**

Fig. 2. Mixture efficiency (ME_{max}) regarding the yield in comparison with the best yielding component in organic (O) and conventional (C) growing conditions;

a, b, c – ar atšķirīgiem burtiem apzīmētie ME_{vid} rādītāji audzēšanas vietas ietvaros atšķiras būtiski ($p < 0.05$) / a, b, c – values marked with different letters are significantly different within a growing site ($p < 0.05$)

Lapu slimību attīstība atkarībā no genotipu maisījuma

Augstākā inficēšanās ar miežu lapu tīklplankumainību dabīgā infekcijas fonā novērota 2016. gadā, kad vidējā AUDPC vērtība K audzēšanas sistēmā bija 133, B sistēmā – 51, bet zemākā – 2017. gadā, kad attiecīgi K un B sistēmā tā bija 62 un 32.

Miežu lapu tīklplankumainības attīstība maisījumos salīdzinājumā ar komponentu vidējo rādītāju. Miežu genotipu maisījumiem salīdzinājumā ar to attiecīgo komponentu vidējo rādītāju B audzēšanas sistēmā tikai maisījumiem M1, M3 un M8 vienā no trīs pētījuma gadiem inficēšanās bija būtiski ($p < 0.05$) zemāka, bet maisījumam M5 – būtiski augstāka (9. tab.). Savukārt K audzēšanas sistēmā būtiskas atšķirības konstatētas maisījumam M7 – vienā gadījumā iegūta būtiski zemāka slimības attīstība un vienā būtiski augstāka.

Kopumā abās audzēšanas sistēmās maisījumu inficēšanās ar tīklplankumainību nebūtiski variēja, pārsniedzot vai atpaliekot no komponentu vidējā rādītāja. Starp maisījumiem, kas veidoti tīklplankumainības attīstības ierobežošanai (M6, M7 un M8), salīdzinoši labākais rezultāts iegūts maisījumam M8: piecās vidēs no sešām (trīs gadi \times B un K audzēšanas sistēma) novērota zemāka slimības attīstība nekā komponentu vidējais, ieskaitot būtisku

samazinājumu 2018. gadā. M7 inficēšanās ar tīklplankumainību salīdzinājumā ar komponentu vidējo B audzēšanas sistēmā bija līdzvērtīga kontroles šķirņu vidējam, bet K sistēmā tā variēja no būtiski augstākas, līdz būtiski zemākai. Arī maisījumam M6 inficēšanās bija līdzvērtīga to veidojošo komponentu vidējam rādītājam tīrsējā. Maisījumu M6, M7 un M8 veidošanā izmatotie komponentu kritēriji (ieņēmība/izturība), uz kuriem balstoties genotipi iekļauti maisījumā, šajā pētījumā apstiprinājās tikai M7 komponentiem, kas iespējams, ietekmēja iegūto rezultātu. Visās pētījuma vidēs tendence inficēties mazāk novērota maisījumiem M1, M2 un M3, tāpēc būtu nepieciešama papildus izpēte, lai noskaidrotu pazīmes, kas šajos maisījumos ietekmēja inficēšanos. Par M3 var piebilst, ka tas veidots samaisot genotipus ar atšķirīgu cera formu, kas iespējams veidoja lapotnes struktūru tādu, kas aizkavēja slimības attīstību.

9. tabula / Table 9

Starpības starp genotipu maisījumu un to veidojošo komponentu vidējo tīklplankumainības attīstību bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmās, % /

Differences between average infection level with net blotch of genotypes mixtures and the average of components in organic (O) and conventional (C) growing systems

Maisījums / Mixture	Audzēšanas sistēma un gads / Growing conditions and year					
	B / O			K / C		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
M1 (3)*	-34.8	-56.0**	-2.5	-2.4	-13.0	-9.0
M2 (3)	-4.2	-14.3	-13.6	-1.5	-16.4	-6.7
M3 (3)	-7.6	-25.8	-27.8**	-5.9	-13.9	-5.7
M4 (5)	+9.3	-13.3	+2.6	0.0	-17.4	+2.3
M5 (2)	+29.2**	-22.6	0.0	+1.6	-3.5	-7.1
M6 (3)	+13.8	+16.6	+28.1	-3.2	+20.0	-5.8
M7 (2)	+5.9	-2.2	-21.1	-0.7	+11.2**	-20.4**
M8 (3)	-20.7	-8.8	-25.9**	-1.4	+1.4	-12.0

*maisījuma komponentu skaits / number of components in mixture; **atšķirības būtiskas / differences were significant (p<0.05)

Salīdzinājumā ar ieņēmīgāko komponentu, maisījumiem gan B, gan K audzēšanas sistēmā 15 gadījumos no 24 inficēšanās bija būtiski (p<0.05) zemāka, kas liecina, ka maisījumus var veidot ar mērķi ierobežot tīklplankumainības attīstību, maisījuma kombinējot šķirnes ar būtiski atšķirīgu ieņēmību/izturību.

Tīklplankumainības attīstība maisījumos salīdzinājuma ar kontroles šķirnēm. Salīdzinot ar kontroles šķirni ‘Abava’, visiem maisījumiem B un K audzēšanas sistēmā inficēšanās ar tīklplankumainību bija būtiski (p<0.05) zemāka (10. tab.). Arī salīdzinājumā ar šķirnēm ‘Rasa’ un ‘Rubiola’ maisījumi

vairumā gadījumu bija inficējušies būtiski zemāk, bet iegūtais rezultāts ir likumsakarīgs, jo kontroles šķirnes vairumā gadījumu bija inficējušās būtiski augstāk par maisījumu ieņēmīgākajiem komponentiem.

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Netika gūti pierādījumi, ka Priekuļos, B un K audzēšanas sistēmā tīklplankumainības attīstību maisījumos faktori (genotips, audzēšanas gads un vide) un to mijiedarbība ietekmētu mazākā mērā nekā viendabīgu materiālu (komponenti tīrsējā un kontroles šķirnes).

10. tabula / Table 10

Genotipu maisījumu inficēšanās ar miežu lapu tīklplankumainību raksturojošo AUDPC[^] rādītāju novirze no komponentu vidējā un kontroles šķirņu rādītājiem /

Deviation of infections with the net blotch of genotype mixtures from the average of components and check varieties

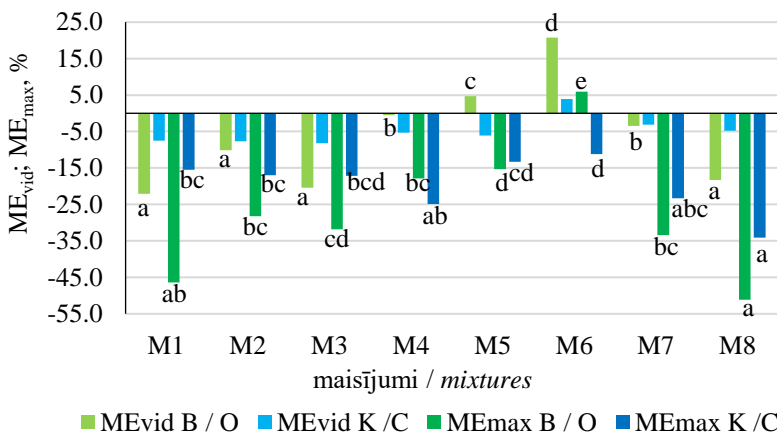
Maisījums / Mixture	+/- Komponentu vidējais / Average of components**	+/- Kontroles šķirnes / Check varieties**		
		Abava	Rasa	Rubiola
M1 (3)*	-6(1)^{&}	-6(6)	-6(6)	-6(4)
M2 (3)	-6[#]	-6(6)	-6(5)	-6(4)
M3 (3)	-6(1)	-6(6)	-6(4)	-5(3);=1
M4 (5)	-2;+3=1	-6(6)	-6(4)	-6(3)
M5 (2)	-3;+2(1);=1	-6(6)	-6(5)	-6(3)
M6 (3)	-2;+4;	-6(6)	-6(5)	-5(4);+1
M7 (2)	-4(1);+2(1)	-6(6)	-1(1);+4=1	-2(1);+3(2)
M8 (3)	-5(1);+1	-6(6)	-6(3)	-3(2);+2=1

[^] laukums zem slimības attīstības līknes / area under the disease progress curve; *maisījuma komponentu skaits / number of components in mixture; **gadījumu skaits, kad inficēšanās bija vienāda (=), augstāka (+) vai zemāka (-) nekā komponentu vidējais/kontroles šķirne / number of cases when infection was equal (=), higher (+) or lower (-) than the average of components/ the checks; [&]iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas (p<0.05) / in brackets in bold – number of cases when differences were significant (p<0.05); [#]3 bioloģiskās un 3 konvencionālas vides = 6 gadījumi / 3 organic + 3 conventional = 6 cases

Relatīvā genotipu maisījumu efektivitāte. Attiecībā uz inficēšanos ar tīklplankumainību negatīvs maisījumu efektivitātes ME_{vid} un ME_{max} rādītājs liecina, ka inficēšanās maisījumā samazinājās, bet pozitīvs, ka tā pieauga. B audzēšanas sistēmā maisījumu efektivitāte bija būtiski (p<0.05) atšķirīga un sešiem no astoņiem maisījumiem ME_{vid} iegūta negatīva (slimības samazinājums), augstākais rādītājs iegūts M1 (-22.1%), M3 (-20.4%) un maisījumam M8, kas veidots ar mērķi slimību ierobežot (-18.3%) (3. att.). Pozitīvs rādītājs (slimības pieaugums) iegūts M5 (4.7%) un vienam no maisījumiem, kas tika veidoti slimības ierobežošanai – M6 (20.8%). Arī ME_{max} rādītājs B sistēmā bija būtiski (p<0.05) atšķirīgs un pozitīvs iegūts tikai maisījumam M6, kas liecina, ka maisījums nebija efektīvs slimības ierobežošanā.

Pārējiem maisījumiem ME_{max} rādītājs iegūts negatīvs, ar būtiski augstāko rādītāju M8 (-51.1%) un M1 (-46.4%)

K audzēšanas sistēmā maisījumu ME_{vid} rādītāji bija bez būtiskām atšķirībām, ar augstāko rādītāju, kas liecina par efektivitāti slimības samazināšanā M3 (- 8.2%), zemāko M7 (-3.1%) (3. att.). Līdzīgi kā B arī K sistēmā tikai M6 ME_{vid} pozitīvais rādītājs liecina par maisījuma neefektivitāti tīklplankumainības ierobežošanā. Salīdzinājumā ar ieņēmīgāko komponentu ME_{max} efektivitātes rādītāji K sistēmā liecina par slimības attīstības samazināšanos, un būtiski augstāks rādītājs nekā vairumam maisījumu konstatēts M8 (-34.1%) (3. att.).



3. att. **Genotipu maisījumu efektivitāte inficēšanās ar tīklplankumainību ierobežošanai salīdzinājumā ar komponentu vidējo (ME_{vid}) un ieņēmīgāko komponentu (ME_{max}) bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā /**

Fig. 3. Mixture efficiency regarding the restriction of the net blotch in comparison with the average of components (ME_{ave}) and the most susceptible component (ME_{max}) in organic (O) and conventional (C) growing systems; a, b, c, d, e – ar atšķirīgiem burtiem apzīmētie ME_{vid} rādītāji audzēšanas vietas ietvaros atšķiras būtiski ($p < 0.05$) / a, b, c, d, e – values marked with different letters are significantly different within a growing site ($p < 0.05$)

Graudzāļu miltrasas attīstība maisījumos salīdzinājumā ar komponentu vidējo. Nevar izdarīt secinājumus par pētīto maisījumu efektivitāti/neefektivitāti graudzāļu miltrasas ierobežošanā B audzēšanas sistēmā, jo miltrasa tika novērota ļoti mazā apjomā tikai vienā pētījuma gadā atsevišķiem genotipiem vienā atkārtojumā. K audzēšanas sistēmā miltrasa novērota nelielā apjomā 2016. (AUDPC vērtība 0–58) un 2017. gadā (AUDPC vērtība 0–33). Maisījumiem salīdzinājumā ar komponentu vidējo rādītāju, novērota tendence ar miltrasu

inficēties mazāk. Būtiski zemāka slimības attīstība konstatēta tikai maisījumiem M1 un M4 2016. gadā (11. tab.).

11. tabula / Table 11

Genotipu maisījumu inficēšanās ar miltrasu raksturojošo AUDCP[^] vērtību novirze no to veidojošo komponentu vidējās AUDPC vērtības konvencionālajā audzēšanas sistēmā Priekuloš /

Deviation of powdery mildew AUDPC[^] values of genotypes mixtures from the average AUDPC value of their components in conventional growing systems in Priekuli

Maisījums / Mixture	Gads / Year	
	2016	2017
M1 (3)*	-19.9**	-4.6
M2 (3)	-2.8	-2.2
M3 (3)	6.2	-4.7
M4 (5)	-14.3**	-4.6
M5 (2)	-5.0	-2.8
M6 (3)	-5.8	-1.5
M7 (2)	-1.4	0.0
M8 (3)	0.0	-0.4

[^] laukums zem slimības attīstības līknes / area under the disease progress curve; *maisījuma komponentu skaits / number of components in mixture; **starpība būtiska ($p < 0.05$) / differences are significant ($p < 0.05$)

Graudzāļu miltrasas attīstība maisījumos salīdzinājumā ar kontroles šķirnēm. 2016. gadā K sistēmā kontroles šķirne ‘Abava’ būtiski vairāk ($p < 0.05$) inficējās ar miltrasu nekā šķirnes ‘Rasa’ un ‘Rubiola’. Savukārt 2017. gadā no kontroles šķirnēm inficēšanās ar miltrasu nelielā apjomā novērota šķirnēm ‘Abava’ un ‘Rasa’. Visiem pētījumā iekļautajiem maisījumiem konstatēta būtiski zemāka inficēšanās ar miltrasu nekā ieņēmīgākajai kontroles šķirnei ‘Abava’ un līdzvērtīga šķirnēm ‘Rasa’ un ‘Rubiola’ (12. tab.).

**Genotipu maisījumu un kontroles šķirņu inficēšanās ar
miltrasu raksturojošo AUDPC[^] vērtību salīdzinājums 2016. gadā
konvencionālajā audzēšanas sistēmā Priekuļos /
Comparison of powdery mildew AUDPC[^] values of genotype mixtures and
check varieties in conventional growing systems in Priekuli in 2016**

Maisījums / Mixture	+/- Kontroles šķirnes / Check varieties***		
	Abava	Rasa	Rubiola
M1 (3)*	—**	+	=
M2 (3)	—**	—	—
M3 (3)	—**	+	=
M4 (5)	—**	—	—
M5 (2)	—**	—	—
M6 (3)	—**	—	—
M7 (2)	—**	—	—
M8 (3)	—**	—	—

[^] laukums zem slimības attīstības līknes / area under the disease progress curve; *maisījuma komponentu skaits / number of components in mixture; **starpība būtiska ($p < 0.05$) / differences were significant ($p < 0.05$); ***inficēšanās bija vienāda (=), augstāka (+) vai zemāka (-) nekā kontroles šķirnei / infection was equal (=), lower (-) or higher (+) than the checks

Genotipu maisījumu konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums

Maisījumu konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums salīdzinājumā ar komponentu vidējo. Genotipu maisījumu konkurētspējas ar nezālēm S_{var} rādītājs salīdzinājumā ar komponentu vidējo tikai maisījumiem M1 vienā un M3 divos gadījumos konstatēts būtiski ($p < 0.05$) augstāks, līdz ar to nav gūti pierādījumi tam, ka maisījumi konkurētu ar nezālēm efektīvāk nekā to komponenti tīrsējā (13. tab.). No pētītajiem astoņiem maisījumiem salīdzinoši labākais S_{var} rādītājs iegūts M8 – trīs pētījuma gados visos vērtējumos tam novērota tendence konkurēt ar nezālēm labāk (9 no 12 gadījumiem). No maisījumiem, kas veidoti ar mērķi paaugstināt konkurētspēju ar nezālēm (M3, M4 un M5), salīdzinoši labākais rezultāts novērots maisījumam M3, kurā apvienoti trīs genotipi ar atšķirīgu cera formu. Procentuālā labības augsnes seguma izvērtējums liecina, ka maisījumiem tas ir līdzvērtīgs tajos iekļauto komponentu vidējam rādītājam tīrsējā. Tikai M7 un M8 novērota tendence augu attīstības sākumā augsni nosegt labāk (13. tab.).

Genotipu maisījumu efektivitāte. Maisījuma efektivitātes vidējais ME_{vid} rādītājs (vidēji pētījumā) konkurētspējas ar nezālēm nodrošināšanā maisījumiem būtiski neatšķirās ($p > 0.05$) un iegūts pozitīvs sešiem no astoņiem maisījumiem (4. att.). Salīdzinot ar komponentu, ar salīdzinoši labāko konkurētspēju (starp komponentu konkurētspējas rādītājiem būtisku atšķirību nebija), tikai M5 vidējā ME_{max} bija pozitīva.

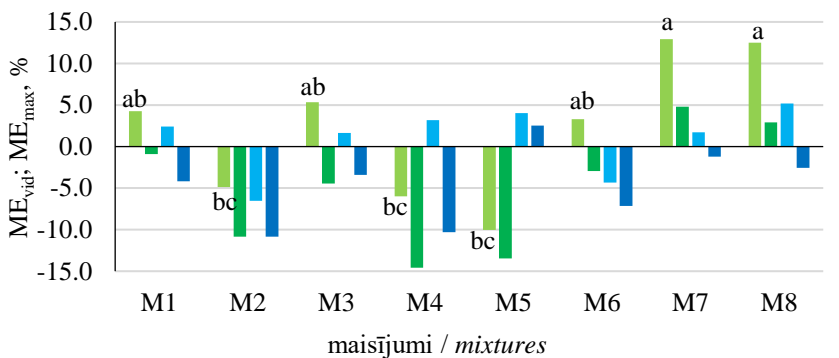
Maisījumu konkurētspējas ar nezālēm S_{var} rādītāja un labības augsnes seguma (LAS) novirze no to veidojošo komponentu vidējā rādītāja bioloģiskajā audzēšanas sistēmā Priekullos /

Deviation of competitiveness with weeds (S_{var}) and crop ground cover (CGC) of genotype mixtures from the average of their components in organic growing systems in Priekuli

Maisījums / Mixture	+/- Komponentu vidējais / Average of components**	
	S_{var} (n=12) [#]	LAS / CGC (n=8) ^{##}
M1 (3)*	-4;+7(1)&;=1	-2;+6
M2 (3)	-6;+6	-7;+1
M3 (3)	-4;+7(2);=1	-2;+6
M4 (5)	-7;+5	-6;+1;=1
M5 (2)	-4;+8	-7;+1
M6 (3)	-10;+2	-3;+5
M7 (2)	-5;+7	+8
M8 (3)	-3;+9	+8

*maisījuma komponentu skaits / number of components in mixture; **gadījumu skaits, kad rādītājs bija vienāds (=), augstāks (+) vai zemāks (-) nekā komponentu vidējais / number of cases when indicator was equal (=), lower (-) or higher (+) than the average of components; &iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas ($p<0.05$) / in brackets in bold – number of cases when differences were significant ($p<0.05$); [#]4 gadi \times 3 vērtējumi = 12 gadījumi / 4 years \times 3 observations = 12 cases; ^{##}4 gadi \times 2 vērtējumi = 8 gadījumi / 4 years \times 2 observations = 8 cases

Maisījuma efektivitātes rādītājs ME_{vid} procentuālā labības augsnes seguma nodrošināšanā būtiski ($p<0.05$) augstāks konstatēts maisījumiem M7 un M8, būtiski zemāks – M5. Salīdzinot ar komponentu ar salīdzinoši labāko labības augsnes segumu (starp komponentiem būtisku atšķirību nebija), ME_{max} pozitīva iegūta tikai maisījumiem M7 un M8 bez būtiskām atšķirībām.



■ LAS / CGC ME_{vid} ■ LAS / CGC ME_{max} ■ Swar ME_{vid} ■ Swar ME_{max}

4. att. **Genotipu maisījumu vidējā efektivitāte labības augsnes seguma (LAS) un konkurētspējas ar nezālēm (S_{var}) nodrošināšanā, salīdzinājumā ar komponentu vidējo (ME_{vid}) un ar komponentu, ar salīdzinoši lielāko attiecīgo rādītāju (ME_{max}) /**

Fig.4. Mixture efficiency regarding the crop ground cover (CGC) and competitiveness with weeds ability (S_{var}) in comparison with the average of components (ME_{vid}) and combatively best component (ME_{max});

a, b, c, – ar atšķirīgiem burtiem apzīmētie LAS ME_{vid} atšķiras būtiski ($p < 0.05$) / a, b, c – values marked with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Maisījumu konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums salīdzinājumā ar kontroles šķirņiem. Kontroles šķirņu konkurētspējas ar nezālēm rādītājs S_{var} būtiski neatšķiras. Visās augu attīstības fāzēs, kad tika veikti novērojumi, trijos no četriem pētījuma gadiem statistiski nebūtiski ($p > 0.05$) lielāks S_{var} rādītājs novērots šķirnei ‘Abava’, bet salīdzinoši mazākais – šķirnei ‘Rasa’. Salīdzinot maisījumu un kontroles šķirņu konkurētspēju ar nezālēm, būtiskas atšķirības konstatētas tikai atsevišķos gadījumos (14. tab.), līdz ar to iegūtie rezultāti liecina, ka maisījumi nekonkurē ar nezālēm labāk par audzēšanā esošajām kontroles šķirņiem.

Visiem pētītajiem maisījumiem novērota tendence augu attīstības sākumā veidot mazāku labības augsnes segumu nekā šķirnei ‘Abava’, atsevišķos gadījumos konstatējot būtisku ($p < 0.05$) atšķirību (14. tab.). Salīdzinot ar šķirņiem ‘Rasa’ un ‘Rubiola’, maisījumu labības augsnes segums novērots līdzvērtīgs. Līdz ar to nav gūti pierādījumi tam, ka augu attīstības sākumā maisījumi labāk nosegtu augsni nekā viendabīgās šķirnes.

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Netika gūti pierādījumi, ka maisījumu konkurētspēju ar nezālēm genotips un audzēšanas gads, kā arī to mijiedarbība ietekmētu mazākā mērā nekā viendabīgu materiālu (komponentus tīrsējā un kontroles šķirnes). Savukārt genotipa ietekme uz procentuālo labības augsnes segumu viendabīgajām šķirņiem konstatēta būtiska, bet maisījumiem

nebūtiska, kas liecina, ka viendabīgo šķirņu procentuālais augšnes segums augu attīstības sākumā variē vairāk (var būt būtiski atšķirīgs), bet maisījumiem tas ir līdzvērtīgs.

14. tabula / Table 14

Maisījumu konkurētspējas ar nezālēm S_{var} rādītāja un labības augšnes seguma (LAS) novirze no kontroles šķirņu rādītājiem /
Deviation of competitiveness with weeds (S_{var}) and crop ground cover (CGC) of genotype mixtures from check varieties

Maisījums / Mixture	+/- Komponentu vidējais / Average of components**					
	S_{var} (n=12) [#]			LAS / CGC (n=8) ^{##}		
	Abava	Rasa	Rubiola	Abava	Rasa	Rubiola
M1 (3)*	-6;+6 (1)	-5;+7(3)	-3;+9(2)	-8(1)	-4;+4	-5;+2;=1
M2 (3)	-7;+5	-5;+7(2)	-5;+7(1)	-8(2)	-4;+4	-5;=3
M3 (3)	-8;+4	-5;+7	-3;+9(1)	-8(2)	-2;+3;=2	-4;+2;=2
M4 (5)	-9;+3	-3;+9	-3;+9	-8(2)	-5;+5;=1	-5;+2;=1
M5 (2)	-6;+6	-1;+11(1)	-2;+10	-8(2)	-3;+3;=2	-5(2);+1;=1
M6 (3)	-10;+2	-8;+4	-6;+6	-8(2)	-2;+4;=2	-5;+1;=2
M7 (2)	-9;+3	-5;+7	-4;+8	-8(2)	-2;+6	-6;+2
M8 (3)	-8;+4	-7;+5(2)	-5;+7(3)	-8(1)	-1;+6(1);=1	-3;+4;=1

*maisījuma komponentu skaits / number of components in mixture; **gadījumu skaits, kad rādītājs bija vienāds (=), augstāks (+) vai zemāks (-) nekā kontroles šķirnei / number of cases when indicator was equal (=), lower (-) or higher (+) than average of check varieties; [‡]iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētas starpības bija būtiskas ($p<0.05$) / in brackets in bold – number of cases when differences are significant ($p<0.05$); [#]4 gadi \times 3 vērtējumi = 12 gadījumi / 4 years \times 3 observations = 12 cases; ^{##}4 gadi \times 2 vērtējumi = 8 gadījumi / 4 years \times 2 observations = 8 cases

Populāciju ražas, ražas stabilitātes, lapu slimību un konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums

Populāciju raža un ražas stabilitāte

Visu pētīto populāciju vidējā raža B audzēšanas sistēmā bija 3.03 t ha⁻¹, ar zemāko rādītāju 1.95 t ha⁻¹ 2018. gadā un augstāko 4.77 t ha⁻¹ 2016. gadā Stendē. Vidējā raža K audzēšanas sistēmā bija 5.43 t ha⁻¹, ar zemāko vidējo rādītāju 3.13 t ha⁻¹ 2018. gadā Priekuļos, bet augstāko – 2016. gadā Stendē 8.26 t ha⁻¹.

Vienkāršo populāciju raža B sistēmā vairumā gadījumu bija zemāka ($p>0.05$) par kontroles šķirņu ražu, būtiski ($p<0.05$) zemāka tā konstatēta atsevišķos gadījumos salīdzinājumā ar šķirni 'Rubiola' (15. tab.). K sistēmā vienkāršo populāciju raža salīdzinājumā ar šķirnēm variēja no būtiski zemākas, līdz atsevišķos gadījumos būtiski augstākai.

Arī **salikto populāciju** raža gan B, gan K sistēmā variēja no būtiski ($p<0.05$) zemākas līdz atsevišķos gadījumos būtiski augstākai. Tikai vienai no piecām

saliktajām populācijām iegūta līdzvērtīga līdz būtiski augstāka raža salīdzinājumā ar kontroles šķirnēm ‘Abava’ un ‘Rasa’.

Kopumā saliktajām un vienkāršajām populācijām būtiskās atšķirības konstatētas tikai kādai no populācijām kādā no pētījuma gadiem, un tās nesakrita pa kontroles šķirnēm, līdz ar to nav pierādījumu, ka tās nodrošinātu labāku ražu nekā audzēšanā esošās viendabīgajās šķirnes.

15. tabula /Table 15

Populāciju ražas novirze no kontroles šķirņu ražas /
Deviations of populations yield from the yield of check varieties

Populācijas veids / <i>Type of populations</i>	Audzēšanas sistēma / <i>Growing systems</i>	+/-Kontroles šķirnes / <i>Check varieties*</i>		
		+/- Abava	+/- Rasa	+/- Rubiola
Vienkāršās / <i>Simple</i> n=4	B / O** n=7	-24;+4	-18; +10	-17(4);+1
	K / C** n=7	-17(1) ^{&} ;+11(4)	-16(8);+12(3)	-27(23);+1
Saliktās / <i>Complex</i> n=5	B / O n=7	-26(5) ^{&} ;+9	-12;+23(2)	-23(4);+12
	K / C n=7	-14(3);+21(11)	-13(4);+22(7)	-31(16);+4(2)
CCP1(Mirga)	Priekuļi B / O n=4	+4	+3(1)	+3(1)
CCP3		-3;+1	-2;+1(1)	-3;+1(1)
CCP1(Mirga)	Stende B / O n=3	-1;+2	-1;+2	-2;+1
CCP3		-2;+1	-2;+1	-2;+1
CCP1(Mirga)	Priekuļi K / C n=4	+3(1)	+3(1)	-1(1);+1(1)
CCP3		-1(1);+1(1)	-2;+1(1)	-2(1);+1
CCP1(Mirga)	Stende K / C n=3	+3(2)	-1;+2	-3(1)
CCP3		+3	-1;+2	-3(1)

*gadījumu skaits, kad raža bija augstāka (+) vai zemāka (-) nekā kontroles šķirnei / *number of cases when yield was lower (-) or higher (+) than the checks*; [&]iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas ($p < 0.05$) / *in brackets in bold – number of cases when the differences were significant ($p < 0.05$)*; **B- bioloģiskā sistēma / O – organic systems, K-konvencionālā sistēma / C – conventional systems

Abām kombinēto krustojumu populācijām CCP1 un CCP3 novērotas atšķirīgas tendences. CCP1 Priekuļos B audzēšanas sistēmā novērota tendence ražot labāk nekā kontroles šķirnēm, savukārt K sistēmā tai raža bija līdzvērtīga šķirņu ‘Rasa’ un ‘Abava’ ražai, bet grūtāk bija konkurēt ar ražīgāko kontroles šķirni ‘Rubiola’. Stendē B audzēšanas sistēmā šāda tendence šai populācijai novērota netika. Iespējams, ka to var skaidrot tādējādi, ka, audzējot gadu no gada populāciju kādos noteiktos apstākļos, notiek tās adaptācija, jo augi, kas konkrētajā vidē jūtas vislabāk, dod lielāku ražu, pakāpeniski dominējot populācijā, bet sēkla izmēģinājumiem Stendē tika gatavota no Priekuļos iegūtās ražas. Savukārt CCP3 raža salīdzinājumā ar kontroles šķirnēm vairumā gadījumu bija līdzvērtīga kontroles šķirņu ‘Rasa’ un ‘Abava’ ražai, bet arī šai populācijai

bija grūtāk konkurēt ar ražīgāko kontroles šķirni 'Rubiola'. Jāatzīmē, ka būtiskās CCP un kontroles šķirņu ražu atšķirības Priekuļos (15. tab.) iegūtas 2018. gadā sausuma stresa apstākļos, kas liecina, ka miežu attīstībai labvēlīgos apstākļos CCP ir grūtāk konkurēt ar viendabīgu, augstražīgu šķirni, bet stresa apstākļos izpaužas to priekšrocības adaptēties apstākļiem labāk.

Populāciju ražas stabilitāte. Populācijai CCP1 raža iegūta virs visu genotipu vidējās (4.34 t ha^{-1}) un konstatēta laba ražas stabilitāte dažādās vidēs, īpaši B audzēšanas sistēmā, kur neviena no citām pētītajām populācijām vai kontroles šķirnēm neierindoja ražības ranga augšdaļā piecās no septiņām B vidēm (16. tab.). No pētītajām populācijām raža virs vidējā rādītāja iegūta arī divām saliktajām populācijām (1018-12 un 1348-11) ar atšķirīgu adaptivitāti audzēšanas apstākļiem.

Pārējām pētītajām populācijām un kontroles šķirnēm 'Rasa' un 'Abava' vidējā raža 14 vidēs iegūta būtiski ($p < 0.05$) zemāka nekā populācijai CCP1. Visas vienkāršās un vienu salikto populāciju (1357-11) var raksturot kā vāji piemērotas jebkurai audzēšanas videi, jo tām iegūta būtiski zemāka raža, nekā vidēji pētījumā. Pētījuma rezultāti liecina, ka ir iespējams izveidot ģenētiski daudzveidīgu populāciju, kas var nodrošināt konkurētspējīgu un stabilu ražu B audzēšanas sistēmā. Populācija CCP1, ar nosaukumu 'Mīrga' ir iekļauta eksperimentā, kas šobrīd notiek Eiropas Savienībā, kura mērķis ir ieviest izmaiņas normatīvajos aktos, lai varētu audzēt un tirgot pašapputes sugu populāciju sēklu. EK pagaidu eksperimenta ietvaros Latvijā, 'Mīrgas' sēklas materiālu ir iegādājušās, un sekmīgi audzē divas saimniecības, kas strādā ar bioloģiskajām audzēšanas metodēm. Sakarā ar klimata izmaiņām arī integrētajās audzēšanas sistēmās apstākļi kļūst mainīgāki, tāpēc šādas populācijas, kuras var piemēroties audzēšanas apstākļiem, var izrādīties noderīgas arī tajās.

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Faktoru un to mijiedarbības analīze neliecina, ka audzēšanas vieta, gads un šo faktoru mijiedarbība ražību kādai no populāciju grupām jeb veidiem (vienkāršās, saliktās vai kombinēto krustojumu) ietekmētu mazākā mērā nekā viendabīgas šķirnes.

Populāciju grupu (daudzveidības līmeņu) ražības salīdzinājums. Populāciju grupu savstarpējais salīdzinājums liecina, ka lielāka daudzveidība var nodrošināt lielāku vidējo ražas pieaugumu, bet būtiski ir novērtēt, kāds daudzveidības līmenis populācijās ir nepieciešams, jo SPg (saliktās populācijas) vidējā raža neatšķirās būtiski ($p > 0.05$) ne no grupas ar mazāko daudzveidību – VPg (vienkāršās populācijas), ne no grupas ar lielāko daudzveidību – CCPg (kombinēto krustojumu populācijas). Tomēr populāciju grupu salīdzinājums ar Kg (kontroles šķirnes) iepriekš minēto neapstiprina, jo starp grupām ar mazāko (Kg) un lielāko (CCPg) daudzveidību nevienā no audzēšanas vietām vidējā raža būtiski ($p > 0.05$) neatšķirās. Būtiskās atšķirības starp VPg un CCPg, iespējams, var skaidrot ar vienkāršo populāciju veidošanā neveiksmīgi izvēlētiem vecākaugiem, savukārt nebūtiskās atšķirības starp SPg un CCPg liecina, ka populācijas var veidot, izmantojot salīdzinoši nelielu vecākaugu skaitu (3–5).

Populāciju un kontroles šķirņu vidējā raža un ražas stabilitātes rādītāji septiņās bioloģiskās (B) un septiņās konvencionālās (K) audzēšanas vidēs / Average yield and the yield stability indicators of populations and check varieties over seven organic (O) and seven conventional (C) environments

Genotips / Genotype	Vidējā ražā / Average yield, t ha ⁻¹	(b) ^{&#x26}	(s ² dj) [#]	Vieta rangā / Number of rankings					
				B / O (n=7)			K / C (n=7)		
				I ^{&}	II	III	I	II	III
CCP1/Mirga	4.52	0.91	0.10	5	1	1	2	5	–
Rubiola	4.51	1.20**	0.13	3	2	2	4	1	2
1018-12	4.37	0.89**	0.09	2	5	–	2	4	1
1348-11	4.34	1.17**	0.10	–	4	3	3	3	1
1052-12	4.20	1.05	0.11	–	3	4	1	4	2
CCP3	4.17	0.99	0.05	–	2	5	–	5	2
Abava	4.17	0.83**	0.10	2	3	2	1	2	4
1349-11	4.16	0.96	0.05	1	2	4	–	2	5
Rasa	4.11	0.99	0.12	–	2	5	1	3	3
1014-11	4.08*	0.97	0.07	–	2	5	1	2	4
1015-11	4.07*	1.00	0.08	–	3	4	1	–	6
BZ14	3.98*	0.88**	0.02	–	2	5	–	–	7
BZ12	3.82*	0.86**	0.04	–	1	6	–	–	7
1357-11	3.81*	0.97	0.13	–	–	7	–	1	6

*būtiski atšķiras no visu genotipu vidējā ražas rādītāja (4.34 t ha⁻¹) 14 vidēs (p<0.05) (RS_{0.05}=0.25) / significantly different from the average yield (4.34 t ha⁻¹) over 14 sites (p<0.05) (LSD_{0.05}=0.25); **būtiski atšķiras no 1 (p<0.05) / significantly different from 1 (p<0.05); & genotipu ražības augšējā trešdaļa (I), vidējā trešdaļa (II), apakšējā trešdaļa (III) / ranked in the upper (I), middle (II) and lower third (III), respectively; &®resijas koeficients / coefficient of regression; #novirze no regresijas / deviation from the regression

Lapu slimību attīstība populācijās

Augstākā vidējā inficēšanās ar **miežu lapu tīklplankumainību** dabīgā infekcijas fonā populācijām novērota 2016. gadā, kad AUDPC vērtība K sistēmā vidēji bija 136, B sistēmā – 52, bet zemākā – 2017. gadā, kad attiecīgi K un B sistēmā bija 59 un 32. Kontroles šķirne ‘Abava’ inficējās būtiski (p<0.05) vairāk nekā šķirnes ‘Rasa’ un ‘Rubiola’.

Populācijām, neatkarīgi no to veida, konstatēta būtiski (p<0.05) zemāka inficēšanās ar miežu lapu tīklplankumainību nekā ieņēmīgākajai kontroles šķirnei ‘Abava’ (17. tab.). Arī salīdzinājumā ar šķirni ‘Rasa’ populācijas vairumā gadījumu bija inficējušās būtiski mazāk. Salīdzinājumā ar šķirni ‘Rubiola’ būtiski zemāka inficēšanās vairumā gadījumu novērota populācijai CCP1, arī pārējās populācijas vairumā gadījumu bija inficējušās mazāk (17. tab.).

Iespējams, ka populāciju inficēšanos ar miežu lapu tīklplankumainību objektīvāk būtu vērtēt salīdzinājumā ar vecākaugiem, bet tas šajā pētījumā nebija paredzēts.

17. tabula / Table 17

Populāciju un kontroles šķirņu inficēšanās ar tīklplankumainību
AUDPC[^] vērtību novirze /
Deviation of the net blotch AUDPC[^] values of populations
and check varieties

Populācijas veids / Type of populations	Kontroles šķirnes / Check varieties		
	+/- Abava*	+/- Rasa	+/- Rubiola
Vienkāršās / Simple n=4	-24 [#] (23) ^{&}	-22 (16) ;+1;=1	-18 (9) ;+5;=1
Saliktās / Complex n=5	-30 ^{##} (30)	-29 (16) ;+1	-25 (9) ;+4;=1
CCP1/Mirga	-6 (6)	-6 (5)	-4 (4) ;=2
CCP3	-6 (6)	-6 (5)	-5 (2) ;+1

[^]laukums zem slimības attīstības līknes / area under the disease progress curve; *gadījumu skaits, kad inficēšanās bija vienāda (=), augstāka (+) vai zemāka (-) nekā kontroles šķirnei / number of cases when infection was equal (=), lower (-) or higher (+) than that of checks; [&]iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas (p<0.05) / in brackets in bold – number of cases when the differences were significant (p<0.05); [#]3 bioloģiskās un 3 konvencionālas vides × 4 vienkāršās populācijas = 24 gadījumi / 3 organic and 3 conventional environments × 4 simple populations = 24 cases; ^{##}3 bioloģiskās un 3 konvencionālas vides × 5 saliktās populācijas = 30 gadījumi / 3 organic and 3 conventional environments × 5 complex populations = 30 cases

Inficēšanās ar **graudzaļu miltrasu** populācijām salīdzinājumā ar ieņēmīgāko šķirni ‘Abava’ vairumā gadījumu novērota zemāka, un samazinājums vienkāršajām populācijām atsevišķos gadījumos, bet saliktajām vairumā gadījumu bija būtisks (p<0.05) (18. tab.). Tikai vienai no četrām vienkāršajām populācijām inficēšanās bija būtiski (p<0.05) augstāka. Salīdzinot ar šķirnēm ‘Rasa’ un ‘Rubiola’, vienkāršajām populācijām novērota tendence inficēties vairāk, bet saliktajām (izņemot vienu) inficēšanās bija līdzvērtīga. Arī abām CCP inficēšanās ar miltrasu bija kontroles šķirņu līmenī. Iespējams, ka rezultātu ietekmēja to veidošanā izmantoto vecākaugu ieņēmība/izturība pret miltrasu un objektīvāks vērtējums būtu populāciju inficēšanos salīdzināt ar to veidošanā izmantotajiem vecākaugiem.

Populāciju un kontroles šķirņu inficēšanās ar graudzāļu miltrasu
AUDPC[^] vērtību novirze /
Deviation of powdery mildew AUDPC[^] values of populations
and check varieties

Populācijas veids / Type of populations	+/- Kontroles šķirnes / Check varieties*		
	Abava	Rasa	Rubiola
Vienkāršās / Simple n=4	-6(3);+2 [#] (1) ^{&}	-1;+7(2)	-1;+7(2)
Saliktās / Complex n=5	-9(7);+1 ^{##}	-5;+5(1)	-5;+5(1)
CCP1	-2	+2	+2
CCP3	-2	+2	+2

[&]laukums zem slimības attīstības līknes / area under the disease progress curve; *gadījumu skaits, kad inficēšanās bija augstāka (+) vai zemāka (-) nekā kontroles šķirnei / number of cases when infection was lower (-) or higher (+) than that of checks; [&]iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas ($p < 0.05$) / in brackets in bold – number of cases when the differences were significant ($p < 0.05$); [#]2 konvencionālās vides \times 4 vienkāršās populācijas = 8 gadījumi / 2 conventional environments \times 4 simple populations = 8 cases; ^{##}2 konvencionālās vides \times 5 saliktās populācijas = 10 gadījumi / 2 conventional environments \times 5 complex populations = 10 cases

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Netika gūti pierādījumi, ka kādu no populāciju veidiem genotips (daudzveidības līmenis), audzēšanas gads un šo faktoru mijiedarbība ietekmētu mazākā mērā nekā viendabīgās kontroles šķirnes. **Salīdzinot vidējo inficēšanos ar tīklplankumainību starp populāciju grupām** konstatēts, ka inficēšanās ar tīklplankumainību nav atkarīga no populācijas grupas (daudzveidības līmeņa).

Tā kā inficēšanās ar graudzāļu miltrasu nelielā apjomā novērota tikai divos pētījuma gados, nebija iespējams izvērtēt faktoru un to mijiedarbības ietekmi uz miltrasas attīstību populācijās, kā arī salīdzināt inficēšanās atšķirības starp populāciju grupām.

Populāciju konkurētspējas ar nezālēm izvērtējums

Populācijām, neatkarīgi no veida, konkurētspējas ar nezālēm rādītājs Svar bija līdzvērtīgs kontroles šķirņu rādītājiem, būtiskas atšķirības konstatētas tikai atsevišķos gadījumos (19. tab.), līdz ar to, nav gūti pierādījumi, ka populācijas konkurētu ar nezālēm labāk nekā viendabīgas šķirnes.

Populācijām neatkarīgi no to veida novērota tendence augu attīstības sākumā veidot mazāku labības augsnes segumu nekā šķirnei 'Abava' (19. tab.) un līdzvērtīgu šķirnēm 'Rasa' un 'Rubiola'. Būtiskas atšķirības ($p < 0.05$) konstatētas tikai atsevišķos gadījumos, kas konkrētām populācijām nesakrita pa pētījuma gadiem un vērtējumiem, līdz ar to nav gūti pierādījumi, ka augu attīstības sākumā daudzveidīgas populācijas nosegtu augsni labāk nekā viendabīgas šķirnes.

Populāciju konkurētspējas ar nezālēm S_{var} rādītāja un labības augsnes seguma (LAS) un novirze no kontroles šķirņu rādītājiem /
Deviation of population crop ground cover (CGC) and competitiveness with weeds (S_{var}) from the indicators of the check varieties

Populācijas veids / Type of population	+/- Rādītājs / Indicator*					
	S_{var} (n=12)			LAS / CGC (n=8)		
	Abava	Rasa	Rubiola	Abava	Rasa	Rubiola
Vienkāršās / Simple n=4	-32(1) ^{&} +16 [#]	-16; +31(3) =1	-12; +36	-32 [^] (5)	-8; +19(2) =5	-15; +16;=1
Saliktās / Complex n=5	-44 +16 ^{##}	-21; +38;=1	-15; +45	-38(9); +2 ^{^^}	-12; +23;=5	-27(1); +13;
CCP1/Mirga	-9;+3	-7;+5	-7;+5	-8(2)	-5(1);+3	-4;+4
CCP3	-8;+4	-8;+4	-6;+6	-8(2)	-4;+4(1)	-4;+4

*gadījumu skaits, kad rādītājs bija vienāds (=), augstāks (+) vai zemāks (-) nekā kontroles šķirnei / number of cases when indicator was equal (=), lower (-) or higher (+) than that of the checks;
[&]iekavās treknrakstā – gadījumu skaits, kad konstatētās starpības bija būtiskas ($p<0.05$) / in brackets in bold – number of cases when differences were significant ($p<0.05$); [#]12 S_{var} vērtējumi \times 4 vienkāršās populācijas = 48 gadījumi / 12 S_{var} observations \times 4 simple populations = 48 cases; ^{##}12 S_{var} vērtējumi \times 5 saliktās populācijas = 60 gadījumi / 12 S_{var} observations \times 5 complex populations = 60 cases; [^]8 LAS vērtējumi \times 4 vienkāršās populācijas = 32 gadījumi / 8 CGC observations \times 4 simple populations = 32 cases; ^{^^}8 LAS vērtējumi \times 5 saliktās populācijas = 40 gadījumi / 8 CGC observations \times 5 complex populations = 40 cases

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Nevienai populāciju grupai netika konstatēta būtiska genotipa ietekme uz labības augsnes segumu, bet Kg (kontroles šķirnes) labības augsnes segums bija būtiski ($p<0.05$) atkarīgs no genotipa, liecinot, ka viendabīgu šķirņu procentuālais labības augsnes segums variē vairāk nekā populācijām. Gada un gada \times genotipa mijiedarbības ietekmes analīze neliecina, ka procentuālais labības augsnes segums būtu atkarīgs no populāciju grupas (daudzveidības līmeņa).

Populāciju grupu salīdzinājums. Procentuālā labības augsnes seguma (LAS) un konkurētspējas ar nezālēm (S_{var}) rādītāju salīdzinājums starp populāciju un kontroles šķirņu grupām secināts, ka šīs pazīmes nav atkarīgas no populāciju grupas (daudzveidības līmeņa).

Dažādu veidu populāciju graudu kvalitātes rādītāju un to stabilitātes izvērtējums

Kopproteīna satura graudos un tā stabilitātes izvērtējums

Augstākais vidējais kopproteīna saturs graudos B audzēšanas sistēmā bija 131 g kg⁻¹, kas iegūts 2016. gadā abās audzēšanas vietās (Priekuļos un Stendē), bet zemākais – 111 g kg⁻¹ 2015. gadā Priekuļos. K audzēšanas sistēmā vidējais augstākais kopproteīna saturs graudos iegūts 2018. gadā – 132 g kg⁻¹, zemākais – 102 g kg⁻¹ 2017. gadā Priekuļos.

Vienkāršās populācijas un kombinēto krustojumu populācija CCP3 gan B, gan K sistēmā nodrošināja augstāku kopproteīna saturu graudos nekā viendabīgās kontroles šķirnes, bet saliktās populācijas un kombinēto krustojumu populācija CCP1 – līdzvērtīgu kopproteīna saturu kontroles šķirnēm.

Stabilitāte. Kopproteīna satura stabilitāti pētītajām populācijām var raksturot kā labu dažādos audzēšanas apstākļos, tikai saliktajai populācijai 1052-12 tā konstatēta labāka B audzēšanas sistēmā (20. tab.).

20. tabula /Table 20

Populāciju un kontroles šķirņu vidējais kopproteīna saturs graudos un tā stabilitātes rādītāji 14 vidēs /

*Average crude protein content in grains of populations and check varieties and
its stability indicators over 14 environments*

Genotips / <i>Genotype</i>	Populācijas veids / <i>Type of populations</i>	Vidēji / <i>Average g kg⁻¹</i>	(b) ^{&}	(s ² dj) ^{&&}
1014-11	vienkāršā / <i>simple</i>	130*	0.99	0.13
1015-11	vienkāršā / <i>simple</i>	126*	0.99	0.13
1052-12	saliktā / <i>complex</i>	125	0.78**	0.11
BZ12	vienkāršā / <i>simple</i>	125	1.11	0.08
CCP3	kombinētā / <i>composite</i>	125	1.13	0.08
BZ14	vienkāršā / <i>simple</i>	125	1.02	0.08
1018-12	saliktā / <i>complex</i>	124	1.05	0.12
1349-11	saliktā / <i>complex</i>	123	1.03	0.11
1357-11	saliktā / <i>complex</i>	123	1.04	0.14
1348-11	saliktā / <i>complex</i>	119*	1.04	0.06
Rubiola	×	118*	1.01	0.17
CCP1/Mirga	kombinētā / <i>composite</i>	118*	1.04	0.09
Abava	×	117*	0.90	0.18
Rasa	×	115*	1.01	0.17

*būtiski atšķiras no visu genotipu vidējā kopproteīna satura graudos 14 vidēs (122 g kg⁻¹) (p<0.05); / significantly different from the average crude protein content over 14 environments (122 g kg⁻¹) (p<0.05); **būtiski atšķiras no 1 / significantly different from 1 (p<0.05); [&]regresijas koeficients / coefficient of regression; ^{&&}novirze no regresijas / deviation from the regression

Arī variācijas koeficienta vērtības liecina, ka populācijām kopproteīna stabilitāte ir augsta – K audzēšanas sistēmā variācijas koeficients bija robežās no 5 līdz 9%, B sistēmā no 7 līdz 11%.

Faktoru un to mijiedarbības ietekmes analīze neliecina, ka kopproteīna uzkrāšanu populāciju graudos (neatkarīgi no veida un B vai K sistēmas) genotips, audzēšanas gads, vide un to mijiedarbība ietekmētu mazāk nekā viendabīgas šķirnes. Izņēmums – CCPg kopproteīna satura uzkrāšanā ir mazāk jutīgas uz vides mainību, nekā vienkāršās un saliktās populācijas un kontroles šķirnes.

Cietes satura graudos un tā stabilitātes izvērtējums

Augstākais vidējais cietes saturs graudos B audzēšanas sistēmā iegūts 2018. gadā Priekuļos – 616 g kg⁻¹, zemākais – 532 g kg⁻¹ 2016. gadā Stendē. K sistēmā augstākais vidējais cietes saturs graudos iegūts 2017. gadā Priekuļos – 647 g kg⁻¹, zemākais – 561 g kg⁻¹ 2015. gadā Priekuļos.

No pēfītajām populācijām līdzvērtīgs kontroles šķirnēm cietes saturs graudos bija tikai CCP1, pārējām populācijām tas iegūts zemāks. Tā kā cietes saturs graudos ir proporcionāli apgriezts kopproteīna saturam, iegūtais rezultāts ir likumsakarīgs.

Stabilitāte. Cietes satura rādītāja stabilitāti populācijām var raksturot kā labu dažādās audzēšanas vidēs, tikai populācijai 1015-11 tā konstatēta labāka B audzēšanas sistēmā (21. tab.). Lai gan CCP3, BZ12, 1357-11, 1349-11 un 1052-12 konstatēta laba stabilitāte dažādās vidēs, tās raksturojas ar zemu cietes saturu graudos. Arī variācijas koeficienta vērtības liecina, ka populācijām cietes satura rādītāju stabilitāte ir augsta – K sistēmā tas iegūts robežās no 5 līdz 7%, B sistēmā visām populācijām tas bija 6%.

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Izvērtējot faktoru (genotips, audzēšanas gads un vide) un to mijiedarbības ietekmi, netika novērots, ka faktoru ietekme uz cietes uzkrāšanu graudos būtu atkarīga no populāciju grupas (daudzveidības līmeņa) vai audzēšanas (B vai K) sistēmas. Izņēmums – CCPg cietes uzkrāšanas ziņā ir mazāk jutīgas pret gada un vides variācijām nekā citas populāciju grupas.

**Populāciju un kontroles šķirņu vidējais cietes saturs
un tā stabilitātes rādītāji 14 vidēs /**

Average starch content in grains of populations and check varieties and its stability indicators over 14 environments

Genotips / <i>Genotype</i>	Populācijas veids / <i>Type of populations</i>	Vidēji / <i>Average g kg⁻¹</i>	(b) ^{&}	(s ² dj) ^{&&}
Rasa	×	602*	1.09	0.36
Abava	×	601*	1.01	0.16
CCP1/Mirga	kombinētā / <i>composite</i>	600*	1.02	0.14
1348-11	saliktā / <i>complex</i>	597	0.99	0.09
Rubiola	×	597	1.06	0.16
BZ14	vienkāršā / <i>simple</i>	596	1.03	0.05
1018-12	saliktā / <i>complex</i>	596	0.97	0.11
1014-11	vienkāršā / <i>simple</i>	595	1.00	0.09
1015-11	vienkāršā / <i>simple</i>	594	0.93**	0.05
CCP3	kombinētā / <i>composite</i>	593*	0.97	0.09
1349-11	saliktā / <i>complex</i>	593*	0.98	0.07
1357-11	saliktā / <i>complex</i>	593*	1.03	0.08
1052-12	saliktā / <i>complex</i>	593*	0.99	0.06
BZ12	vienkāršā / <i>simple</i>	591*	1.00	0.11

*būtiski atšķiras no visu genotipu vidējā cietes satura graudos 14 vidēs (596 g kg⁻¹) (p<0.05); / significantly different from the average starch content over 14 environments (596 g kg⁻¹) (p<0.05); **būtiski atšķiras no 1 / significantly different from 1 (p<0.05); ®resijas koeficients / coefficient of regression; &&novirze no regresijas / deviation from the regression

Tūkstoš graudu masa (TGM) un tās stabilitātes izvērtējums

Augstākā vidējā TGM B audzēšanas sistēmā (54.1 g) iegūta 2017. gadā Stendē, zemākā (42.0 g) 2016. gadā Priekuļos, savukārt augstākā K sistēmā (53.3 g) 2017. gadā Stendē, zemākā (46.6 g) 2018. gadā Priekuļos.

Populācijām iegūta būtiski (p<0.05) augstāka TGM salīdzinājumā ar kontroles šķirni ar zemāko rādītāju – ‘Rasa’ un līdzvērtīga kontroles šķirnēm ‘Abava’ un ‘Rubiola’.

Stabilitāte. TGM populācijām var raksturot kā stabili dažādās audzēšanas vidēs, tikai saliktajai populācijai 1018-12 tā stabilāka konstatēta konvencionālajos audzēšanas apstākļos, bet BZ12 labāka stabilitāte konstatēta bioloģiskajos audzēšanas apstākļos (22. tab.). Arī variācijas koeficienta vērtības liecina, ka populācijām TGM stabilitāte ir augsta – K sistēmā tas iegūts robežās no 7 līdz 10%, B sistēmā no 5 līdz 11% (3.43. tab.).

Faktoru un to mijiedarbības ietekmes izvērtējums liecina, ka faktoru ietekme uz TGM nav atkarīga no populāciju grupas (daudzveidības līmeņa) vai audzēšanas (B vai K) sistēmas. CCPg – B audzēšanas sistēmā to TGM

formēšanās ir mazāk jutīga pret gada un vides variācijām nekā citām populāciju grupām.

22. tabula / Table 22

**Populāciju un kontroles šķirņu vidējā 1000 graudu masa (TGM)
un tās stabilitātes rādītāji 14 vidēs /**

Average 1000 grain weight (TGM) of populations and check varieties and its stability indicators over 14 environments

Genotips / <i>Genotype</i>	Populācijas veids / <i>Type of populations</i>	Vidēji / <i>Average, g</i>	(b)&	(s ² dj)&&
1018-12	saliktā / <i>complex</i>	51.5*	1.3**	1.30
1357-11	saliktā / <i>complex</i>	51.0*	1.1	3.60
CCP3	kombinētā / <i>composite</i>	50.7*	1.2	2.76
BZ12	vienkāršā / <i>simple</i>	50.2*	0.8**	1.25
Rubiola	×	49.4	0.9	1.41
CCP1/Mirga	kombinētā / <i>composite</i>	49.3	1.1	1.80
1348-11	saliktā / <i>complex</i>	49.0	0.9	1.08
Abava	×	48.7	0.8	1.85
1014-11	vienkāršā / <i>simple</i>	48.4	0.9	2.89
1052-12	saliktā / <i>complex</i>	48.4	1.2	1.26
1015-11		48.2	1.0	1.30
1349-11	saliktā / <i>complex</i>	47.8	1.0	1.73
BZ14	vienkāršā / <i>simple</i>	46.5*	0.9	0.77
Rasa	×	43.5*	0.9	1.39

*būtiski atšķiras no visu genotipu vidējās TGM 14 vidēs (48.8 g) ($p < 0.05$) / significantly different from the average TGM over 14 environments (48.8 g) ($p < 0.05$); **būtiski atšķiras no 1 / significantly different from 1 ($p < 0.05$); ®resijas koeficients / coefficient of regression; &&novirze no regresijas / deviation from the regression

Tilpummasa un tās stabilitātes izvērtējums

Augstākā vidējā tilpummasa B audzēšanas sistēmā iegūta 2018. gadā Priekuļos – 720 g L⁻¹, zemākā – 654 g L⁻¹ 2016. gadā Stendē. K sistēmā augstākā un zemākā vidējā tilpummasa iegūta Stendē: augstākais rādītājs 736 g L⁻¹ iegūts 2015. gadā, zemākais – 677 g L⁻¹ 2016. gadā.

Tikai salīdzinājumā ar šķirni ‘Rasa’ populācijām iegūta līdzvērtīga, vai būtiski ($p < 0.05$) augstāka graudu tilpummasa. Salīdzinājumā ar kontroles šķirnēm ‘Abava’ un ‘Rubiola’ populācijām vairumā gadījumu tilpummasa bija būtiski zemāka. Iespējams, ka to var skaidrot ar to, ka viendabīgajām kontroles šķirnēm graudi veidojas izlīdzinātāki un līdz ar to blīvējas labāk nekā populācijām, jo tām graudu izmēra mainība varētu būt lielāka.

Stabilitāte. Populāciju tilpummasas stabilitāti var raksturot kā labu dažādos audzēšanas apstākļos. Tikai saliktajai populācijai 1052-11 konstatēta salīdzinoši

labāka pazīmes stabilitāte B audzēšanas sistēmā, bet CCP1 – K audzēšanas sistēmā (23. tab.). Arī variācijas koeficienta vērtības liecina, ka populācijām tilpummasas stabilitāte ir augsta – K sistēmā tas iegūts robežās no 3 līdz 5%, B sistēmā no 2 līdz 3%.

Faktoru un to mijiedarbības ietekme. Faktoru analīze liecina, ka neatkarīgi no populācijas veida, to tilpummasu būtiski ($p < 0.05$) ietekmē genotips (izņemot CCPg B apstākļos), audzēšanas gads un vieta. Savukārt faktoru mijiedarbības ietekme būtiska konstatēta VPg un SPg B sistēmā un VPg un Kg – K audzēšanas sistēmā.

23. tabula / Table 23

Populāciju un kontroles šķirņu vidējā tilpummasa un tās stabilitātes rādītāji 14 vidēs /

Average volume weight of populations and check varieties and its stability indicators over 14 environments

Genotips / <i>Genotype</i>	Populācijas veids / <i>Type of populations</i>	Vidēji / <i>Average, g L⁻¹</i>	(b) ^{&}	(s ² dj) ^{&&}
1014-11	vienkāršā / <i>simple</i>	708*	0.86	0.19
Rubiola	×	707*	0.85	0.71
Abava	×	705*	1.11	0.58
BZ-14	vienkāršā / <i>simple</i>	703*	1.07	0.35
1052-12	saliktā / <i>complex</i>	701	0.79**	0.13
1348 - 11	saliktā / <i>complex</i>	700	0.96	0.35
1018-12	saliktā / <i>complex</i>	695	1.06	0.26
CCP1/Mirga	kombinētā / <i>composite</i>	695	1.11**	0.13
1015-11	vienkāršā / <i>simple</i>	694	0.90	0.37
1349-11	saliktā / <i>complex</i>	692	1.03	0.59
CCP3	kombinētā / <i>composite</i>	692	0.94	0.12
Rasa	×	686*	1.05	0.28
BZ12	vienkāršā / <i>simple</i>	685*	1.06	0.41
1357-11	saliktā / <i>complex</i>	683*	1.15	0.53

*būtiski atšķiras no visu genotipu vidējās tilpummasas 14 vidēs (696 g L^{-1}) ($p < 0.05$) / *significantly different from average volume weight over 14 environments* (696 g L^{-1}) ($p < 0.05$); **būtiski atšķiras no 1 / *significantly different from 1* ($p < 0.05$); [&]regresijas koeficients / *coefficient of regression*; ^{&&}novirze no regresijas / *deviation from regression*

Populāciju kvantitatīvo pazīmju daudzveidība un to attīstības atšķirības audzējot bioloģiskajā un konvencionālajā audzēšanas sistēmā

Vienkāršajām paralēlajām populācijām BZ12B/BZ12K, pārsējot tās B un K audzēšanas sistēmā, laika gaitā iezīmējas atšķirīgas tendences – garāki augi, lielāks galvenās vārpas garums un lielāks graudu skaits vārpā bija K sistēmā audzētajai populācijai BZ12K (izņemot auga un galvenās vārpas garumu 2018. gadā B sistēmā), bet attiecībā uz produktīvo cerošanu atšķirīgas tendences netika novērotas (24. tab.). Daudzveidības indeksa H' rādītāji liecina, ka lielāka daudzveidība galvenās vārpas garumam un graudu skaitam galvenajā vārpā ir bijusi K sistēmā audzētajā populācijā, bet auga garuma un cerošanas rādītāji variē. Būtiska genotipa ietekme, kas liecina par attīstības atšķirībām paralēlajās populācijās, gan B, gan K apstākļos konstatēta tikai graudu skaitam galvenajā vārpā.

24. tabula / Table 24

Vienkāršo paralēlo populāciju kvantitatīvo pazīmju vidējie rādītāji un to daudzveidības indekss (H') tās pārsējot bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā /

Average of quantitative traits and its diversity index (H') of simple populations grown in organic (O) and conventional (C) systems

Pazīmes / Traits	Gads / Year	Populācija / Population	B / O		K / C	
			Vidēji / Average	H'	Vidēji / Average	H'
Auga garums / Plant height, cm	2016	BZ12K	77.8	2.04	78.5	1.92
		BZ12B	77.1	2.07	77.1	2.04
	2018	BZ12K	61.3**	1.84	71.6*	2.01
		BZ12B	64.7**	1.49	64.7*	1.49
Galvenās vārpas garums / Length of main spike, cm	2016	BZ12K	7.3*	1.68	6.5*	1.55
		BZ12B	6.9*	1.59	6.1*	1.52
	2018	BZ12K	6.8*	1.39	6.7***	1.33
		BZ12B	7.0*	1.26	6.3***	1.20
Graudu skaits galvenajā vārpā / Number of grains in main spike	2016	BZ12K	22.0	2.77	17.8**	2.63
		BZ12B	21.0	2.76	16.4**	2.55
	2018	BZ12K	22.7***	2.58	21.2***	2.41
		BZ12B	20.4***	2.30	17.9***	2.24
Cerošanas koeficients / Tillering coefficient of	2016	BZ12K	4.7*	2.00	3.2	1.30
		BZ12B	3.9*	1.55	3.2	1.16
	2018	BZ12K	2.3***	0.61	2.4	0.79
		BZ12B	3.2***	1.56	2.5	0.87

*paralēlo populāciju rādītājs konkrētā gada ietvaros atšķiras būtiski ($p < 0.01$) / the average indicator of parallel populations differs significantly within a given year and environment ($p < 0.01$); ** ($p < 0.001$); *** ($p < 0.001$); ^Šenona-Vīvera daudzveidības indekss / Shannon-Weaver diversity index

Arī saliktajām paralēlajām populācijām 1018-12B/1018-12K iezīmējas tendences, kas liecina, ka atšķirīgos apstākļos attīstība populācijās notiek atšķirīgi – garāki augi, garāka auga galvenā vārpa un lielāks graudu skaits galvenajā vārpā bija B audzēšanas sistēmā audzētajai populācijai 1018-12B, kā arī H' indekss minētajām pazīmēm vairumā gadījumu lielāks bija populācijai 1018-12B (25. tab.). Savukārt produktīvās cerošanas rādītāji būtiski ($p < 0.05$) augstāki divos gadījumos konstatēti B, vienā vietā K sistēmā audzētajai populācijai, kā arī H' indeksa rādītāji variēja. Būtiska genotipa ietekme abās audzēšanas sistēmās konstatēta uz šo populāciju augu garuma un graudu skaita galvenajā vārpā mainību, kas liecina par atšķirībām populāciju attīstībā atbilstoši šīm pazīmēm.

25. tabula / Table 25

Salikto paralēlo populāciju kvantitatīvo pazīmju vidējie rādītāji un to daudzveidība indekss (H') tās pārsējot bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā /

Average of quantitative traits and its diversity index (H') of complex populations grown in organic (O) and conventional (C) systems

Pazīmes / Traits	Gads / Year	Populācija / Population	B / O		K / C	
			Vidēji / Average	H [^]	Vidēji / Average	H'
Auga garums / Plant height, cm	2016	1018-12K	78.2	2.01	65.7*	1.46
		1018-12B	80.9	1.93	68.0*	1.78
	2018	1018-12K	65.2**	1.64	56.6**	1.65
		1018-12B	76.6**	2.27	73.8**	2.01
Galvenās vārpas garums / Length of main spike, cm	2016	1018-12K	6.9	1.65	6.1	1.41
		1018-12B	7.0	1.62	6.1	1.47
	2018	1018-12K	7.2	1.41	6.5*	1.31
		1018-12B	7.4	1.48	6.7*	1.37
Graudu skaits galvenajā vārpā / Number of grains in main spike	2016	1018-12K	19.0	2.58	15.2	2.43
		1018-12B	19.2	2.52	15.7	2.44
	2018	1018-12K	22.2**	2.35	19.5***	2.30
		1018-12B	22.9**	2.43	21.0***	2.42
Cerošanas koeficients / Tillering coefficient	2016	1018-12K	3.1***	1.38	3.2	1.04
		1018-12B	4.8***	1.78	3.4	1.20
	2018	1018-12K	2.5***	0.85	2.7**	1.16
		1018-12B	3.3***	1.53	2.4**	0.75

*paralēlo populāciju rādītājs konkrētā gada ietvaros atšķiras būtiski ($p < 0.01$) / the average indicator of parallel populations differs significantly within a given year and environment ($p < 0.01$); ** ($p < 0.001$); *** ($p < 0.001$); ^Šenona-Vīvera daudzveidības indekss / Shannon-Weaver diversity index

Kombinēto krustojumu paralēlo populāciju CCP1B/CCP1K kvantitatīvo pazīmju izvērtējumā būtiski ($p < 0.05$) augstāka produktīvā cerošana konstatēta B sistēmā audzētajai populācijai CCP1B (26. tab.). Arī garāki augi bija CCP1B

populācijai (divos vērtējumos būtiski), bet graudu skaits galvenajā vārpā un vārpas garums starp populācijām pa pārbaudes vietām variēja. Lielāka galvenās vārpas garuma un produktīvās cerošanas koeficienta daudzveidība novērota B sistēmā, bet graudu skaita vārpā daudzveidība – K sistēmā audzētajai populācijai. Savukārt auga garuma daudzveidība starp populācijām un pārbaudes vietām variēja. Būtiska genotipa ietekme gan B, gan K audzēšanas sistēmā konstatēta uz galvenās vārpas garuma un produktīvās cerošanas koeficienta mainību, kas liecina par šo pazīmju atfistības atšķirībām paralēlajās populācijās.

26. tabula / Table 26

Kombinēto krustojumu paralēlo populāciju kvantitatīvo pazīmju vidējie rādītāji un to daudzveidība indekss (H') pārsejot tās bioloģiskajā (B) un konvencionālajā (K) audzēšanas sistēmā /

Average of quantitative traits and its diversity index (H') of composite cross populations grown in organic (O) and conventional (C) systems

Pazīmes / Traits	Gads / Year	Populācija / population	B/ O		K / C	
			Vidēji / average	H [^]	Vidēji / average	H'
Auga garums / Plant height, cm	2016	CCP1K	64.7	1.82	69.2	1.68
		CCP1B	67.8	1.80	69.2	1.52
	2018	CCP1K	60.5**	1.41	55.9*	1.75
		CCP1B	70.4**	2.02	58.5*	1.75
Galvenās vārpas garums / Length of main spike, cm	2016	CCP1K	7.5**	1.53	6.5	1.51
		CCP1B	6.9**	1.62	6.5	1.58
	2018	CCP1K	7.1***	1.30	6.5	1.30
		CCP1B	8.4***	1.44	7.0	1.48
Graudu skaits galvenajā vārpā / Number of grains in main spike	2016	CCP1K	19.8	2.70	18.1	2.56
		CCP1B	19.7	2.58	17.9	2.67
	2018	CCP1K	22.1*	2.39	19.8	2.40
		CCP1B	23.1*	2.17	19.0	2.17
Cerošanas koeficients / Tillering coefficient of tillering	2016	CCP1K	3.4***	1.48	3.5***	1.16
		CCP1B	3.9***	1.68	3.9***	1.46
	2018	CCP1K	2.7***	1.05	2.8***	1.20
		CCP1B	3.1***	1.48	3.5***	1.28

*paralēlo populāciju rādītājs konkrētā gada ietvaros atšķiras būtiski ($p < 0.01$) / the average indicator of parallel populations differs significantly within a given year and environment ($p < 0.01$); ** ($p < 0.001$); *** ($p < 0.001$); ^Šenona-Vīvera daudzveidības indekss / Shannon-Weaver diversity index

Secinājumi

1. Pētītajiem maisījumiem gan bioloģiskajā, gan konvencionālajā audzēšanas sistēmā raža bija līdzvērtīga gan tajos iekļauto komponentu vidējai, gan kontroles šķirņu ražai; salīdzinoši lielākais vidējais ražas pieaugums abās audzēšanas sistēmās iegūts divkomponentu maisījumam M7.
2. Atbilstoši adaptivitātei vidē jeb ražas stabilitātei pētītos maisījumus var iedalīt trīs grupās: raža stabilāka konvencionālajos apstākļos (M1, M3, M4, M5), laba ražas stabilitāte dažādos apstākļos (M2, M7, M8) un raža stabilāka bioloģiskajos apstākļos (M6); maisījumiem, kas veidoti stabilas ražas nodrošināšanai, konstatēta atšķirīga adaptivitāte: M1 – konvencionālajiem audzēšanas apstākļiem, M2 – laba ražas stabilitāte dažādos apstākļos.
3. Inficēšanās ar miežu lapu tīklplankumainību maisījumiem bija līdzvērtīga to veidojošo komponentu vidējam rādītājam tīrsējā un būtiski mazāka nekā kontroles šķirnēm un maisījumu ieņēmīgākajam komponentam. Inficēšanās ar graudzāļu miltrasu bija mazāka nekā komponentiem vidēji, būtiski mazāka nekā šķirnei ‘Abava’ un ieņēmīgākajam komponentam un līdzvērtīga šķirnēm ‘Rasa’ un ‘Rubiola’. Maisījumi, kas veidoti lapu slimību attīstības ierobežošanai, nenodrošināja būtiski mazāku inficēšanos par komponentu vidējo rādītāju.
4. Konkurētspēja ar nezālēm pētītajiem maisījumiem bija līdzvērtīga tajos iekļauto komponentu vidējai konkurētspējai; no maisījumiem, kas veidoti ar mērķi konkurētspējas paaugstināšanai, salīdzinoši labākais rezultāts iegūts M3 – trīskomponentu maisījumam, kurā apvienoti genotipi ar atšķirīgu cera formu.
5. Populācijām neatkarīgi no to veida gan bioloģiskajā, gan konvencionālajā audzēšanas sistēmā raža vairumā gadījumu bija līdzvērtīga kontroles šķirņu ražai; tikai kombinēto krustojumu populācijai CCPI (‘Mirga’) bioloģiskajā audzēšanas sistēmā Priekuļos novērota tendence pārsniegt kontroles šķirņu ražu, un tai konstatēta laba ražas stabilitāte dažādos audzēšanas apstākļos.
6. Populācijas neatkarīgi no to veida bija būtiski zemāk inficējušās ar miežu lapu tīklplankumainību nekā viendabīgās šķirnes, bet inficēšanās ar graudzāļu miltrasu zemāka tika novērota tikai salīdzinājumā ar ieņēmīgāko kontroles šķirni.
7. Populācijām neatkarīgi no to veida nebija būtisku priekšrocību konkurētspējā ar nezālēm; to konkurētspēja bija līdzvērtīga viendabīgo šķirņu konkurētspējai.
8. Populāciju graudu kvalitātes rādītāji (kopproteīna un cietes saturs graudos, 1000 graudu masa un tilpummasa) bija atšķirīgi atkarībā no pētītās populācijas, tādējādi nodrošinot izvēles iespēju dažādi izmantošanai. Gan populāciju, gan kontroles šķirņu kvalitātes rādītājus var raksturot kā stabilus dažādās vidēs.

9. Populāciju attīstībā bioloģiskajā un konvencionālajā audzēšanas sistēmā iezīmējās tendences, kas liecina, ka atšķirīgos audzēšanas apstākļos populāciju attīstība notiek atšķirīgi. Saliktajām un kombinēto krustojumu populācijām lielāka pazīmju daudzveidība novērota bioloģiskajā audzēšanas sistēmā pārsētajām paralēlajām populācijām, bet vienkāršajām – konvencionālajos apstākļos pārsētajām paralēlajām populācijām.

Pateicības

Izsaku pateicību AREI Priekuļu pētniecības centra kolektīvam par atbalstu darba tapšanas laikā, īpaši Dr. agr. L. Legzdiņai un miežu selekcijas grupas darbiniecēm par dalību izmēģinājumu ierīkošanā, kopšanā, novākšanā, paraugu sagatavošanā un analizēšanā.

Paldies Mr. geogr. D. Pilikserei par dalību konkurētspējas ar nezālēm vērtēšanā.

Paldies profesorei Dr. biol. B. Bankinai par ieteikumiem augu lapu slimību vērtēšanā un rezultātu interpretācijā.

Paldies Stendes pētniecības centra darbiniekiem par izmēģinājumu ierīkošanu.

Introduction

Genetic diversity is needed for varieties to maintain their ability to reproduce, increase resistance to diseases and be able to adapt to changing environmental conditions. A large part of the currently grown cereal varieties, including barley (*Hordeum vulgare*), have been created using only the latest and most productive varieties and selecting lines from crosses that have slightly better traits than the parent plants. As a result, many nowadays varieties are genetically similar and completely homogeneous. Under optimal conditions provided by mineral fertilizers and plant protection products, they can ensure high yields but are generally unable to adapt to unfavorable changes in growing conditions. Genetic homogeneity may cause problems in environmentally friendly farming systems where the use of plant protection products and chemically synthesized fertilizers is restricted. The adaptation of crops to the environment is considered to be one of the factors for sustainable agriculture and may be facilitated by an increase in the internal diversity of varieties. Introducing greater genetic diversity in arable crop varieties could restrict the spread of plant diseases, increase competitiveness with weeds and ensure yield stability.

Greater diversity for self-pollinating crops can be achieved by the creation of heterogeneous types of varieties – mixtures and populations. The plants in mixtures and populations are genetically different and therefore more flexible than pure line varieties – there is a compensation mechanism between the plants; the plants that are better suited to the specific environment survive and provide higher yields. Therefore, it becomes important to study the creation and efficiency of various mixtures and populations of self-pollinating crops. At present, there is not much research on this topic in the world; moreover, the results obtained are contradictory and there are many uncertainties.

In accordance with the requirements of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), the variety must be distinctive, homogeneous, and stable, but the populations of self-pollinating crops do not meet these criteria. An experiment is therefore under way in the European Union that is likely to lead to changes in the laws and regulations that will allow the testing, registration, and growing of genetically diverse varieties. The creation and study of spring barley populations have been begun in the Priekuli Research Centre of the Institute of Agricultural Resources and Economics, and the population CCPI(Mirga) used in the present doctoral thesis has been included in this experiment, and the trade of its seeds has been allowed since 2017.

The aim of the thesis

To evaluate the advantages of using the mixtures of spring barley genotypes, as well as simple, complex, and composite cross populations for the organic growing system.

Research goals

1. To evaluate the advantages of mixtures of spring barley genotypes in ensuring yield and yield stability, reducing the development of foliar diseases, and improving competitiveness with weeds.
2. To evaluate the advantages of spring barley populations in ensuring yield and yield stability, reducing the development of foliar diseases, and improving competitiveness with weeds.
3. To evaluate grains quality for different types of populations and their stability in the organic and conventional growing systems.
4. To evaluate the differences in the diversity of quantitative traits of plants for three types of barley populations in organic and conventional growing systems.

Hypothesis of the thesis

Mixtures of genotypes and populations in organic growing systems provide a more stable yield, better competitiveness with weeds, and lower infection with foliar diseases compared to homogenous varieties.

Theses to be defended

1. Mixtures of barley genotypes have better yield stability, competitiveness with weeds, and lower foliar disease severity compared to homogenous varieties.
2. Barley populations have better yield stability, competitiveness with weeds, and lower foliar diseases severity compared to homogenous varieties.
3. Barley populations can provide grain quality at the level of homogenous varieties and better its stability.
4. Quantitative traits of populations develop differently in organic and conventional farming systems.

The novelty of the thesis

With the development of organic farming, researches on genotype mixtures and genetically diverse populations of self-pollinating species have become more topical in the world over the last decade. At present, few results have been published worldwide on the researches on genotype mixtures and especially on populations. In Latvia, the creation of mixtures and populations has not been studied so far, and the advantages of populations and mixtures of genotypes in comparison to traditional pure line varieties have not been also studied yet.

Approbation of study results

Based on the results of this study, 4 publications have been prepared, which are indexed in *Scopus* and/or *Web of Science* databases, 4 publications in conference proceedings, 5 oral and 6 posters presentation in conferences.

Materials and methods

Field testing methodology, soil conditions and agricultural technology applied

The field trials were carried out at Institute of Agricultural Resources and Economics in Priekuli and Stende during 2015 – 2018 under both organic (hereinafter referred to as O) and conventional (hereinafter referred to as C) growing conditions. In each growing environment (environment – each growing site in every study year, growing location – Priekuli and Stende), the genotypes were sown in four replicates, arranging the plots as a lattice design. In all growing environments, the soil was sod-podzolic loamy sand. The ranges of soil agrochemical properties during investigation are summarized in Table 1.

In the C growing system, potatoes (*Solanum tuberosum*) were the pre-crop in both test locations, in the O system in Priekuli – legumes in 2015 and 2016, and green manure in 2017 and 2018, but in Stende – buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). In the C system in Priekuli mineral fertilizers were applied in accordance with the soil agrochemical parameters at a planned yield 5 t ha⁻¹: N 95–108, P₂O₅ 0–70, K₂O 45–93 kg ha⁻¹. In the C growing system in Stende, the following rates of nutrients in mineral fertilizers were applied: N 75–80, P₂O₅ 75–80, and K₂O 75–80 kg ha⁻¹. The seeding rate in all growing sites – 400 germinating seeds per m². The harrowing for weed restriction in the plant tillering stage (GS 21-29) in the O system was performed, but herbicide was applied in the C system. To assess the development of foliar diseases, no fungicides were applied under C growing conditions.

Barley genotypes used

Genotype mixtures. The study includes eight (M1–M8) mixtures with a different number of components (Table 2), 16 components (varieties and breeding lines) in a pure stand, and three check varieties. Mixtures have been created for a specific aims: M1 and M2 – to ensure a stable yield, M3, M4, and M5 – to increase competitive ability against weeds, M6, M7, and M8 – to restrict the development of foliar diseases caused by *Pyrenophora teres* and *Blumeria graminis*. The seeds of the mixtures were prepared each year by mixing the respective components in equal proportions. The seed material of mixtures for sowing in both Priekuli and Stende was prepared from the harvest obtained in Priekuli. In the C growing system, the seed material was used obtained in the previous year from experiments in the C system, a in the O system, the seed material was used obtained in the previous year in the O growing system.

The yield and competitive ability against weeds of the mixtures were assessed in comparison to the average of the components of each particular mixture and

three homogeneous check varieties – ‘Abava’, ‘Rasa’ and ‘Rubiola’. Foliar diseases severity was assessed in comparison to the average of the components, mentioned check varieties and the most susceptible component of a particular mixture.

Populations. Eleven populations with different levels of genetic diversity were used in the study – four simple (two parents), five complex (three to seven parents), and two composite cross populations – CCP (Table 3). Population yield, yield stability, foliar disease severity, competitiveness with weeds and grain quality were compared with the above-mentioned checks – ‘Abava’, ‘Rasa’ and ‘Rubiola’. The seed material for both Priekuli and Stende was prepared from the harvest obtained in Priekuli. For sowing in O system was used the crop harvested in O system and for C system crop harvested in C system.

The simple populations BZ12 and BZ14, starting from the F₅ generation were grown and assessed in parallel in the C and O systems (continuing sowing the material obtained in particular growing system year after year). The other populations were propagated in C system one year after crossing; then the material obtained was divided into two parts and further grown and assessed in parallel in both growing systems.

To assess the differences in the impact of the factors – genotype, growing year, environments and the interaction of these factors on the traits depending on population type (diversity level), they are grouped by types in groups: simple population group (SPg), complex population group (CPg), composite cross population group (CCPg) and check group (Cg).

Observations and analyses performed

In Priekuli (2016–2018), in O and C growing systems (in total, the data obtained in 6 environments – 3 O and 3 C), the infection with foliar diseases caused by *Pyrenophora teres* and *Blumeria graminis* was assessed. The assessment carried out in the natural background of infection during the vegetation period, visually determining the degree of development of the disease in the whole test plot, in scores, where 0 – no visible symptoms, 9 – no live tissues observed. Disease assessment was started at the occurrence of the first disease symptoms with an interval of 7 to 9 days.

To evaluate competitiveness with weeds in O growing system in Priekuli (2015–2018) (in total, the data obtained in 4 environments) during plant tillering (GS 25–29) and at the beginning of stem elongation (GS 29–31), crop ground cover was visually assessed. Weed ground cover was assessed during plants stem elongation (GS 31–39), at the end of heading – at the beginning of flowering (GS 59–65) and during grain ripening (GS 87–92). Each year, in the O system, one plot was left unsown in each replication, allowing weeds to grow

freely in this plot. Ground cover was also assessed in this plot during each assessment. A 1m² frame was used for assessment.

In both Priekuli and Stende (2015–2018), the harvesting whole plot of each genotype in each replication determined the yield. In total, the yield data was obtained in 14 environments (7 O and 7 C). The obtained yield was calculated in tons per hectare at grain moisture 14% and 100% purity. For populations and check varieties, the average grain sample was taken from each replicate in accordance with the standard LVS 270. Quality indicators were determined: 1000 grain weight (g) in accordance with the standard LVS EN ISO 520; volume weight (g L⁻¹), crude protein (g kg⁻¹) and starch content (g kg⁻¹) in grain dry matter by the analyzer InfratecTM 1241 (FOSS) in the Scientific Laboratory of Grain and Seed Training of the Faculty of Agriculture of Latvia University of Life Sciences and Technologies.

To evaluate the differences in the development of quantitative traits of populations in different growing systems, in Priekuli in 2016 and 2018, the field trial was carried out in the O and C growing systems, which includes parallel populations BZ12B/BZ12K, 1018-12O/1018-12C and CCP1B/CCP1K. Parallel populations are the populations of the same origin; one of them is grown only in the O system, the other – only in the C system, and the letters B and K are added to the respective population designation. During the test years, the parallel populations in the O and C growing systems were sown side by side; the population grown year by year in the O system was sown next to the population of the same origin grown year by year in the C system, and vice versa. At maturity (GS 91–92) sample bundle were taken in parallel population plots and the height of the plant and main spike (cm), the number of grains in the main spike, as well as the productive tillering were determined in the laboratory for 100 plants.

Characterization of meteorological conditions

In 2015, meteorological conditions favorable for barley development were in both growing sites (except in the organic growing system in Stende, where the trial was severely damaged due to heavy rainfall), and in Stende in 2016 and 2017 (Tables 4 and 5). In 2016, after increased precipitations in April in Priekuli, dry weather conditions in May affected plant development, especially in the O system, where the harrowing for weed control increased the stress on plants, and their further growth was delayed. The vegetation period was further characterized by increased precipitation that prolonged the vegetation period and made harvesting more difficult. Also in 2017, comparatively cool and humid weather conditions prolonged the plant vegetation period in Priekuli. In the last decade of April 2018, when the sowing was carried out, there was enough moisture in both growing locations and the plants germinated well. The

subsequent vegetation period in both Priekuli and Stende was characterized by dry and hot conditions that caused drought stress for plants (Tables 4 and 5).

Statistical analysis of data

One-way and two-way analyses of variance (ANOVA) were applied to evaluate yield, foliar diseases severity, and competitive ability against weeds for genotype mixtures and populations. The differences are considered to be significant if $p < 0.05$. To evaluate yield stability, environmental index was calculated (the difference between the average yield of all genotypes in a specific environment and the average yield of all genotypes from all environments), regression analysis and ranking methods were applied. One of the indicators used to describe yield stability is regression coefficient (b). If it is close to 1, the genotype can be described as stable with an ability to adapt to different growing conditions (broad adaptability); if it is significantly higher than 1, the variety can be described as sensitive against changes in environmental conditions and having greater specific suitability to favorable (conventional) growing conditions. If b is significantly lower than 1, the variety can be described as resistant to adverse changes in environmental conditions and having greater specific suitability to unfavorable (organic) growing conditions. SPSS Statistic 17 software was used to calculate the impact of the factors (growing year, environment and genotype) and the significance of the impact of their interaction, as well as for the evaluation of population groups (diversity level) and assessment of correlative relationships. The relative mixing effect for yield, infection with net blotch, crop ground cover and competitiveness with weeds in comparison to the average of the respective components of the mixture (ME_{vid}) and the component of the mixture, for which the comparatively highest particular value (ME_{max}) has been observed. The area under disease progress curve (AUDPC) was calculated to assess foliar disease severity. The ability to suppress weed growth (S_{var}) for each genotype at each assessment was calculated as the difference between weed growth in the plot where the particular genotype is grown and the maximum weed growth in the plot without cereal, expressed as a percentage. The method applied to evaluate the yield stability and a coefficient of variation ($S\%$) were used to evaluate the stability of grain quality of populations and check varieties. A t-test was used to compare average of quantitative traits of populations. Shannon-Weaver diversity index H' was applied to evaluate the diversity of quantitative traits. Due to the specifics of setting up of the field trial, it is not possible to evaluate the significance of the differences in the trait diversity index H' .

Results

Evaluation of yield, yield stability, foliar diseases and competitive ability against weeds of the genotype mixtures

Yield and yield stability of genotype mixtures

The average yield of mixtures, components in pure stand and check varieties included in the study in organic (O) growing system was 3.37 t ha⁻¹, with the lowest average yield 2.07 t ha⁻¹ in 2018, and the highest – 5.24 t ha⁻¹ in 2016 in Stende. The average yield in conventional growing system (C) was 5.45 t ha⁻¹ where the lowest yield 3.07 t ha⁻¹ was in Priekuli in 2018, but the highest – 8.53 t ha⁻¹ was in Stende in 2016.

Evaluation of the yield of genotype mixtures in comparison to the average of respective components. None of the eight mixtures exceeded the average yield of their components in all 14 environments (Table 6). In the O growing system, a significant difference ($p < 0.05$) was found in only one case of 56 (8 mixtures \times 7 O environments) where the yield of the mixture M6 was significantly lower ($p < 0.05$). In C growing system significant differences were found in four cases, when the yield of mixtures M1, M7, and M8 was significantly higher than the average of components (Table 6).

Mixtures M1 and M2 were created to ensure competitive yield, but in both O and C systems, they yielded similarly to the average of components; only in one of the seven C environments, the significant increase in yield was found for the mixture M1.

The comparatively best result was obtained for the mixture M7 – it ensure the highest average yield increase in both O and C growing systems – by 6 and 9%, respectively (Table 6). In general, the obtained results shows that the studied mixtures in both growing systems yielded at the average level of their components.

Evaluation of the yield of genotype mixtures in comparison to the check varieties. The yield of check varieties were similar in most cases; significant differences ($p < 0.05$) were found in some cases only when the yield of the variety ‘Rubiola’ was significantly higher than that of varieties ‘Rasa’ and ‘Abava’.

In the O growing system, none of the mixtures out-yielded all check varieties in seven environments. Significant differences were found only under drought stress conditions in 2018, when the yield of mixtures M4, M6, M7, and M8 significantly exceeded the yield of varieties ‘Rasa’ and ‘Rubiola’ (Table 7). The tendency to out-yield the varieties – ‘Rasa’ and ‘Abava’, and in most cases also of variety ‘Rubiola’ was observed for mixtures M7 and M8, while the tendency to out-yielded only variety ‘Rasa’ was observed for mixture M3.

In the C growing system, the yield of the mixtures varied to a greater extent, but none of the mixtures out-yielded all check varieties in seven environments.

Among the mixtures created to ensure a higher yield, only mixture M2 tended to out-yield one of the check varieties – ‘Rasa’ (Table 7). The comparatively best result was obtained for the mixture M7, which tended to out-yield the varieties ‘Abava’ and ‘Rasa’, but in this growing system, it was more difficult for this mixture to compete with the comparatively more productive check variety ‘Rubiola’. It should be noted that the only significant increase in yield for the mixture M7 in comparison to the variety ‘Rubiola’ was found in 2018. This result shows that the mixture M7 was able to adapt better to drought stress conditions than this homogeneous, high-yielding variety.

Yield stability (adaptability) of genotype mixtures. The mixtures included in the study are characterized by different adaptability to the environment. Four mixtures – M1, M3, M4, and M5 showed adaptability to the conventional growing system, three mixtures – M2, M7, and M8 – broad adaptability or stable yield under different growing systems, and one mixture – M6 – showed adaptability to the organic growing system (Table 8). The mixtures created to ensure stable yield (M1 and M2) by combining the genotypes with different adaptability to the environment (adaptability to conventional conditions, to organic conditions, and broad adaptability), provided an equal yield (4.50 t ha^{-1}), but they showed different adaptability (M1 – to conventional conditions, M2 – broad). Thus, when creating mixtures according to the same criteria, it is not possible to predict the adaptability of the mixture to the environment.

Although the studied mixtures showed different adaptability to the growing conditions, the average yield of all eight mixtures over 14 growing environments were above the average yield of all genotypes (which is an important indicator in the assessment of yield stability), but for mixture M7 it was significantly higher. The mixture M7 can be described as a stable over various environments (broad adaptability) that can be well seen in the ranking table, where it does not rank in the lower part of yield-rank in neither O nor C growing system (Table 8). This mixture consist of genotype with a yield above average (4.34 t ha^{-1}) and the genotype with a yield below average but in result was obtained the best mixture in this study.

The **check varieties** used in this study were characterized by different adaptability to the environment. The variety ‘Rubiola’ was found to be suitable for conventional growing conditions ($b > 1$). The variety ‘Abava’ was characterized by suitability to organic growing conditions ($b < 1$), but the variety ‘Rasa’ – by broad adaptability. Although the studied mixtures showed different adaptability to the environment, they provided the average yield at the level of the most productive check variety – ‘Rubiola’ (Table 8).

Impact of the factors and their interaction. When evaluating the impact of genotype, year, environment and interaction of these factors on the yield of mixtures, components and check varieties, it was not observed that the mentioned factors and their interaction would affect the yield of the studied genotype mixtures less than the yield of homogenous varieties.

Relative mixing effect. The positive average mixing effect for the yield compared to the average of respective components (ME_{vid}) was obtained for two mixtures – M7 and M8, which was significantly higher in both growing systems in Priekuli and in the C growing system in Stende (Fig. 1). Negative/positive differences of ME_{vid} in the O and C growing systems obtained for the other studied mixtures in Priekuli and Stende, although not significant, perhaps indicate that mixture plants respond differently over different environments and the different interaction/competition between mixed plants is also possible. This shows that it is best to assess each particular mixture by sowing it for several years over different growing environments.

Over all growing sites, the positive mixing effect of the mixture compared to the most productive component of the mixture (ME_{max}) has been achieved only for mixture M7. Significant differences between mixing effect ME_{max} of the mixtures was found only in the C growing system in Priekuli (Fig. 2).

Development of foliar diseases depending on the genotype mixtures

The highest infection with net blotch in natural infection background was observed in 2016, when the mean AUDPC value in the C growing system was 133, in O system – 51, but the lowest – in 2017, when in the C and O system it was 62 and 32, respectively.

Development of net blotch in the mixtures compared to the average of the components. For barley genotype mixtures compared to the average of their respective components in the O growing system, only for mixtures M1, M3, and M8, the infection was significantly lower ($p < 0.05$) during one of three years of study, but for mixture M5 – significantly higher (Table 9). In the C growing system, significant differences were found for the mixture M7 – in one case significantly lower infection with net blotch was achieved and in one – significantly higher.

In general, in both growing systems, the infection of mixtures with net blotch varied slightly, exceeding or standing behind the average of the components. Among the mixtures created for restriction of the development of net blotch (M6, M7, and M8), comparatively best result obtained for the mixture M8: in five out of six environments (three years \times O and C growing systems) the lower infection of disease was observed than the average of the components, including a significant reduction in 2018. In the O growing system, the infection of the mixture M7 in comparison to the average of the components was similar, but in the C system, it varied from significantly higher to significantly lower. Also for the mixture M6, the infection with net blotch was similar to the average of its components in pure stand. The criteria of the components (susceptibility/resistance) used in creation of the mixtures M6, M7, and M8, based on which the genotypes have been included in the mixture, were confirmed

in this study only for the components of M7 and that may have affected the obtained result. In all environments of the study, the tendency to infect less was observed for mixtures M1, M2, and M3, so further investigations would be needed to determine the plant traits that can affect the infection in these mixtures. Regarding to mixture M3 can be remarked that this mixture has been created by mixing genotypes with a different form of plant growth habit, which probably formed such foliage structure that suppresses the spread of disease.

Compared to the most susceptible component, in 15 cases of 24 infection for the mixtures was significantly lower ($p < 0.05$) in both O and C growing systems, indicating that the mixtures can be created to restrict the development of net blotch by combining the varieties with significantly different susceptibility/resistance.

Development of net blotch in mixtures compared to the check varieties.

Compared to the check variety 'Abava', all mixtures in both O and C growing systems had significantly ($p < 0.05$) lower infection with net blotch (Table 10). Also, in comparison to the varieties 'Rasa' and 'Rubiola', the mixtures were infected significantly lower in most cases, but the result obtained is logical, because the check varieties were infected significantly higher in most cases than the most susceptible components of the mixtures.

Impact of the factors and their interaction. There was no evidence that the factors (genotype, year and environment) and their interaction affect the development of net blotch in the O and C growing system in Priekuli less than in the homogenous material (components in pure stand and check varieties).

Relative mixing effects of genotype mixtures. Regarding to infection with net blotch, the negative mixing effects value ME_{vid} and ME_{max} indicates that the infection in the mixture decreased, but the positive – it increased. In the O growing system, the mixture effect ME_{vid} were significantly ($p < 0.05$) different, and for six of eight mixtures obtained negative (infection decrease). The highest ME_{vid} were obtained for mixtures M1 (-22.1%), M3 (-20.4%) and for the mixture that was created to restrict disease – M8 (-18.3%) (Fig.3). A positive mixing effect (infection increase) were obtained for M5 (4.7%) and for one of the mixtures, which were created for disease control – M6 (20.8%). The value of ME_{max} in the O system also differed significantly ($p < 0.05$) and positive it was obtained only for the mixture M6; this indicates that the mixture was not effective in restriction of disease. For other studied mixtures ME_{max} obtained negative with the significantly higher for M8 (-51.1%) and M1 (-46.4%).

In the C growing system, the values ME_{vid} for the mixtures did not show significant differences, with the highest ME_{vid} indicating the efficiency in disease reduction for M3 (- 8.2%), and the lowest for M7 (-3.1%) (Fig.3). Similar to the O system also in the C system, the ME_{vid} was positive only for M6 and indicated the ineffectiveness in controlling of net blotch. Compared to the most susceptible component, mixing effect ME_{max} in the C system indicate a reduction in disease

development and for M8 significantly higher ME_{max} was found than for the most of mixtures (-34.1%) (Fig. 3).

Development of powdery mildew in mixtures in comparison to the average of components. No conclusions can be made on the efficiency/inefficiency of the studied mixtures in the reduction of powdery mildew in the O growing system, as the infection was observed in a very small amount over only one study year for individual genotypes in one replicate. In the C growing system, small amounts of powdery mildew were observed in 2016 (AUDPC value 0–58) and 2017 (AUDPC value 0–33). For mixtures, in comparison to the average of the components, the tendency to infect less has been observed. Significantly lower disease development was observed only for mixtures M1 and M4 in 2016 (Table 11).

Development of powdery mildew in comparison to the check varieties. In 2016 in the C system, the check variety ‘Abava’ was significantly more ($p<0.05$) infected with powdery mildew than the varieties ‘Rasa’ and ‘Rubiola’. In 2017, only a small amount of powdery mildew infection was observed for check varieties ‘Abava’ and ‘Rasa’. All the mixtures included in the study showed significantly lower infection with powdery mildew than the most susceptible check variety ‘Abava’ and similar to the varieties ‘Rasa’ and ‘Rubiola’ (Table 12).

Evaluation of competitive ability against weeds of genotype mixtures

Evaluation of competitive ability against weeds in comparison to the average of components. The value S_{var} of the competitiveness with weeds of genotype mixtures was found to be significantly ($p<0.05$) higher in comparison to the average of components only for mixtures M1 in one case and for M3 in two cases; thus, there is no evidence that the mixtures compete with weeds more effectively than their components in pure stand (Table 13). Of the eight studied mixtures comparatively best S_{var} value obtained for M8; over three years of study, in all assessments, its tendency to better compete with weeds was observed (in 9 of 12 cases). Of the mixtures created to increase competitiveness with weeds (M3, M4, and M5), comparatively best result was observed for the mixture M3, where three genotypes with a different form of plant growth habit were combined. An evaluation of the crop ground cover indicate that for mixtures it is similar to the average of their components in pure stand. Only for mixtures M7 and M8, the tendency can be observed to cover ground better at the beginning of plant development (Table 13).

The mixing effects of the genotype mixtures. The average mixing effect ME_{vid} of the mixture (the average over the study) did not differ significantly for mixtures in ensuring competitiveness with weeds ($p>0.05$) and obtained positive for six mixtures of eight (Fig. 4). Compared to the component with the

comparatively best competitiveness (there were no significant differences between the competitiveness of the components), the average ME_{max} was positive only for M5.

The mixing effects ME_{vid} for the crop ground cover significantly ($p < 0.05$) higher was found for mixtures M7 and M8, but significantly lower – for M5 (Fig.4). Compared to the component with the comparatively best crop ground cover (there were no significant differences between the components), ME_{max} positive was obtained only for the mixtures M7 and M8 without significant differences.

Evaluation of competitive ability against weeds of the mixtures in comparison to the check varieties. Competitiveness with weeds for check varieties did not differ significantly. In all plant development stages, when the observations were made, in three out of four study years statistically insignificantly ($p > 0.05$) higher S_{var} was observed for the variety ‘Abava’, but comparatively lower – for the variety ‘Rasa’. Comparing competitiveness with weeds of mixtures and check varieties, significant differences were found only in individual cases (Table 14), thus the obtained results show that the mixtures do not compete with weeds better than the check varieties.

For all the studied mixtures, the tendency was observed to form smaller crop ground cover at the beginning of plant development than that of the variety ‘Abava’; in some cases a significant ($p < 0.05$) difference (Table 14) was found. Compared to the varieties ‘Rasa’ and ‘Rubiola’, the similar crop ground cover for mixtures has been observed. Consequently, there is no evidence that at the beginning of plant development, the mixtures cover ground better than the homogenous varieties.

Impact of the factors and their interaction. There was no evidence that the genotype and year, as well as their interaction, affect the competitiveness with weeds of the mixtures to a lower extent than the homogenous material (components in pure stand and check varieties). But the impact of genotype on the crop ground cover was found to be significant for homogenous varieties and insignificant for the mixtures; this shows that the crop ground cover of homogenous varieties varies more at the beginning of plant development (can be significantly different), but it is similar for the mixtures.

Evaluation of the yield, yield stability, foliar diseases and competitive ability against weeds of populations

Yield and yield stability of populations

The average yield of all studied populations in the O growing system was 3.03 t ha^{-1} with the lowest yield 1.95 t ha^{-1} in 2018, and the highest 4.77 t ha^{-1} in 2016 in Stende. The average yield in the C growing system was 5.43 t ha^{-1} with

the lowest yield 3.13 t ha⁻¹ in Priekuli in 2018, and the highest 8.26 t ha⁻¹ in Stende in 2016.

The yield of **simple populations** in the O system was lower ($p>0.05$) in most cases than the yield of the check varieties; significantly ($p<0.05$) lower it was found in some cases in comparison to the variety 'Rubiola' (Table 15). In the C system, the yield of simple populations as compared to check varieties varied, showing some significant differences.

The yield of **complex populations** in both O and C systems varied from significantly ($p<0.05$) lower to significantly higher. Only one of five complex populations achieved similar to significantly higher yield in comparison to check varieties 'Abava' and 'Rasa'.

In general, the yield of the simple and complex populations varied both in the O and C systems, showing some significant differences in comparison with the checks, but differences were significant in comparison with one or rarely two varieties in one site of the trial. Thus, there is no evidence that they ensure better yield than the homogenous check varieties.

Different trends were observed for both **composite cross populations** CCP1 and CCP3. In Priekuli, in the O growing system, for CCP1 the tendency was observed to yield better than for check varieties, while in the C system its yield was similar to the yield of varieties 'Rasa' and 'Abava', but it stayed behind in comparison with more productive check variety 'Rubiola'. In Stende, in the O growing system, such a trend was not observed for this population. This may be explained by the fact that when growing the population under some certain conditions year by year led to its adaptation to these conditions, because the plants that feel better in the environment yield better, gradually dominating in the population. In Stende, this effect could not be observed because the seed for field trial was prepared from the material obtained in Priekuli.

The yield of CCP3 was similar to that of check varieties 'Rasa' and 'Abava' in most cases, but this population also had difficulties in competition with more productive check variety 'Rubiola'. It should be noted that significant differences in yields of CCPs and check varieties in Priekuli (Table 15) were obtained in 2018 under drought stress conditions; this indicates that under conditions favorable for barley development, CCPs has difficulties in competition with homogenous, high-yielding variety, but under the stress conditions, their advantages in better adaptation to conditions manifested.

Yield stability of populations. For the population CCP1, the yield was obtained above the average of all genotypes (4.34 t ha⁻¹), and good yield stability was found over different environments, especially in the O growing system, where none of the other studied populations or check varieties does not rank at the top of yield ranking over five of seven O environments (Table 16). From the studied populations, the yield above the average were obtained also for two complex populations (1018-12 and 1348-11) with different adaptability to growing conditions.

For the other studied populations and check varieties 'Rasa' and 'Abava', the average yield obtained over 14 environments was significantly ($p < 0.05$) lower than for the population CCP1. All simple and one complex population (1357-11) can be described as poorly suited to any growing conditions because they yield significantly lower than the average yield in the study. The results of the study show that it is possible to create a genetically diversified population that can ensure a competitive and stable yield in the O growing system. The population CCP1, named 'Mirga' is included in the experiment, which is currently underway in the European Union, the aim of which is to introduce changes in laws and regulations to allow growing and marketing the seeds of the populations of self-pollinating cereals. In Latvia, within the framework of the EU temporary experiment, the seed material 'Mirga' has been successfully grown in two farms operating under organic growing methods. Due to climate change, conditions in integrated farming systems also become more variable, so such populations, which can adapt to growing conditions, may also be useful in these areas.

Impact of the factors and their interaction. The analysis of the factors and their interaction does not indicate that the environment, year and interaction of these factors affect the yield of any of the groups (types) of populations (simple, complex and composite cross) to a lesser extent than the homogenous varieties.

Comparison of the yield of population groups (diversity levels). A comparison of population groups (types) shows that the greater diversity can lead to a higher increase of yield. But it is essential to understand level of diversity, what is needed in populations, as the average yield in CPg (complex populations) did not differ significantly ($p > 0.05$) neither from the group with the lowest diversity – SPg (simple populations) nor from the group with the highest diversity – CCPg (composite cross populations). However, the comparison with Cg (check varieties) does not confirm the above mentioned, as between the groups with the lowest (Cg) and the highest (CCPg) diversity, the average yield did not differ significantly ($p > 0.05$) at any of growing environments. Significant differences between the SPg and CCPg probably can be explained by unsuccessfully selected parents in population creating, while insignificant differences between the CPg and CCPg indicate that the populations can be created using a relatively small number of parents (3–5).

Development of foliar diseases in populations

The highest infection with **net blotch** in natural infection background for the populations was observed in 2016, when the average AUDPC value in the C system was 136, in the O system – 52, but the lowest – in 2017, when in the C and O system they were 59 and 32, respectively. The check variety 'Abava' was infected significantly ($p < 0.05$) more than the varieties 'Rasa' and 'Rubiola'.

For populations, regardless of their type, significantly ($p < 0.05$) lower infection with net blotch was found than that of the most susceptible check variety 'Abava' (Table 17). Also compared to the variety 'Rasa', the populations were significantly lower infected in most cases. Populations CCP1 in most cases had significantly ($p < 0.05$) lower infection in comparison to the variety 'Rubiola'; also other populations were less infected in most cases (Table 17). It is possible that the infection of populations with net blotch would be more objectively evaluated in comparison to parents, but this was not intended in this study.

For populations, infection with **powdery mildew** was observed to be lower in most cases in comparison to the most susceptible variety 'Abava', and the decrease was significant ($p < 0.05$) in some cases for simple populations, but for complex populations, it was significant in most cases ($p < 0.05$) (Table 18). The infection was significantly ($p < 0.05$) higher for only one of four simple populations. Compared to the varieties 'Rasa' and 'Rubiola', the simple populations were observed to be tended to be more infected, while for complex populations (except one) infection was similar. Both CCPs were also infected with powdery mildew at the level of check varieties. It is possible that the result was affected by the susceptibility/resistance to powdery mildew of the parents used in their creation, and the more objective evaluation would be comparing the infection of populations with the parents used in their creation.

Impact of the factors and their interaction. No evidence has been found that any of the types of populations was less affected by the genotype (diversity level), year and the interaction of these factors than the homogenous check varieties. No evidence that infection with net blotch would be affected by population type was observed. A small amount of infection with powdery mildew was observed only in two years of the study, therefore it was not possible to evaluate the influence of the factors and their interaction on the development of powdery mildew in the population, as well as to compare the differences in infection between the groups.

Evaluation of the competitive ability against weeds of the populations

For populations, regardless of their type, competitive ability against weeds was similar to that of the check varieties. Significant differences were found only in some cases (Table 19), so there is no evidence that the populations would compete with weeds better than homogenous varieties.

The populations, regardless of their type, at the beginning of plant development were tended to create lower crop ground cover than the variety 'Abava' (Table 19), and similar to the varieties 'Rasa' and 'Rubiola'. Significant differences ($p < 0.05$) were found only in some cases, which did not coincide for particular populations by study years and assessments, so there is no evidence

that at the beginning of plant development diverse populations would cover ground better than the homogenous populations.

Impact of the factors and their interaction. No significant impact of the genotype on crop ground cover was found for any group of populations, but crop ground cover of Cg (check varieties) was significantly ($p < 0.05$) dependent on the genotype, indicating that crop ground cover for homogenous varieties varies more than for populations. Analysis of the impact of the year and year \times genotype interaction does not indicate that crop ground cover would be dependent on the group of populations (diversity level).

Comparison of the groups of populations. Comparison of crop ground cover (CGC) and competitiveness with weeds (S_{var}) between the groups of populations and check varieties show that these traits are not dependent on the group of populations (diversity level).

Evaluation of grain quality indicators of different types of populations and their stability

Evaluation of the content of crude protein in grains and its stability

The highest average crude protein content in grains of populations in the O growing system was 131 g kg^{-1} obtained in both growing locations (in Priekuli and Stende) in 2016, but the lowest – 111 g kg^{-1} in Priekuli in 2015. In the C growing system, the highest average crude protein content in grains was obtained in 2018 – 132 g kg^{-1} , the lowest – 102 g kg^{-1} in Priekuli in 2017. In both O and C systems, the simple populations and composite cross population CCP3 ensure higher content of crude protein than the homogenous check varieties, but the complex populations and composite cross population CCP1 – crude protein content similar to that of check varieties.

Stability. Crude protein content for the studied populations can be described as stable under different growing conditions, only for the complex population 1052-12 it was found to be more stable in the O growing system (Table 20).

The values of the coefficient of variation also show that crude protein content for populations was stable – in the C growing system, coefficient of variation was ranging from 5 to 9%, in the O system – from 7 to 11%.

The analysis of the impact factors and their interaction does not indicate that the accumulation of crude protein in grains of populations (regardless of type and O or C system), is less affected by the genotype, year, environment and their interaction than the homogenous varieties. Exception – CCPg is less sensitive to year \times environment interaction in crude protein accumulation than simple and complex populations, and check varieties.

Evaluation of the content of starch in grains and its stability

The highest average starch content in grains in the O growing system was obtained in Priekuli in 2018 – 616 g kg⁻¹, the lowest – 532 g kg⁻¹ in Stende in 2016. In the C system, the highest average starch content in grain was obtained in Priekuli in 2017 – 647 g kg⁻¹, the lowest – 561 g kg⁻¹ in Priekuli in 2015.

Of the studied populations, only CCP1 had the starch content similar to the check varieties; other populations had a lower content. Since the starch content in grain was inversely proportional to the content of crude protein, the result obtained is consistent.

Stability. Starch content for populations can be described as stable over different growing conditions; only for population 1015-11 it was found to be stable in the O growing system (Table 21). Although CCP3, BZ12, 1357-11, 1349-11, and 1052-12 have shown good starch content stability over various conditions, they are characterized by low starch content in grain. The values of the coefficient of variation also indicate that the starch content for populations was stable – in the C system it was obtained ranging from 5% to 7%, in the O system, it was 6% for all populations.

Impact of the factors and their interaction. When evaluating the impact of the factors (genotype, year, and environment) and their interaction, it was not observed that the impact of factors and their interaction on the accumulation of starch in grain would be dependent on the group of populations (diversity level) or growing system (O or C). Exception – CCPg is less sensitive to year × environment interaction in starch accumulation than other groups of populations.

Evaluation of the thousand-grain weight (TGW) and its stability

The highest TGW in the O growing system (54.1 g) was obtained in Stende in 2017, the lowest – (42.0 g) in Priekuli in 2016, while the highest TGW in the C growing system (53.3 g) was in Stende in 2017, the lowest (46.6 g) in Priekuli in 2018.

Significantly ($p < 0.05$) higher TGW was obtained for populations in comparison to the check variety with the lowest value – ‘Rasa’ and similar to the check varieties ‘Abava’ and ‘Rubiola’.

Stability. TGW for the populations can be described as stable over different growing conditions. Only for the complex population 1018-12 it was found to be more stable under the C growing conditions, but for BZ12 – under O growing conditions (Table 22). The values of the coefficient of variation also indicate that TGW for populations was stable – in the C system it was obtained ranging from 6 to 10%, in the O system from 5 to 11%.

Evaluation of the factors and their interaction shows that the impact factors on the TGW does not depend on the group of populations (diversity level)

or growing system (O or C). For CCPg – in the O growing system, their TGW formation is less sensitive to year × environment interaction than for other groups of populations.

Evaluation of volume weight and its stability

The highest average volume weight in the O growing system was obtained in Priekuli in 2018 – 720 g L⁻¹, the lowest – 654 g L⁻¹ in Stende in 2016. In the C growing system, the highest and the lowest average volume weight obtained in Stende: the highest 736 g L⁻¹ obtained in 2015, the lowest – 677 g L⁻¹ in 2016.

Only in comparison to the variety ‘Rasa’, similar or significantly ($p < 0.05$) higher volume weight of grain was obtained for populations. Compared to the check varieties ‘Abava’ and ‘Rubiola’, the volume weight for populations was significantly lower in most cases. Perhaps, this may be explained by the fact that the homogenous check varieties produce grains that are uniform and therefore denser than for populations, as they may have greater variability in grain size.

Stability. Volume weight of populations can be described as stable in different growing conditions. Only for complex population 1052-11 the comparatively better stability was found in the O growing system, but for CCP1 – in the C growing system (Table 23). The values of the coefficient of variation also indicate that the volume weight for populations was stable – in the C system, it was obtained ranging from 3% to 5%, in the O system – from 2% to 3%.

Impact of the factors and their interactions. The analysis of the factors shows that, regardless of the type of population, their volume weight is significantly ($p < 0.05$) affected by the genotype (except CCPg under O conditions), year and environment. The significant impact of the interaction of the factors was found for SPg and CPg in the O growing system, and SPg and Cg – in the C growing system.

Diversity of quantitative traits of populations and its differences in development under organic and conventional growing conditions

The simple parallel populations BZ12B/BZ12K show different trends over time – higher plants, higher main spike and a greater number of grains in the main spike were for the population grown in the C system BZ12K (except the height of the plant and main spike in the O test site in 2018), but no different trends were observed regarding the productive tillering (Table 24). The values of the diversity index H' show that the greater diversity in height of the main spike and number of grains in the main spike was for population grown in the C system, but the values of plant height and tillering varied. Significant impact of the genotype indicating the differences in development for parallel populations

over both O and C conditions was found only for the number of grains in the main spike.

Also for complex parallel populations 1018-12B/1018-12K some trends show that the development in populations differs under different conditions – higher plants, higher main spike, and a greater number of grains in the main spike were for the population grown in the O growing system –101812B. Index H' for mentioned traits was also higher for population 1018-12B in most cases (Table 25). Productive tillering were significantly ($p<0.05$) higher in two cases found for population grown in the O system and one case for population grown in the C system, but H' index varied. Significant impact of the genotype found for the plant height and number of grains in the main spike, indicating the development differences for the populations for these traits.

In the evaluation of quantitative traits of the composite cross parallel populations CCP1B/CCP1K, significantly ($p<0.05$) higher productive tillering was found for the population grown in the O system CCP1B (Table 26). Population CCP1B had higher plants (significantly in two assessments), but the number of grains in the main spike and height of spike varied between the populations across the test sites. The greater diversity of the height of the main spike and the coefficient of productive tillering observed for populations grown in the O system, but the diversity of the number of grains in the main spike – for the population grown in the C system. In turn, the diversity index H' for the plant height varied between the populations across the test sites. Significant impact of the genotype in both O and C growing systems found for the height of the main spike and the coefficient of productive tillering indicating the differences in the development of these traits in parallel populations.

Conclusions

1. The yield of the studied mixtures in both organic and conventional growing systems was similar both to the average yield of their components and the yield of the check varieties; comparatively highest average increase in yield in both growing systems was obtained for two-component mixture M7.
2. According to the adaptability to the environment (yield stability), the studied mixtures can be divided into three groups: the yield is more stable under favorable conditions (M1, M3, M4, M5), good yield stability under different conditions (broad adaptability) (M2, M7, M8), and yield is more stable under unfavorable conditions (M6); the mixtures created to obtain a stable yield, different adaptability has been found: M1 – to favorable growing conditions, M2 –good yield stability under different conditions.
3. The infection with net blotch of the mixtures was similar to the average infection of their components in pure stand and significantly lower than that of check varieties and the most susceptible component of the mixtures.

Infection with powdery mildew was lower than the average of the components, significantly lower than for the variety 'Abava' and the most susceptible component, and similar to the varieties 'Rasa' and 'Rubiola'. The mixtures created to restrict the development of foliar diseases did not ensure significantly lower infection than the average of the components.

4. The competitive ability against weeds of the studied mixtures was similar to the average competitiveness of their components; from the mixtures created to increase competitiveness, the comparatively best result obtained for M3 – three-component mixture, where the genotypes with different growth habit are combined.
5. For populations, regardless of their type, in both organic and conventional growing system, the yield was similar to that of check varieties in most cases; only for composite cross population CCP1 ('Mirga') in the organic growing system in Priekuli, a tendency to out-yield the check varieties was observed and good yield stability was found under different growing conditions.
6. The populations, regardless of their type, were significantly lower infected with net blotch than the homogenous check varieties, but the lower infection with powdery mildew was observed only in comparison to the most susceptible check variety.
7. For populations, regardless of their type, was not a significant advantage in competitiveness with weeds; their competitiveness was similar to the competitiveness of homogenous check varieties.
8. The grain quality of the populations (the content of the crude protein and starch in grains, 1000 grain weight and volume weight) were different depending on the studied population, thus providing options for various uses. The grain quality of both populations and check varieties can be described as stable over different environments.
9. The trends in population development in organic and conventional growing systems emerged indicating that the development of populations passes differently under different growing conditions. For complex and composite cross populations a greater diversity of traits were observed for the parallel populations grown over year in the organic growing system, while for the simple populations – for parallel population grown in conventional conditions.

Acknowledgements

I am thankful to the staff of AREI Priekuli Research Centre for their assistance and support during the creation of thesis. Thanks to Dr. L. Legzdiņa and the employees of Priekuli Research Centre barley breeding department for help in organizing field trials, sample preparation and analysis.

I appreciate responsiveness of Professor Dr. B. Bankina on recommendations for assessment of foliar diseases and the interpretation of the results.

Thanks to Mr. D Piliksere for participation in weed competitiveness assessments.

Thanks to the staff of AREI Stende Research Centre for organizing field trials in Stende.

Promocijas darba aprobācija / *Approbation of the scientific work*

Zinātniskie raksti, kas indeksēti SCOPUS un /vai Web of Science datu bāzēs /
Articles which indexes in SCOPUS and/or Web of Science data bases

1. Ločmele I., Legzdiņa L., Piliksere D., Gaile Z., Kronberga A (2019). Assessment of spring barley populations in comparison to homogenous varieties. *Research for Rural Development 2019*". Vol. 2, 21–28.
2. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2017). Estimation of yield and yield stability of spring barley genotype mixtures. *Research for Rural Development 2017*". Vol. 2, 9–25.
3. Mežaka I., Ločmele I. Ruņģis D., Legzdiņa L. (2017). Response of bi-parental spring barley populations to cultivation in organic and conventional farming systems. *Zemdirbyste*, Vol. 102, No. 2, 157–164.
4. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2016). Cereal variety mixtures and populations for sustainable agriculture: a review. *Research for Rural Development 2016*". Vol.1, 7–14.

Publikācijas konferenču rakstu krājumos /
Publications in the conference proceedings

1. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2019). "Pirmās Latvijā izveidotās kombinēto krustojumu populācijas izvērtējums". *No: Ražas svētki "Vecauce – 2019": Gaidot starptautisko zinātnes izvērtējumu*. Zinātniskā semināra rakstu krājums. Jelgava: LLU, 37.–40. lpp.
2. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2017). "Vasaras miežu populāciju un viendabīgu šķirņu ražas salīdzinājums". *No: Zinātniski praktiskā konference "Līdzsvarota lauksaimniecība – 2017"*, Zinātniski praktiskās konferences rakstu krājums, (2017. gada 23. februāris), Jelgava: LLU, 64.-68. lpp.
3. Ločmele, D. Piliksere, N. Venta, L. Legzdiņa (2016). "Vasaras miežu maisījumu audzēšanas priekšrocību izpēte". *No: Zinātniski praktiskā konference "Līdzsvarota lauksaimniecība – 2016"*, Zinātniski praktiskās

konferences rakstu krājums, (2016. gada 25.–26. februāris), Jelgava: LLU, 92.–97. lpp.

Mutiskie referāti zinātniskajās konferencēs /
Oral presentations in scientific conferences

1. I. Ločmele, D. Piliksere, L. Legzdiņa (2021). “Assessment of spring barley variety mixtures and populations in comparison to homogeneous varieties”. *International conference on breeding and seed sector innovations for organic food systems*, March 8–10. Online from Latvia.
2. I. Ločmele, L. Legzdiņa, Z. Gaile, A. Kronberga (2019). “Assessment of spring barley populations in comparison to homogenous varieties”. *The 25th International Scientific Conference 'Research for Rural Development 2019'*, May 13–15, 2019. Jelgava, Latvia.
3. I. Ločmele, L. Legzdiņa, Z. Gaile, A. Kronberga (2017). “Estimation of yield and yield stability of spring barley genotype mixtures”. *The 23rd International Scientific Conference 'Research for Rural Development 2017'*, May 17–19, 2019. Jelgava, Latvia.
4. I. Ločmele, L. Legzdiņa, Z. Gaile, A. Kronberga (2016). “Cereal variety mixtures and populations for sustainable agriculture: a review”. *The 22nd International Scientific Conference 'Research for Rural Development 2016'*, May 18–20, 2019. Jelgava, Latvia.
5. Legzdiņa L., Ločmele I., Mežaka I. (2017). “Composite cross populations for organic crop management: an option for increasing diversity”. *International conference “Plant breeding: science for agricultural development”*, Jun 19–20, 2017. Kedainiai distr., Lithuania.

Stenda ziņojumi zinātniskajās konferencēs un semināros /
Poster presentations in scientific conferences and seminars

1. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2019). “Pirmās Latvijā izveidotās kombinēto krustojumu populācijas izvērtējums”. *Ražas svētki “Vecauce – 2019”* (2019. gada 7. novembrī), Vecauce, Jelgava.
2. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2018). Yield stability of spring barley mixtures and populations”. *Simposium “Breeding for diversification”* (2018. gada 19.–22. februāris), Witzzenhausena, Vācija.
3. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2018). “Ģenētiskās daudzveidības izmantošana stabilas ražas ieguvei bioloģiskajā lauksaimniecībā”. *IV Pasaules Latviešu zinātnieku kongress* (2018. gada 18.–20. jūnijs), Rīga.

4. Legzdiņa L., Ruņģis D., Mežaka I., Ločmele I., Bleidere M., Strazdiņa V. (2018). Genetically diverse populations of self-pollinating cereals for organic farming: agronomic performance, effect of environment, and improvement technique. *Congress DIVERSIFOOD "Cultivating Diversity and Food Quality"* (2018. gada 10.–12. decembris), Rennes, Francija.
5. Ločmele I., Legzdiņa L., Gaile Z., Kronberga A. (2017). Kronberga "Vasaras miežu populāciju un viendabīgu šķirņu ražas salīdzinājums". *Līdzsvarota lauksaimniecība*. Zinātniski praktiskā konference (2017. gada 23. februārī), Jelgava, LLU.
6. Ločmele I., Piliksere D., Venta N., Legzdiņa L. (2016). "Vasaras miežu maisījumu audzēšanas priekšrocību izpēte". *Līdzsvarota lauksaimniecība*. Zinātniski praktiskā konference (2016. gada 25.–26. februārī), Jelgava, LLU.