

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Agriculture

Lauksaimniecības fakultāte
Faculty of Agriculture



Mg. agr. Oskars Balodis

**AGROEKOĻIŠKO FAKTORU IETEKME UZ ZIEMAS RAPŠA
(*BRASSICA NAPUS L.*) AUGŠANU UN ATTĪSTĪBU**
**WINTER OILSEED RAPE (*BRASSICA NAPUS L.*) GROWTH AND
DEVELOPMENT DEPENDING ON AGROECOLOGICAL FACTORS**

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY
of the Doctoral thesis for the scientific degree *Dr. agr.*

paraksts/ *signature*

Jelgava
2017

Darba zinātniskā vadītāja / *Scientific supervisor*

prof., Dr. agr. Zinta Gaile

Darba recenzenti / *Reviewers*

Dr. agr. S. Zute
Dr. agr. L. Zariņa
Dr. agr. D. Lapiņš

Promocijas darba aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2017. gada 8. decembrī plkst. 10.00, LLU 123. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgavā

The defence of thesis in open session of the Promotion Board of Agriculture will be held on December 8., 2017, at 10:00 AM in the room 123, Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava, Latvia.

Ar promocijas darbu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielā ielā 2.

The thesis is available at the Fundamental Library of Latvia University of Agriculture, Liela street 2, Jelgava, Latvia.

Atsauksmes sūtīt Lauksaimniecības zinātņu nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr. agr. Maijai Ausmanei, Lielā iela 2, Jelgava, LV – 3011.

References are welcome to send to Dr. agr. Maija Ausmane the Secretary of Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Liela street 2, Jelgava, LV – 3011.

ISBN 978-9984-48-274-3

DOI: 10.22616/LLUthesis/2017.016

SATURS / CONTENT

IEVADS	4
PĒTĪJUMU APSTĀKĻI UN METODEDES	6
REZULTĀTI	9
Rapša augšana un attīstība rudens periodā.....	9
Rapša ķīmiskais sastāvs rudens periodā	13
Rapša augu biežības veģetācijas periodā	16
Rapša ražas struktūrelementi - augu individuālās produktivitātes rādītāji	20
Sējas termiņa, izsējas normas un augu augšanas regulatora lietošanas ietekme uz sēklu ražu.....	22
SECINĀJUMI	25
PĒTĪJUMU APROBĀCIJA	48
<i>INTRODUCTION</i>	<i>28</i>
<i>CONDITIONS AND METHODS OF RESEARCH</i>	<i>30</i>
<i>RESULTS.....</i>	<i>34</i>
<i>Growth and development of oilseed rape in autumn period</i>	<i>34</i>
<i>Chemical composition of oilseed rape in autumn period.....</i>	<i>37</i>
<i>Plant density of oilseed rape during the vegetative growth.....</i>	<i>39</i>
<i>Oilseed rape yield components</i>	<i>42</i>
<i>Effects of sowing date, sowing rate and use of plant growth regulator on the seed yield.....</i>	<i>44</i>
<i>CONCLUSIONS</i>	<i>45</i>
<i>APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK.....</i>	<i>48</i>

IEVADS

Ziemas rapsis (*Brassica napus* L.) ir salīdzinoši jauns kultūraugs Latvijas lauksaimniecībā. Lauksaimniecības pakalpojumu kooperatīvu attīstība 2000. gadu sākumā ir veicinājusi ekonomiski pamatotu ziemas rapša audzēšanu Latvijā. Rapša audzēšana veiksmīgi attīstījusies, pateicoties norisēm biodegvielas industrijā, kas ir sekmējušas stabilo pieprasījumu tirgū pēc rapša sēklām. Latvijā kopumā ~ 85% no rapša kopražas tiek iegūts no ziemas rapša. Tā kā rapsis ir nozīmīgs kultūraugs augu maiņā, tad var prognozēt, ka ziemas rapša platības pieaugs, jo ar Eiropas Komisijas lēmumu no 2013. gada 1. decembra rapša sēklas aizliegts kodināt ar neonicotinoīdu grupas saturošām kodnēm, līdz ar to vasaras rapša sējumu platības ir krasi samazinājušās.

Ģeogrāfiski Latvija atrodas ziemas rapša audzēšanai labvēlīgā zonā, tomēr pastāv vairāki riski, kas ietekmē šī kultūrauga audzēšanu. Galvenie riski veiksmīgai ziemas rapša audzēšanai ir saistīti ar ziemošanu. Latvijā ļoti trūkst plašāku pētījumu par dažādiem agrotehniskiem elementiem un to ietekmi uz ziemas rapša augšanu un attīstību, īpaši rudenī. Kā galvenie ziemas rapša audzēšanas agrotehniskie elementi jāmin šķirne, sējas laiks, izsējas norma, un aizvien nozīmīgāka kļūst augu augšanas regulatoru lietošana. Augstu ražu iegūšanai Latvijas apstākļos ir ļoti svarīgi izprast elementus, kas veido ražu un faktoros, kas šo elementu vērtības ietekmē. Kā galvenie ekoloģiskie faktori, kas ietekmē ziemas rapša augšanu un attīstību, īpaši rudens periodā, ir augsnes mitruma apstākļi un gaisa temperatūra. Mitruma nodrošinājums un gaisa temperatūra turpmāk darbā tiks pētīti dziļāk.

Pētījumu par rapša augšanu un attīstību, īpaši par ziemošanu, trūkst tieši Latvijas klimatiskajos apstākļos. Pēdējā desmitgadē ziemas ir bijušas samērā skarbas pret rapsi, tam novērotas pārziemošanas problēmas. Latvijas platuma grādos svarīgs ir rapša augšanas periods rudenī, jo ziemošanas apstākļi ir samērā bargi un Latvija ģeogrāfiski atrodas uz robežas starp veiksmīgu ziemas rapša audzēšanas klimatisko reģionu un riskantu šī kultūrauga audzēšanas reģionu, ko arī var novērot Latvijas teritorijas robežās. Labi attīstītam saknes kakla diametram, zemam augšanas punkta augstumam virs augsnes virsmas un pietiekamam lapu skaitam ir vislielākā ietekme uz labu rapša ziemošanu. Ziemas rapša ziemcietību ietekmē nelabvēlīgo apstākļu kopums ziemas laikā – izsalšana, izslīkšana, izsušana, ledus garozas veidošanās un izcilāšana. Rapša spēju izturēt nelabvēlīgos apstākļus ziemas laikā nosaka noteikti auga biometriskie un ķīmiskie rādītāji pirms ziemas. Sējas laika un izsējas normas ietekme uz ziemas rapša ziemošanu ir svarīga, jo tie visvairāk ietekmē rezultātu – sēklu ražu. Ar augu augšanas regulatoru lietošanu daļēji var labot neprecīzi izvēlēta sējas laika un izsējas normas kļūdas. Cukura saturs augā rudens periodā, ziemā un pēc ziemošanas ir svarīgs ne tikai ziemas rapsim, bet arī ziemas kviešiem. Latvijā līdz šim nav pētījumu par rapša ķīmisko sastāvu un tā

sakarību ar ziemcietību. Ražas veidošanos, un īpaši ražas struktūrelementus, būtiski ietekmē audzēšanas tehnoloģiju, šķirņu un meteoroloģisko apstākļu mainība.

Prognozes liecina, ka, palielinoties ražošanas efektivitātei, novērosim gan rapša ražības, gan arī kopējā saražotā rapša apjoma pieaugumu, bet bez minēto ziemas rapša audzēšanas būtiskāko agrotehnisko elementu padziļinātas izpratnes šo mērķi sasniegt būs daudz grūtāk.

Darba hipotēze: ziemas rapša ražas veidošanos ietekmē kā šķirnes izvēle, tā arī vairāki sējas gada rudenī lietotie agrotehniskie elementi.

Darba mērķis: pētīt agrotehnisko elementu lietošanas ietekmi uz ziemas rapša augšanu un attīstību divām atšķirīgām ziemas rapša šķirnēm.

Darba uzdevumi

- 1) Noskaidrot sējas termiņu, izsējas normas un augu augšanas regulatora lietošanas nozīmi uz ziemas rapša augšanu un attīstību sējas gada rudenī.
- 2) Izvērtēt ziemošanas rezultātus pēc divām metodēm, kā arī to ietekmējošos faktoros.
- 3) Skaidrot pētāmo faktoru ietekmi uz turpmāko ziemas rapša augšanu un attīstību, ražas un tās struktūrelementu veidošanos.
- 4) Izvērtējot ziemas rapša augšanu un attīstību atkarībā no pētāmajiem faktoriem, noteikt piemērotāko sējas laiku un izsējas normu.

Darba zinātniskā novitāte

- 1) Vērtēti ziemas rapša biometriskie rādītāji sējas gada rudenī un izvērtēti faktori, kas tos ietekmē.
- 2) Pirmo reizi noteikts un vērtēts cukuru saturs ziemas rapša stumbrā un saknē gan pirms, gan pēc ziemošanas.
- 3) Līnijšķirnei un hibrīdajai šķirnei noteikts piemērotākais sējas laiks un izsējas norma augstu sēklas ražu ieguvei.

Aizstāvamās tēzes

- 1) Vēlamais sējas laiks līnijšķirnēm un hibrīdajām šķirnēm var būt atšķirīgs, kas saistīts ar ekoloģisko faktoru nodrošinājumu, bet sēja jāpabeidz augustā.
- 2) Nav nepieciešams lietot izsējas normu vairāk ne kā 60 – 80 dīgtspējīgu sēklu uz 1 m², jo rapša augu iztrūkumu kompensē individuālu augu produktivitāte.
- 3) Augu augšanas regulatora lietošanai rudenī ir daudzveidīga ietekme uz rapša augšanu un attīstību.

Pētījuma rezultāti atspoguļoti 8 zinātniskās publikācijās angļu un latviešu valodā, tai skaitā žurnālos un starptautisko konferenču un kongresu recenzētās starptautiskās publikācijās. Par zinātniskā darba rezultātiem sniegti 4 mutiski referāti un 3 stenda ziņojumi starptautiskajās konferencēs, kongresos un zinātniskos semināros.

PĒTĪJUMU APSTĀKĻI UN METODES

Lauka izmēģinājumu iekārtošanas metodika. Lauka izmēģinājumi no 2007./2008. līdz 2010./2011. gadam tika iekārtoti SIA Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) mācību un pētījumu saimniecībā Vecauce. Katrā izmēģinājuma ierīkošanas gadā iekārtots 3 faktoru izmēģinājums ar divām dažādām kompānijas “Monsanto”, “Dekalb” selekcijas ziemas rapša šķirnēm ‘Californium’ (līnijšķirne) un ‘Excalibur’ F1.

Faktors A – pieci sējas termiņi (A1 – 1. augusts; A2 – 10. augusts; A3 – 20. augusts; A4 – 1. septembris; A5 – 10. septembris). Faktors B – izsējas normas (B1 – 120, B2 – 100, B3 – 80, B4 – 60 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² šķirnei ‘Californium’; B1 – 80, B2 – 60, B3 – 40, B4 – 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² hibrīdam ‘Excalibur’). Faktors C – fungicīda un augu augšanas regulatora (AAR) lietošana, ar divām gradācijas klasēm (C1 – kontrole bez AAR lietošanas, C2 – AAR lietošana).

Izmēģinājumā tika lietots ražotāja BASF SE AAR Juventus 90 š.k. (metkonazols, 90 g L⁻¹) 0.5 L ha⁻¹ sējas gada rudenī ziemas rapša 4 – 6 lapu fāzē (13. – 23. AE). AAR lietoja 1., 10. un 20. augustā sētam rapsim, bet 1. septembrī (A4) un 10. septembrī (A5) sētam rapsim AAR nelietoja, jo tas attiecīgos AE sasniedza vēlu oktobrī vai nesasniedza nemaz.

Izmēģinājums iekārtots smilšmāla virsēji velēnglejtā augsnē (Latvijas augšņu klasifikācija, 2009), kas pēc World Reference Base for Soil Resources(2014) bija 2007./2008. un 2008./2009. gadā Endocalcaric Cambic Stagnic Phaeozem, 2009./2010. gadā Endocalcaric Stagnic Cambisol un 2010./2011. gadā Calcaric Luvic Endostagnic Phaeozem (Anthric). Agroķīmiskie rādītāji: organiskā viela vidēji 18 – 38 g kg⁻¹ augsnes (pēc Tjurina metodes), augsnes apmaiņas reakcija pH KCl 6.6 – 7.4, augiem izmantojamais P₂O₅ – 210 – 444 mg kg⁻¹ un K₂O – 111 – 234 mg kg⁻¹ augsnes (pēc Egnera – Rīma metodes).

Priekšausgs visos izmēģinājuma gados bija graudaugu mistsr zaļmasai. Sēja tika veikta tūlīt pēc augsnes safrēzēšanas, lietojot sējmašīnu „HEGE – 80” ar platumu 1 m. Lietots pamatmēslojums: N – 28 kg ha⁻¹, P₂O₅ – 68 kg ha⁻¹ un K₂O – 124 kg ha⁻¹ (2007. gadā); N – 18 kg ha⁻¹, P₂O₅ – 78 kg ha⁻¹ un K₂O – 120 kg ha⁻¹ (2008., 2009. un 2010. gadā). Visos izmēģinājuma gados pirmajā papildmēslošanas reizē slāpekļis tika dots, veģetācijai atjaunojoties N – 70 kg ha⁻¹, izmantojot amonija nitrātu (NH₄NO₃) ar 34% N saturu. Otrā papildmēslošanas reizē rapša rozetes attīstības fāzē (AE 31 – 33) tika dots slāpekļis N – 70 kg ha⁻¹, izmantojot amonija sulfātu ((NH₄)₂SO₄) ar 21% N saturu, tādējādi rapsi papildus nodrošinot ar sēru S – 80 kg ha⁻¹. Kopējā slāpekļa norma 158 – 168 kg N ha⁻¹.

Visos izmēģinājuma gados tika lietots herbicīds Butizāns Stārs š.k. (metazahlor, 333 g L⁻¹, kvinmeraks, 83 g L⁻¹) 2.5 L ha⁻¹ tūlīt pēc sējas

(AE 00. – 09.). Izņēmums bija 2007. un 2008. gada rudenī, kad 1. septembrī un 10. septembrī sētam rapsim herbicīds netika lietots, bet nezāļu ierobežošana tika veikta pavasarī veģetācijas perioda sākumā, kad gaisa temperatūra bija virs 10 °C, lietojot herbicīdu Lontrels 300 š.k. (klopiralīds, 300 g L⁻¹) – 0.5 L ha⁻¹. Baltās puves (ier. *Sclerotinia sclerotiorum*) ierobežošanai visos izmēģinājuma gados tika lietots fungicīds Kantus d.g. (boskalīds, 500 g kg⁻¹) rapša pilnziedā (AE 65.). Krustziežu spīduli (*Melighetes aeneus*) ierobežoja pēc vajadzības. Rapša raža novākta ar kombainu “HEGE – 140”, nokuļot katra lauciņa ražu atsevišķi. Raža pārrēķināta t ha⁻¹ pie 100% tīrības un 8% mitruma.

Novērojumi un veiktās analīzes. Izmēģinājumos tika noteikti rapša biometriskie rādītāji rudenī gan ar fungicīdu apstrādātajā, gan neapstrādātajos variantos (faktors C un C1), veģetācija perioda beigās rudenī, veikti fenoloģiskie novērojumi, noteikta laukdīdzība. Sējas gada rudenī veģetācijas perioda beigās noteica cukuru saturu ziemas rapša saknēs un stumbrā paraugiem, ko paņēma no visos piecos sējas termiņos sētajiem laucīņiem, veidojot vidējo paraugu no katra sējas termiņa. Cukura saturu paraugos noteica Latvijas Lauksaimniecības universitātes Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā, izmantojot Lufa – Šorla metodi (LVS 252:2000). Metode balstās uz reducējošo cukuru noteikšanu, izsakot tos kā invertcukuru vai glikozes ekvivalentu. Pavasarī, veģetācijai atsākoties, noteica veģetācijas perioda atjaunošanos, vērtēja ziemcietību (vērtēja sējuma stāvokli rudenī pirms veģetācijas beigām un pavasarī, kad augu veģetācija atjaunojusies vizuāli pēc 9 ballu skalas; augu skaits pavasarī pret augu skaitu rudenī (%)), fenoloģisko fāžu iestāšanos (61. AE, 65. AE, 69. AE, 89. AE), novākšanas laiku, augu biežību ražas novākšanas laikā. Pēc nokulšanas sēklu raža nosvērta, vienlaicīgi noņemot vidējo paraugu sēklu mitruma un tīrības noteikšanai. Mitrums noteikts ar ekspresmetodi, izmantojot mitruma noteicēju „WILE 55 digital”. Raža pārrēķināta pie 8% mitruma un 100% tīrības. Rapša ražas struktūrelementus noteica 87. – 89. rapša attīstības etapā (pēc BBCH skalas), izmantojot paraugkūli, ko noņēma no 0.5 m²: augu biežība 1 m², pāksteņu skaits vienam augam, ko izrēķināja no paraugkūļa kopējā pāksteņu skaita, tos saskaitot, un izdalot ar augu skaitu paraugkūlī; viena auga produktivitāte izrēķināta no paraugkūļa kopējās sēklu masas, kas dalīta ar augu skaitu paraugkūlī. Sēklu skaitu augam izrēķināja pēc (1) formulas (Malinauskas, 2005):

$$S = 1000 \times \left(\frac{P}{M} \right), \quad (1)$$

kur:

S – sēklu skaits augam;

P – auga produktivitāte, g;

M – 1000 sēklu masa, g.

Sēklu skaitu pākstenī aprēķināja pēc (2) formulas:

$$a = \left(\frac{S}{A} \right), \quad (2)$$

kur:

a – sēklu skaits pākstenī;

S – sēklu skaits augam;

A – pāksteņu skaits augam.

Pielietoto kvalitātes analīžu metodes. Rapša TSM noteica atbilstoši standartam LVS EN ISO 520:2011 „Graudaugi un pākšaugi. 1000 graudu masas noteikšana”.

Datu apstrāde. Rapša biometriskie, augu biežības, ražas struktūrelementu un ražas rādītāji tika apstrādāti “MS Excel” vidē, izmantojot divfaktoru un trīsfaktoru dispersijas analīzi ar datu rīku ANOVA, pārbaudot būtiskuma līmeni ($p < 0.05$). Rapša ķīmisko rādītāju datu apstrāde tika veikta, lietojot datorprogrammas SPSS programmu paketi SPSS 22.0 vidē ar datu apstrādes metodi *Descriptives statistics – Univariate*. Rādītāju sakarību analīzes veikšanai tika izmantota regresijas analīze un Pīrsona korelācija ($p < 0.05$). Ziemciētības (balles) un augu biežības sakarību aprēķināšanai tika izmantota Spīrmena rangu korelācija, kas aprēķināta, izmantojot datorprogrammas SPSS programmu paketi SPSS 22.0 ar datu apstrādes metodi *Correlate – Bivariate Correlations*. Pētīto faktoru ietekmi uz vidējiem četru gadu ražas rādītājiem vērtēta izmantojot, programmu paketi SPSS 22.0 metodi *Univariate Analysis of Variance*.

Veģētācijas perioda meteoroloģisko apstākļu raksturojums. No visiem izmēģinājuma gadiem sausākais augusta vidus bija 2007. gadā. Visos izmēģinājuma gados augusta beigās (trešā dekāde) bija pietiekoši mitrs, kas veicināja rapša attīstību. Mitruma apstākļi septembra sākumā rapša dīgšanai bija pietiekami visos izmēģinājuma gados, kaut arī nokrišņu daudzums šajā periodā bija atšķirīgs. Vissausākais oktobris bija 2010. gadā, kad mēneša nokrišņu summa bija mazākā nekā ilggadīgie rādītāji (norma), pārējos gados nokrišņu summa bija virs normas. Vissiltākais oktobris bija 2007. un 2008. gadā, kas ļoti labvēlīgi ietekmēja rapša attīstību, it īpaši pēdējos sējumos.

Vissiltākā no ziemām izmēģinājuma gados bija 2007./2008. gada ziema. Kā ziemas rapša ziemošanai nepiemērotākā bija 2010./2011. gada ziema. Izmēģinājuma gados aprīļa sākums vissiltākais novērots 2008 un 2009. gadā. Kopumā aprīli ziemas rapsim augšanai nepieciešamais mitrums bija pietiekams. Apstākļi turpmākos vasaras mēnešos būtiski neietekmēja ziemas rapša augšanu un attīstību.

Lai novērtētu mitruma apstākļus, tika aprēķināts hidrotermiskais koeficients (HTK) (Čirkovs, 1978). Hidrotermisko koeficientu (HTK) aprēķināja pēc (3) formulas:

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

kur:

$\sum N$ – nokrišņu summa attiecīgajā periodā (10 dienas), mm;

$\sum t_{>10}$ – temperatūru summa virs 10 °C tajā pašā periodā.

Lai vērtētu temperatūras ietekmi uz rapša augšanu un attīstību rudenī, izrēķinātas augšanas grādu dienas (GDD). GDD rēķināja pēc (4) formulas:

$$GDD = \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_{\text{bāze}}, \quad (4)$$

kur:

T_{\max} – diennakts maksimālā temperatūra;

T_{\min} – diennakts minimālā temperatūra;

$T_{\text{bāzes}}$ – bāzes temperatūra (5 °C).

REZULTĀTI

Rapša augšana un attīstība rudens periodā

Ziemas rapša dīgšanas ilgums dienās bija atkarīgs no pētījuma gada meteoroloģiskajiem apstākļiem un sējas laika. No visiem izmēģinājuma gadiem visvienmērīgāk rapsis sadīga 2007. gadā, pilnu dīgstu fāzi (AE 09) sasniedzot 8 – 10 dienu laikā. Ilgākais sēklu dīgšanas laiks atzīmēts 1. augustā sētajos lauciņos 2008. un 2009. gadā, 10. septembrī sētais rapsis arī trijos no četriem izmēģinājuma gadiem pilnu dīgstu fāzi sasniedza tikai pēc 15 – 17 dienām. Visos izmēģinājuma gados starp pētāmajām šķirnēm netika novērotas atšķirības dīgšanas ilgumā. Augustā sētā rapša dīgšanu ietekmēja nokrišņu daudzums pirms sējas vai arī īsi pēc sējas, jo gaisa temperatūra bija augsta, kā rezultātā augsnes virskārta ātri izžūst. Augustā sētais rapsis visilgāk dīga, kad bija nepietiekams mitrums vai pat ļoti sauss laiks ($HTK < 1.0$). 2008. un 2009. gadā 1. augustā sētais rapsis dīga ļoti ilgi, jo bija sausums gan pirms sējas, gan arī pēc tās. Kaut arī septembrī gaisa temperatūra vairs nebija tik augsta kā augusta sākumā, tomēr 2008. un 2009. gadā septembra sākumā novēroti sausi laikapstākļi ($HTK < 1.0$), līdz ar to dīgšanas laiks rapsim bija garš (14 – 15 dienas). Izņēmums bija 2010. gadā 10. septembrī sētais rapsis, kas dīga visilgāk, kaut arī netika novērots sausums vai izteikti zema gaisa temperatūra. Četru gadu izmēģinājuma rezultāti rāda, ka vislielāko GDD

daudzumu uzkrāja rapsis, kas sēts 2007. gada 1. augustā (567), vismazāko – rapsis, kas sēts 2010. gada 10. septembrī (38) (1. tab.).

1.tabula/ Table 1

Augšanas grādu dienas (GDD) no 10. AE iestāšanās līdz veģetācijas perioda beigām sējas gada rudenī, MPS Vecauce 2007. – 2010. g./

Growing degree days (GDD) from emergence (GS 10) to the end of vegetation period in the sowing year, RSF Vecauce, 2007 – 2010

Gads Year	Sējas termiņi/ sowing dates				
	1. augusts/ 1 August (A1)	10. augusts/ 10 August (A2)	20. augusts/ 20 August (A3)	1. septembris/ 1 September (A4)	10. septembris/ 10 September (A5)
2007	567	431	289	216	164
2008	440	386	276	192	135
2009	428	377	277	187	60
2010	478	332	204	134	38

Biometriskie rādītāji rudens veģetācijas perioda beigās. Auga biometrisko rādītājus ietekmēja gan sējas laiks, gan izsējas norma, gan augšanas regulatoru lietošana un arī šķirne. **Rapša sējas termiņam bija būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz visiem biometriskajiem rādītājiem.**

Auga masa. Vidējā auga masa visos izmēģinājuma gados bija robežās no 90.4 g šķirnei ‘Excalibur’ sētai 2008. gada 1. augustā līdz 0.6 – 0.5 g šķirnei ‘Californium’ 2009. un 2010. gadā sētai 10. septembrī (2. tab.). Vislielākā vidējā augu masa tika iegūta, sējot rapsi 1. augustā.

Sējas termiņa ietekmi uz augu masu skaidroja sakarības starp GDD, ko rapsis uzkrājis līdz veģetācijas perioda beigām, un augu masu. Izteiktāka šī sakarība vērojama šķirnei ‘Excalibur’, kur sakarību raksturo determinācijas koeficients $R^2=0.88$, šķirnei ‘Californium’ – determinācijas koeficients $R^2=0.79$.

Izsējas normai būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz augu masu tika novērota 2009. un 2010. gadā šķirnei ‘Californium’ un 2007., 2009. un 2010. gadā šķirnei ‘Excalibur’. Visos izmēģinājuma gados novērots, ka, samazinoties augu biežībai, auga masa pieauga, tomēr šķirnei ‘Californium’ vislielākā (vidēji no visiem sējas termiņiem) auga masa bija rapsim ar izsējas normu 100 sēklas uz 1 m².

Augu augšanas regulatora (AAR) lietošana būtiski ($p < 0.05$) samazināja augu masu tikai 2007. gadā šķirnei ‘Excalibur’, kur vidēji bez AAR apstrādes augu masa bija 76.2 g, bet ar AAR apstrādātiem augiem – 59.0 g. Tomēr novērota tendence, ka AAR lietošana visos izmēģinājuma gados samazināja augu masu pirms ziemošanas.

**Auga masa atkarībā no sējas termiņa un šķirnes,
MPS Vecauce 2007. – 2010. g. /
Plant biomass weight depending on sowing date and variety,
RSF Vecauce 2007 – 2010**

Sējas termiņš/ Sowing date	Californium				Excalibur			
	2007.	2008.	2009.	2010.	2007.	2008.	2009.	2010.
1. augusts/ 1 August	39.2	40.8	30.9	20.4	90.4	61.4	56.3	61.8
10. augusts/ 10 August	40.2	42.3	24.1	29.2	82.0	55.8	54.4	55.8
20. augusts/ 20 August	21.0	18.8	23.6	7.6	56.1	25.5	53.4	14.9
1. septembris/ 1 September	7.8	14.3	4.6	2.3	12.7	14.6	11.2	5.3
10. septembris/ 10 September	2.0	3.2	0.6	0.5	3.3	3.2	1.9	0.8
RS/LSD _{0.05}	7.46	7.47	4.20	2.87	16.35	7.56	11.14	9.91

Lapu skaits. Vidējais lapu skaits augam bija robežās no 10.2 lapām šķirnei 'Excalibur', kas sēta 1. augustā 2008. gadā līdz 3.4 lapām šķirnei 'Californium', kas sēta 10. septembrī 2010. gadā. Vidēji visos sējas termiņos hibrīdajai šķirnei 'Excalibur' lapu skaits bija lielāks nekā līnijšķirnei 'Californium'. Uzkrāto GDD summas vai arī sējas termiņa ietekmi uz lapu skaitu raksturo būtiska cieša sakarība starp GDD un lapu skaitu veģetācijas perioda beigās abām šķirnēm visos izmēģinājuma gados ($y = 0.006x + 4.057$; $r = 0.828 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$) šķirnei 'Californium' un ($y = 0.009x + 4.600$; $r = 0.851 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$) šķirnei 'Excalibur' masu.

Izsējas normas būtiska ietekme uz lapu skaitu atzīmēta 2009. un 2010. gadā šķirnei 'Californium' un 2007., 2009. un 2010. gadā šķirnei 'Excalibur'. Vislielākais lapu skaits novērots rapsim, kas augs laucīšos, kur lietotas vismazākās izsējas normas – attiecīgi 60 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² šķirnei 'Californium' un 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² šķirnei 'Excalibur'.

Gandrīz visos izmēģinājuma gados AAR lietošana palielināja lapu skaitu, bet būtiskas ietekmes uz lapu skaitu nebija šķirnei 'Californium' 2009. un 2010. gadā un šķirnei 'Excalibur' 2010. gadā.

Saknes kakla diametrs. Saknes kakla diametru, līdzīgi kā lapu skaitu, sējas termiņš ietekmēja būtiski ($p < 0.05$) visos izmēģinājuma gados. Būtiskas atšķirības starp saknes kakla diametru šķirnei 'Californium' netika novērotas 1. un 10. augustā sētam rapsim 2008. gadā. Šķirnei 'Excalibur', līdzīgi kā šķirnei 'Californium', nebija būtisku atšķirību starp 1. un 10. augustā sētu rapsi 2008., 2009. un 2010. gadā. Hibrīdajai šķirnei 'Excalibur' visos izmēģinājuma gados saknes kakla diametrs bija lielāks nekā līnijšķirnei 'Californium' rapsim.

Arī sējas termiņa ietekmi uz saknes kakla diametru raksturo būtiska cieša sakarība starp GDD un šo rādītāju abām šķirnēm visos izmēģinājuma gados ($y = 0.0105 + 0.5478x$; $r = 0.941 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$) šķirnei 'Californium' un ($y = 0.0201 + 0.7705x$; $r = 0.964 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$) šķirnei 'Excalibur'.

Izsējas norma būtiski ($p < 0.05$) saknes kakla diametru ietekmēja tikai 2009. un 2010. izmēģinājuma gada rudenos abām pētāmajām šķirnēm. Visos izmēģinājuma gados novērota tendence, ka, samazinoties izsējas normai, saknes kakla diametrs palielināja; vislielākais tas bija sējumos, kur lietoja vismazākās izsējas normas.

Būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz saknes kakla diametru AAR lietošanai bija tikai šķirnei 'Excalibur' 2007. un 2010. gadā. Analizējot AAR ietekmi pa sējas termiņiem kopumā, netika novērota tendence, ka tie būtiski samazinātu vai palielinātu saknes kakla diametru.

Augšanas punkta augstums virs zemes. Augšanas punkta augstums bija atšķirīgs pa gadiem, un vislielākās šī parametra vērtības novērotas 2007. un 2010. gada rudenī (3. tab.).

3. tabula/ Table 3

Sējas termiņa ietekme uz rapša augšanas punkta augstumu virs zemes atkarībā no sējas termiņa un šķirnes ar AAR neapstrādātos variantos, MPS Vecauce 2007. – 2010. g./

Sowing date effect on height of oilseed rape growth point from the soil surface depending on sowing date in plots with no PGR treatment, RSF Vecauce 2007 – 2010*

Sējas termiņš/ Sowing date	Californium				Excalibur			
	2007.	2008.	2009.	2010.	2007.	2008.	2009.	2010.
1. augusts/ 1 August	43.0	13.9	19.0	26.4	66.4	20.1	32.7	45.8
10. augusts/ 10 August	21.6	12.4	15.6	12.3	35.5	14.3	26.7	20.5
20. augusts/ 20 August	12.2	9.2	11.8	6.0	19.5	11.2	20.6	9.4
1. septembris/ 1 September	5.6	8.8	5.6	4.0	8.4	5.3	9.1	5.2
10. septembris/ 10 September	4.3	4.3	3.2	2.0	5.1	4.6	4.2	2.2
RS/LSD _{0.05}	3.30	0.89	1.26	1.55	3.84	1.30	2.56	2.44

* PGR – plant growth regulator Juventus 90 (metkonazol, 90 g L⁻¹) 0.5 L ha⁻¹

Novērota izteikta sakarība starp GDD un augšanas punkta augstumu vērojama abām šķirnēm: 'Californium' to raksturo determinācijas koeficients $R^2=0.79$, šķirnei 'Excalibur' – determinācijas koeficients $R^2=0.78$ ($p < 0.05$).

Izsējas normai nevienā no izmēģinājuma gadiem abām pētāmajām šķirnēm nebija būtiskas ietekmes uz augšanas punkta augstumu virs zemes.

Augšanas punkta augstumu virs zemes AAR lietošana samazināja visos izmēģinājuma gados, izņemot 2008. gadā šķirnei 'Californium', kur apstrādātiem rapšiem augšanas punkta augstums vidēji bija 12.5 mm, bet neapstrādātiem augiem – 11.8 mm (8. pielikums). Būtiskas ietekmes apstrādei ar AAR nebija tikai 2008. gadā šķirnei 'Excalibur' un 2010. gadā šķirnei 'Californium'.

Saknes masa. Vēlākos sējas termiņos saknes masa samazinājās. Vidēji lielākā saknes masa bija šķirnes 'Excalibur' augiem. Visciešākā sakarība vērojama starp uzkrāto GDD summu veģetācijas perioda beigās un saknes masu šķirnei 'Excalibur', kur sakarību raksturo determinācijas koeficients $R^2=0.91$ un attiecīgi šķirnei 'Californium' šo sakarību raksturo determinācijas koeficients $R^2=0.78$ ($p < 0.05$).

Izsējas normai būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz saknes masu šķirnei 'Californium' bija 2009. un 2010. gada rudenī, šķirnei 'Excalibur' – 2007., 2009. un 2010. gada rudenī. Visos izmēģinājuma gados, kad izsējas normai bija būtiska ietekme uz saknes masu, novēroja, ka, samazinoties izsējas normai, saknes masa palielinājās.

AAR lietošanai nebija būtiskas ($p > 0.05$) ietekmes uz saknes masu nevienā no izmēģinājuma gadiem.

Saknes garums. Novērota tendence, ka, rapši sējot vēlākos sējas termiņos, tā augs saknes garums samazinās.

Izsējas norma nevienā no izmēģinājuma gadiem nevienai pētītajai šķirnei būtiski ($p > 0.05$) neietekmēja saknes garumu. Netika novērota pat tendence, ka, mainoties izsējas normai, mainītos saknes garums.

Būtiski ($p < 0.05$) lielāks saknes garums bija ar AAR apstrādātam rapšim tikai šķirnei 'Excalibur' 2008. un 2009. gadā un ar AAR apstrādātiem augiem saknes garums bija lielāks nekā neapstrādātiem visos sējas termiņos, rēķinot vidēji.

Rapša ķīmiskais sastāvs rudens periodā

Uzkrāto cukuru saturs rudens periodā, ziemas laikā un pēc ziemošanas ziemas rapšim ir svarīgs rādītājs. Rudens periodā, kad gaisa un augsnes temperatūras pazeminās, rapšis uzkrāj noteiktu daudzumu cukuru, kas ziemošanas periodā cukuri tiek patērēti, lai augi izziemotu.

Sējas termiņš (faktors A) būtiski – 95% līmenī ietekmēja visus analizētos rādītājus, kas noteikti rudenī abām pētāmajām šķirnēm. Pavasarī sējas termiņš cukuru saturu neietekmēja tikai šķirnei 'Excalibur'. Sējas termiņa ietekmi uz cukuru saturu skaidro sakarība starp uzkrātajām GDD un cukuru saturu gan stumbrā, gan saknē, kas visos gadījumos bija vidēji cieša

(9. pielikums). GDD sakarību starp cukuru saturu stumbrā šķirnei 'Californium' raksturo determinācijas koeficients $R^2 = 0.48$, šķirnei 'Excalibur' – attiecīgi tikai $R^2 = 0.32$. Sakarība starp uzkrāto GDD summu un cukuru saturu saknē šķirnei 'Excalibur' bija būtiska ($r = 0.482 > r_{0.05} = 0.466$, $n = 15$). Izsējas normai (faktors B) nebija būtiskas ($p > 0.05$) ietekmes uz cukuru saturu stumbrā un saknē. Pētījuma gada apstākļiem bija būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz rudenī un pavasarī analizēto cukuru saturu stumbrā un saknē abām pētāmajām šķirnēm, ko rāda datu statistiskā apstrāde.

Sējas gada rudens periodā būtiski mazāk cukuru rapsis bija uzkrājis vēlā sējumā (10. septembris). Visvairāk cukuru stumbrā uzkrāja rapsis, kas sēts 10. augustā, kaut arī šķirnei 'Excalibur' cukuru saturs, sējot rapsi 1. un 10. augustā, nebija būtiski atšķirīgs. Tieši tāda pati tendence bija novērojama arī cukuru saturam saknē šķirnei 'Californium', bet šķirnei 'Excalibur' visvairāk cukuru uzkrāja augi, kas bija sēti 20. augustā.

Visos sējas termiņos sētam rapsim cukuru saturs rapša stumbrā un saknē ziemas periodā bija pazeminājās. Vidēji visvairāk cukuru ziemošanas laikā tika patērēts no saknēm, salīdzinot ar patēriņu no stumbra. Visvairāk cukuru tika patērēti rapsim ar vislielāko augu masu, t.i., 1. augustā sētam rapsim. Novērojama izteikta tendence, ka vēlākos sējas termiņos sētam rapsim cukuru satura pazeminājums ziemošanas laikā stumbrā bija mazāks (4. tab.).

4. tabula/ Table 4

Cukura satura samazinājums (g kg^{-1} sausas) ziemošanas periodā rapša stumbrā un saknē, MPS Vecauce 2007./2008. – 2009./2010. g./

Decrease of sugar content (g kg^{-1} of dry matter) during wintering in plant stem and root, RSF Vecauce 2007/2008 – 2009/2010

Sējas termiņš / Sowing date	Cukuru satura samazinājums stumbrā / <i>Decrease of sugar content in stem</i>		Cukuru satura samazinājums saknē/ <i>Decrease of sugar content in root</i>	
	Californium	Excalibur	Californium	Excalibur
1. augusts/ 1 August	99.9	97.7	100.5	79.7
10. augusts/ 10 August*	72.1	40.9	94.0	68.3
20. augusts/ 20 August	24.1	34.0	104.3	94.7
1. septembris/ 1 September*	38.7	43.3	62.5	74.2
10. septembris/ 10 September*,**	24.7	20.8	48.6	51.2

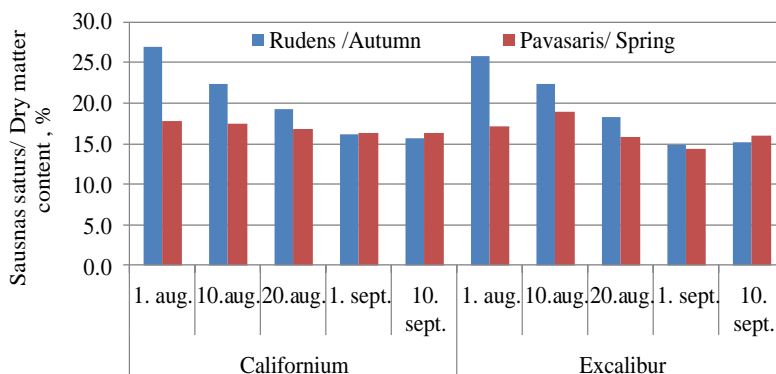
* – 2008. gada pavasarī netika veiktas analīzes / *Analyses were not taken in spring 2008*

** – 2009./2010. gadā neizzimoja / *Did not overwintered in 2009/2010*

Būtiska cieša negatīva korelācija starp ziemcietību (augu skaits rudenī pret augu skaitu pavasarī, %) un cukuru satura samazināšanos stumbrā 2008./2009. gadā novērota abām šķirnēm ($R^2 = 0.93$ ‘Californium’; $R^2 = 0.97$ ‘Excalibur’) un cukuru samazināšanos saknē šķirnei ‘Excalibur’ ($R^2 = 0.87$). Būtiska sakarība starp ziemcietību un cukuru satura samazināšanos stumbrā 2009./2010. gadā novērota tikai šķirnei ‘Excalibur’ ($R^2=0.80$). Rezultāti rāda, ka rapsim, kas labāk ziemojis, ziemošanas laikā cukuri patērēti mazāk.

Cukuru saturu stumbrā un saknē AAR lietošana būtiski ($p = 0.762$ – ‘Californium’; $p = 0.826$ – ‘Excalibur’) neietekmēja. Salīdzinot cukuru saturu stumbrā neapstrādātiem augiem un tiem, kas apstrādāti ar AAR, netika novērota tendence, ka AAR cukuru saturu palielinātu vai samazinātu.

Sējas termiņam nebija būtiskas ($p > 0.05$) ietekmes uz pavasarī noteikto sausnas saturu stumbrā abām pētāmajām šķirnēm. Iegūtie rezultāti rāda, ka vislielākais sausnas saturs rudenī gan rapša stumbrā, gan saknē (1. att.) bija agrākos sējumos augušie augiem, bet, vēlākos termiņos sētajiem, tas samazinājās. Sausnas saturs ziemas laikā samazinājās, izņēmums bija 10. septembrī sēts rapsis (analizēts tikai 2008./2009. gadā, jo 2007./2008. gada pavasarī neanalizēja un 2009./2010. gadā – neizziemoja). Novērota tendence, ka visaugstākais sausnas saturs gan stumbrā, gan saknē bija uzkrāts rapša augiem, kas sēti agrāk (1. att.).



1. att. Vidējais sausnas saturs rapša saknē sējas gada rudenī un nākamajā pavasarī, MPS Vecauce 2007./2008. – 2009./2010. g./

Average dry matter content in oilseed rape root in autumn and following spring, RSF Vecauce 2007/2008 – 2009/2010

Sējas termiņa ietekmi uz sausnas saturu skaidro sakarība starp uzkrāto GDD summu un sausnas saturu stumbrā, kas visos gadījumos bija vidēji cieša.

GDD summas sakarību ar saunas saturu stumbrā šķirnei 'Californium' raksturo determinācijas koeficients $R^2 = 0.53$ ($p < 0.05$), šķirnei 'Excalibur' – attiecīgi $R^2 = 0.60$ ($p < 0.05$). Starp GDD summu un saunas saturu saknē novērota cieša sakarība, ko raksturo determinācijas koeficients $R^2 = 0.94$ šķirnei 'Californium' un $R^2 = 0.88$ ($p < 0.05$) – attiecīgi šķirnei 'Excalibur'. Vērtējot saunas satura stumbrā un saknē sakarību ar ziemcietību, nevienai šķirnei tā nebija būtiska 95% līmenī 2007./2008. un 2009./2010. gadā. Taču 2008./2009. gadā abām šķirnēm starp saunas saturu saknē rudenī un ziemcietību novērota cieša negatīva sakarība ($r = -0.932 / > r_{0.05} = 0.755$, $n = 5$ 'Californium'; $r = -0.992 / > r_{0.05} = 0.755$, $n = 5$ 'Excalibur'). Tas nozīmē, ka rapša cukuru un saunas satura rādītāju ietekme uz ziemošanu ir jāvērtē kopā ar rapša biometriskajiem rādītājiem.

Ziemas rapša apstrāde rudenī ar AAR (faktors C) būtiski neietekmēja saunas saturu rapša stumbrā un saknē. Netika arī novērota tendence, ka rapša apstrāde ar AAR paaugstinātu vai pazeminātu saunas saturu rapša stumbrā un saknē.

Rapša augu biežības veģētācijas periodā

Ziemas rapša laukdīdība un attīstība sējas gada rudenī. Kopumā vidēji no visiem izmēģinājuma gadiem visaugstākā laukdīdība novērota 10. augustā (95%) un viszemākā 10. septembrī sētajam rapsim (66%). Daudz labāka laukdīdība novērota rapsim, kas sēts 10. augustā, ja salīdzina ar 1. augustā sēto rapsi. Latvijā jūlija pēdējās dienas bieži bija ar augstu gaisa temperatūru un samērā sausiem laikapstākļiem. Pētījuma rezultāti liecina, ka laukdīdības rezultāti bija atkarīgi galvenokārt no augsnes mitruma augustā un gaisa temperatūras septembrī. Ziemas rapsis katrā izmēģinājuma gadā attīstījās nedaudz atšķirīgi, ko svarīgi izvērtēt, turpmāk analizējot rapša ziemošanas rezultātus. Veģētācijas beigās rapsis izmēģinājumos atkarībā no sējas termiņa bija atšķirīgās augu attīstības fāzēs.

Ziemas rapša ziemcietība atkarībā no sējas termiņa, izsējas normas un AAR lietošanas. Ziemcietība tika vērtēta pēc diviem rādītājiem: – augu skaits pavasarī pret augu skaitu rudenī (%) un sējumu stāvoklis rudenī un pavasarī (9 ballu skalā). Ziemas rapša ziemcietību (izdzīvojušo augu skaits, %) visos izmēģinājuma gados ietekmēja visi pētāmie faktori. Būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz rapša ziemcietību visos izmēģinājuma gados abām šķirnēm bija sējas termiņam (faktora A), izņēmums bija šķirne 'Excalibur' 2007./2008. gadā ($p = 0.061$).

Kopumā labāki ziemcietības rādītāji bija hibrīdajai šķirnei 'Excalibur', iespējams, pateicoties labākiem biometriskajiem rādītājiem, salīdzinot ar šķirni 'Californium'. Šķirnes 'Excalibur' pārākumu ziemošanā rādīja arī pēdējo sējas termiņu ziemošanas rezultāti pēc 2009./2010. un 2010./2011. gada ziemas, kad

šķirnei 'Californium' 10. septembrī veiktajos sējumos ziemcietība bija no 1 – 2%. (5. tab.). Kopumā izmēģinājumā 20. augustā sētais rapsis ziemoja vislabāk – vidēji 70% ziemcietība šķirnei 'Californium' un 86% šķirnei 'Excalibur' (5. tab.). Vidēji no visiem izmēģinājuma gadiem ziemcietība 10. septembrī sētajiem sējumiem bija zem 50%, kaut arī šķirne 'Excalibur' vēlu sēta ziemoja labāk nekā šķirne 'Californium' (attiecīgi vidēji 47% un 34%).

5.tabula /Table 5

Ziemas rapša ziemcietība (pārzimojuši augi % no augu skaita rudenī) atkarībā no sējas termiņa abām pētāmajām šķirnēm, MPS "Vecauce", % /

Winter oilseed rape wintering (overwintered plants in % from plant density in autumn) depending on sowing date for two varieties, RSF Vecauce, %

Californium					
Sējas termiņš / Sowing date (A)	Izmēģinājuma gads / Trial year				
	2007./2008.	2008./2009.	2009./2010.	2010./2011.	Vidēji
1. aug.	82	43	18	77	55
10. aug.	63	64	57	78	66
20. aug.	82	75	37	87	70
1. sept.	82	92	20	56	62
10. sept.	62	71	2	1	34
RS /LSD _{0.05A}	10.2	9.8	17.5	14.2	×
Excalibur					
Sējas termiņš / Sowing date (A)	Izmēģinājuma gads / Trial year				
	2007./2008.	2008./2009.	2009./2010.	2010./2011.	Vidēji
1. aug.	95	52	22	71	60
10. aug.	84	64	52	84	71
20. aug.	87	85	59	93	81
1. sept.	84	93	42	73	73
10. sept.	85	88	9	4	47
RS /LSD _{0.05A}	8.4	13.6	18.8	12.4	×

Četrus gadus (2007./2008. – 2010./2011.) pētījuma rezultāti rāda, ka AAR lietošana rudenī būtiski ($p > 0.05$) neuzlaboja rapša ziemcietību. Vidēji visos izmēģinājuma gados no visām izsējas normām AAR lietošana uzlaboja ziemas rapša ziemcietību tikai šķirnei 'Californium' 1. augustā sētajiem sējumiem. Ziemas laikā bojā gājušo augu skaita rādītāji bija mazāki rapsim, kas apstrādāts ar AAR un sējumos ar lielāku augu biežību augu biežību; izņēmums bija šķirnei 'Californium' ar izsējas normu 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m². Novērota tendence, ka AAR lietošanas rezultātā šķirnei 'Excalibur' bojā gājušo augu skaits bija lielāks lauciņos ar mazākām izsējas normām – 60, 40 vai 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m².

Ziemcietība, balles. Ziemcietības vērtējums bija atšķirīgs atkarībā no gada. Kopumā augsti ziemcietības rādītāji tika iegūti 2007./2008. un

2008./2009. gadā (zemākais vērtējums – 7 balles). Sējas termiņš būtiski ($p < 0.05$) ietekmēja ziemcietību 2008./2009., 2009./2010. un 2010./2011. gadā. Pēc labvēlīgās ziemas 2007./2008. gadā abām šķirnēm atšķirība ziemcietības ballēs nebija novērota, kaut arī, vērtējot procentos, šķirnei ‘Californium’ ziemcietība bija būtiski ($p < 0.05$) atšķirīga atkarībā no sējas termiņa. Rapša ziemcietība 2007./2008. un 2008./2009. gadā tika novērtēta vērtēti ar 8 un 9 ballēm, ko var uzskatīt par ļoti labu sējumu stāvokli ar normālu biežību un veseliem augiem. Turpretim ziemcietības vērtējums pēc izdzīvojušo augu skaita nebija tik viennozīmīgi labs. Vissliktākie ziemcietības vērtējumi bija pēc 2009./2010. gada ziemas, kad vidēji augstākais ziemcietības vērtējums šķirnei ‘Californium’ bija rapsim, kas sēts 10. augustā – 5.7 balles, kas sakrīt arī ar ziemcietības vērtējumu pēc izdzīvojušo augu skaita (5. tab.). Arī šķirnei ‘Excalibur’ vidēji augstākais ziemcietības vērtējums ballēs – 5.1 balle (5.tab.). Rapsis, kas tika sēts 10. Septembrī, 2009./2010. gadā tika novērtēts vidēji ar ziemcietību 1.0 balles – šķirnei ‘Californium’ un 1.2 balles – šķirnei ‘Excalibur’, kas nozīmē to, ka augi pilnīgi gājuši bojā, kas bija tuvu ziemcietības vērtējumam pēc izdzīvojušo augu skaita, bet sējumā bija palikuši vairāki augi, kuri deva sēklu ražu (5. tab.). Nedaudz augstāki vidējie ziemcietības vērtējumi ballēs tika iegūti 2010./2011. gadā. Tāpat kā 2009./2010. gadā, ziemcietības vērtējumi ballēs bija līdzīgi kā ziemcietības rādītāji pēc izdzīvojušo augu skaita: šķirnei ‘Californium’ augstākais ziemcietības vērtējums ballēs 10. augustā sētam rapsim bija 7.0 balles un šķirnei ‘Excalibur’ 20. augustā sētam rapsim – 6.9 balles. Jāatzīmē gan, ka 2010./2011. gadā 10. septembrī sētais abu pētāmo šķirņu rapsis nepārziemoja.

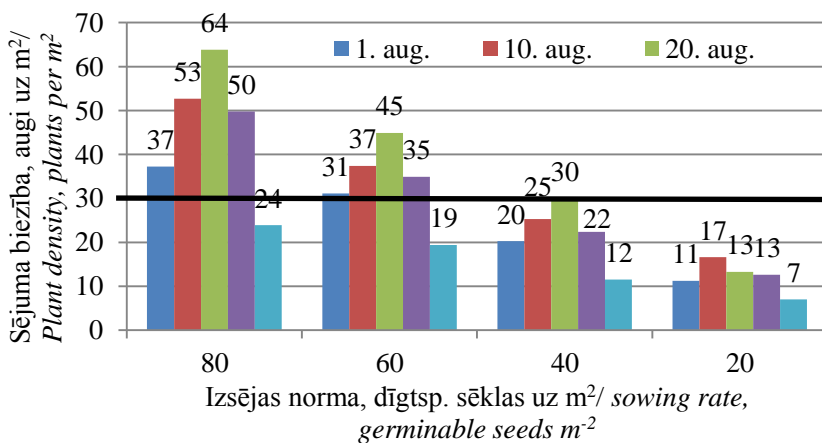
Izsējas norma šķirnei ‘Californium’ būtiski ($p < 0.05$) ziemcietību ballēs ietekmēja trijos no četriem izmēģinājuma gadiem – izsējas normai nebija būtiskas ($p > 0.05$) ietekmes 2010./2011. gadā, kad vērtējums bija vienas balles robežās. Šķirnei ‘Excalibur’ izsējas normai nebija būtiskas ietekmes uz ziemcietību ballēs 2007./2008. un 2008./2009. gadā, kad vērtējums bija robežās no 8 līdz 9 ballēm.

AAR lietošana būtiski ($p < 0.05$) ietekmēja – palielināja ziemcietības vērtējumu ballēs 2009./2010. gadā šķirnei ‘Excalibur’, 2010./2011. gadā – abām pētāmajām šķirnēm. AAR lietošana ziemcietību ballēs minētajos gadījumos palielināja robežās no 0.6 ballēm šķirnei ‘Californium’ 2010./2011. gadā līdz 1.0 ballei šķirnei ‘Excalibur’ 2009./2010. gadā vairāk nekā par 1 balli. 2007./2008. un 2008./2009. gadā netika novērota tendence, ka AAR lietošana palielinātu ziemcietību ballēs.

Ziemcietības vērtējumu rezultātus pēc abām ziemcietības vērtēšanas metodēm bija iespēja salīdzināt, un izvērtēt to savstarpējās sakarības. 2007./2008. gadā ziemcietība tika novērtēta tikai ar 8 un 9 ballēm, līdz ar to netika novērota sakarība starp ziemcietību ballēs un ziemcietību pēc izdzīvojušos augu skaita. Turpmākajos pētījuma gados, kad ziemcietības

vērtējumi ballēs bija atšķirīgāki, tad tika novērotas būtiskas ($p < 0.05$, 2009./2010. g. un 2010./2011. g.; $p < 0.01$, 2008./2009. g.) sakarības starp ziemiētību ballēs un ziemiētību pēc izdzīvojušo augu skaita.

Ziemas rapša augu biežība ražas novākšanas laikā. Rezultāti rādīja, ka augu biežība pirms ražas novākšanas bija atšķirīga atkarībā no sējas termiņa. Novērota tendence, ka vidējā augu biežība vairāk samazinājās agrākajos un vēlākajos sējas termiņos sētajam rapsim. Visos izmēģinājuma gados sējas termiņa un izsējas normas ietekme uz augu biežību veģetācijas beigās abām pētāmajām šķirnēm bija būtiska – 95% ticamības līmenī ($p < 0.05$). Vidējā (2007./2008. – 2010./2011. g.) augu biežība veģetācijas beigās bija ievērojami mazāka sējumos, kas sēti 1. augustā, ja salīdzina tos ar 10. un 20. augustā sētajiem. Vidēji četros pētījuma gados lielākā biežība veģetācijas beigās bija šķirnei ‘Californium’, kas sēta 10. augustā. Novēroja tikai vienu izņēmumu, kur lielākā biežība bija 20. augustā sētam rapsim ar izsējas normu 80 dīgtspējīgas sēklas uz m^2 . Vidēji lielākā augu biežība šķirnei ‘Excalibur’ bija, sējot rapsi 20. augustā, izņēmums – sējot 1. augustā un lietojot izsējas normu 20 dīgtspējīgas sēklas uz $1 m^2$ (2. att.).



2.att. Sējas termiņa un izsējas normas ietekme uz augu biežību veģetācijas beigās šķirnei ‘Excalibur’, MPS “Vecauce” 2007./2008. – 2010./2011. g.

(30 augi uz m^2 ar melnu līniju)/

Sowing date and sowing rate effect on plant density at the end of vegetation for variety ‘Excalibur’, RSF Vecauce 2007/2008 – 2010/2011

(30 plants per m^2 with black line)

Četru gadu izmēģinājuma rezultāti liecina, ka, vērtējot augu biežību, sējas termiņš 10. septembrī ir nepiemērots, lai nodrošinātu sējumā pietiekamu

augu biežību (pēc 2010./2011. gada ziemas abas pētāmās šķirnes, sētas 10. septembrī, nepārziemoja). Visā rapša augšanas periodā biežākos sējumos augu skaits samazinājās vairāk nekā retākos sējumos. Pietiekamu augu skaitu ražas veidošanai veģetācijas laikā nodrošināja izsējas norma sākot ar 60 dīgtspējīgām sēklām uz 1 m².

Rapša ražas struktūrelementi - augu individuālās produktivitātes rādītāji

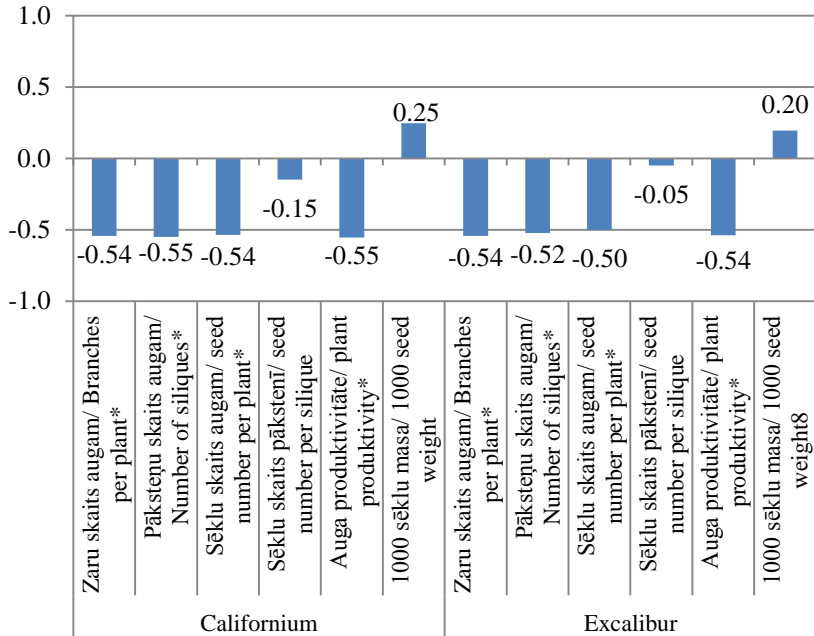
Pāksteņu skaits augam. Pāksteņu skaitu augam būtiski ($p < 0.05$) ietekmēja sējas termiņš un izsējas norma kā sākotnējais augu biežību ietekmējošs faktors abām pētāmajām šķirnēm 2007./2008. un 2008./2009. gadā. Novērota tendence, ka pāksteņu skaits augam palielinājās, samazinoties augu biežībai. 2009./2010. gada ziema bija nelabvēlīga rapša ziemošanai. Lauciņos, kurus apsēja 2009./2010. gada 1. septembrī ar izsējas normu 120 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m², uzskaites vietās (0.5 m²) paraugkūlī bija tikai viens vai divi augi, vienam augam bija 1740 – 2985 pāksteņi.

Sēklu skaits pākstenī. Sēklu skaits pākstenī šķirnei 'Californium' bija robežās no 23 sēklām 1. augustā sētam rapsim 2008./2009. gadā līdz 17 sēklām 10. septembrī sētam rapsim 2007./2008. gadā. Gan 2007./2008., gan 2008./2009. gadā rezultāti rādīja, ka mazākais sēklu skaits pākstenī bija visvēlāk (10. septembrī) sētajam rapsim. Sēklu skaitu pākstenī būtiski ietekmēja sējas termiņš: 17 – 23 sēklas pākstenī šķirnei 'Californium', 16 – 21 sēkla pākstenī šķirnei 'Excalibur'. Izsējas norma būtiski ietekmēja sēklu skaitu pākstenī šķirnei 'Californium' 2007./2008. un 2008./2009. gadā, bet šķirnei 'Excalibur' – tikai 2007./2008. gadā.

Auga produktivitāte. Viena auga produktivitāti (g) abām pētāmajām šķirnēm 2007./2008. un 2008./2009. gadā būtiski ($p < 0.05$) ietekmēja sējas termiņš un izsējas norma (augu biežība). Atzīmēta sakarība, ka lielāka produktivitāte ir augiem sējumos ar mazāku augu biežību. Vidēji (no visiem sējas termiņiem) šķirnei 'Californium' auga produktivitāte bija augstāka sējumos ar izsējas normu 80 un 60 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m², šķirnei 'Excalibur' attiecīgi 40 un 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m².

Sēklu skaits augam. Sēklu skaitu augam abām šķirnēm būtiski ($p < 0.05$) ietekmēja gan sējas termiņš, gan izsējas norma. Sēklu skaits augam šķirnei 'Californium' variēja robežās no 766 sēklām, ja rapsi sēja 1. septembrī ar izsējas normu 120 sēklas uz 1 m² līdz 9975 sēklām, to sējot 1. augustā ar izsējas normu 60 sēklas uz 1 m² 2008./2009. gadā. Šķirnei 'Excalibur' sēklu skaits augam variēja robežās no 1012 sēklām rapsi sējot 1. septembrī 2008./2009. gadā ar izsējas normu 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² līdz 8949 sēklām 20. augustā sētam rapsim 2007./2008. gadā ar izsējas normu 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m².

1000 sēklu masa (TSM). Abām pētāmajām šķirnēm TSM būtiski ($p < 0.05$) ietekmēja sējas termiņš gan 2007./2008., gan 2008./2009. gadā. TSM bija atšķirīga atkarībā no izmēģinājuma gada: abām šķirnēm sēklas bija smagākas 2008./2009. gadā.



3.att. Lineārās korelācijas koeficienti r_{yx} starp auga biežību (augu skaits 1 m^2) veģetācijas beigās (x) un individuālu augu produktivitātes rādītājiem (y) šķirnēm ‘Californium’ un ‘Excalibur’, 2007./2008. – 2009./2010. g.

* – korelācija būtiska $p < 0.05$ /

Correlation coefficients r_{yx} between plant density at harvest (x) and indicators of an individual plant productivity for ‘Californium’ and ‘Excalibur’, 2007/2008 – 2009/2010,

** – correlation significant $p < 0.05$*

Kaut arī ražas kompensācijas mehānisms darbojās, par ko liecina iegūtās sakarības (3. att.), augu biežībai tomēr bija vislielākā ietekme uz sēklu ražu abām šķirnēm. Šo apgalvojumu pierādīja būtiska pozitīva korelācija starp augu biežību un sēklu ražu.

Sējas termiņa, izsējas normas un augu augšanas regulatora lietošanas ietekme uz sēklu ražu

Nogatavošanās. Visos izmēģinājuma gados rapsis nogatavojās jūlija pēdējā dekādē. Vērtējot rapša nogatavošanos, netika novērotas novākšanas gatavības iestāšanās atšķirības dienās atkarībā no šķirnes un izsējas normas, bet atšķirības novēroja atkarībā no sējas termiņa, kā arī ar AAR apstrādāts rapsis nogatavojās vienmērīgāk un agrāk nekā neapstrādāts.

Sēklu raža. Četru gadu izmēģinājuma rezultāti rādīja, ka visi pētāmie faktori – sējas termiņš (faktors A), izsējas norma (faktors B), AAR lietošana rudenī (faktors C) un arī katra gada augšanas apstākļi – ziemas rapša ražu ietekmējuši būtiski (6. tab.), tomēr vislielākā ietekme bija sējas termiņam un pētījuma gada apstākļiem. Izsējas normas un AAR lietošanas ietekme, kaut arī būtiska, bija ievērojami mazāka.

6.tabula/ Table 6

Pētīto faktoru ietekme uz rapša sēklu ražu, MPS Vecauce 2007./2008. – 2010./2011. g./

*Impact of investigated factors on oil-seed rape seed yield,
RSF Vecauce 2007/2008 – 2010/2011*

Faktori/ Factors	Noviržu kvadrātu summa / Sum of Squares	
	Californium	Excalibur
Sējas termiņš / Sowing date (A)	491.9**	506.2**
Izsējas norma / Sowing rate (B)	13.5**	53.0**
Augu apstrāde ar AAR rudenī / PGR treatment (C)	22.2*	30.1**
Gads /Year	651.3**	412.8**

* – $p=0.004$; ** – $p < 0.001$

Kopumā hibrīdā šķirne ‘Excalibur’ bija ražīgāka nekā līnijšķirne ‘Californium’ (7. tab.). Šķirnei ‘Californium’ vislielākā sēklu raža (4.93 t ha⁻¹) tika iegūta, ja rapsi sēja 10. augustā. Šī raža bija būtiski ($p < 0.05$) lielāka nekā tā, ko ieguva, rapsi sējot citos sējas termiņos. Vērtējot rapša ražu, kas iegūta, sējot dažādos sējas termiņos, būtiskas ražas atšķirības novērotas starp visiem sējas variantiem. Rezultāti rāda, ka līnijšķirne ‘Californium’ bija piemērotāka sējai agrākā termiņā (augusta pirmā dekāde) nekā vēlākā termiņā (augusta otrā dekāde), jo vidējā sēklu raža 1. augustā sētam rapsim bija augstāka, nekā to sējot 20. augustā (7. tab.). Ievērojami zemākas ražas tika iegūtas, rapsi sējot pēdējos divos sējas termiņos – 1. septembrī (2.92 t ha⁻¹) un 10. septembrī (1.59 t ha⁻¹). Hibrīdajai šķirnei ‘Excalibur’ vidēji vislielākā sēklu raža tika iegūta, rapsi sējot trešajā sējas termiņā – 20. augustā (7. tab.). Pētījumā šķirnei ‘Excalibur’ netika novērota būtiska ($p < 0.05$) atšķirība sēklu ražā starp

20. augustā sētu rapsi (sēklu raža 5.71 t ha⁻¹) un 10. augustā sētu rapsi (5.54 t ha⁻¹). Vērtējot ražu pārējos sējas termiņos, netika novērota būtiska ($p < 0.05$) atšķirība sēklu ražai starp 1. augustā sētu rapsi un 1. septembrī sētu rapsi. Būtiski ($p < 0.05$) mazāko iegūto sēklu ražu 1. augustā sētam rapsim, salīdzinot ar 10. un 20. augustā iegūtām ražām. Abām šķirnēm sēklu raža 10. septembrī sētam rapsim bija ievērojami zemāka nekā citos sējas termiņos. 2010./2011. gadā 10. septembrī sēts ziemas rapsis vispār nepārziemoja (7. tab.) un raža netika iegūta.

Izmēģinājumā abām pētāmajām šķirnēm vislielākā vidējā sēklu raža tika iegūta, izmantojot lielākās izsējas normas: šķirnei ‘Californium’ attiecīgi ar izsējas normu 120 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² ieguva 3.83 t ha⁻¹ (7. tab.). Līnijšķirnei ‘Californium’ sēklu raža, kas iegūta, sējot 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m², būtiski neatšķirās no ražas, kas iegūta, sējot 100 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m². Ražu atšķirība starp rapsi, kas sēts ar izsējas normu 120 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² un rapsi, kas sēts ar izsējas normu 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² bija 0.230 t ha⁻¹ (ražas atšķirība būtiska, $p < 0.05$).

7.tabula/ Table 7

Vidēja ziemas rapša sēklu raža atkarībā no sējas termiņa un izsējas normas abām pētāmajām šķirnēm, 2007./2008. – 2010./2011. g., t ha⁻¹/

Average oilseed rape seed yield depending to sowing date and sowing density for both investigated varieties, 2007/2008 – 2010/2011, t ha⁻¹

Izsējas norma / Sowing density	Californium					Vidēji /Average
	1. aug.	10. aug.	20. aug.	1. sept.	10. sept.	
120	4.72	5.23	4.56	3.04	1.62	3.83b
100	4.47	4.97	4.47	3.03	1.73	3.73bc
80	4.56	4.81	4.11	2.97	1.56	3.60ac
60	4.41	4.71	4.02	2.64	1.47	3.45ac
Vidēji /Average	4.54a	4.93b	4.29a	2.92c	1.59d	×
Izsējas norma / Sowing density	Excalibur					Vidēji /Average
	1. aug.	10. aug.	20. aug.	1. sept.	10. sept.	
80	4.81	5.70	6.13	4.94	2.62	4.84c
60	4.55	5.52	5.79	4.69	2.69	4.65bc
40	4.51	5.75	5.54	4.28	2.17	4.45b
20	3.93	5.20	5.39	3.27	1.69	3.90a
Vidēji /Average	4.45a	5.54b	5.71c	4.29a	2.29d	×

($p < 0.05$; a, b, c, d – ar dažādiem alfabēta burtiem apzīmētās vidējās ražas būtiski atšķiras)/($p < 0.05$; a, b, c – letters represent significant differences)

Šķirnei 'Excalibur', kad rapša sēklu ražā nebija būtiskas ($p < 0.05$) atšķirības, lietojot vislielāko izsējas normu – 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 un izsējas normu 60 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 (7. tab.). Netika novērotas būtiskas ($p > 0.05$) atšķirības arī rapša sēklu ražai starp izsējas normu 60 un 40 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 .

Praksē ziemas rapša audzēšanā agrākos sējas termiņos (augusta pirmā, otrā dekādē) tiek lietota mazāka izsējas norma nekā vēlākos sējas termiņos (augusta pēdējā dekādē) (autora novērojums), ko arī apstiprina šī pētījuma ražas rezultāti. Šķirnei 'Californium' izsējas normai nebija būtiskas ($p > 0.05$) ietekmes uz sēklu ražu agrākajos sējas termiņos (8. tab.) un tas ir skaidrojams ar to, ka arī mazākas izsējas normas nodrošināja pietiekamu augu skaitu (vismaz 30 augi) ražas veidošanai. Tādējādi, ņemot vērā arī ziemas laikā bojā gājušo augu skaitu, jāsecina, ka piemērotākā izsējas norma līnijšķirnei 'Californium' ir 60 – 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 . Šķirnei 'Excalibur' arī agrākos sējas termiņos izsējas norma 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 nav piemērota – 1. augustā un 20. augustā sētam rapsim iegūta būtiski mazāka sēklu raža (8. tab.).

8. tabula/ Table 8

Agrākajos sējas termiņos (1. – 20. augusts) sēta rapša sēklu raža atkarībā no izsējas normas (dīgtsp. sēklas uz 1 m^2) abām pētāmajām šķirnēm bez AAR, 2007./2008. – 2010./2011. g., $t \text{ ha}^{-1}$

Sowing rate effect on seed yield sowing oil-seed rape in earlier dates (1st – 20th August) for both varieties without PGR, 2007/2008 – 2010/2011, $t \text{ ha}^{-1}$

Izsējas norma/ Sowing rate	Californium		
	1. aug. ($p = 0.464$)	10. aug. ($p = 0.077$)	20. aug. ($p = 0.059$)
120	4.72	5.23	4.56
100	4.47	4.97	4.47
80	4.56	4.81	4.11
60	4.41	4.71	4.02
Izsējas norma/ Sowing rate	Excalibur		
	1. aug. ($p < 0.01$)	10. aug. ($p = 0.171$)	20. aug. ($p < 0.05$)
80	4.81b	5.70	6.13b
60	4.55b	5.52	5.79b
40	4.51b	5.75	5.54b
20	3.93a	5.20	5.39a

a, b – ražas, kas apzīmētas ar dažādiem alfabēta burtiem kolonnās ir būtiski atšķirīgas / a, b – letters represent significant differences on yield

Sējas termiņā – 20. augusts, kad šķirnei 'Excalibur' iegūta vidēji lielākā sēklu raža, izsējas normai nebija būtiskas ietekmes uz tās apjomu. Minētajā

sējas termiņā izsējas norma 20 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² vidēji četros izmēģinājuma gados nodrošināja tikai 13 augus uz 1 m², bet, tā kā rapsim izteikti labi darbojas ražas kompensācijas mehānisms, arī šī izsējas norma deva augstu sēklu ražu. Izsējas norma 40 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m² nodrošināja vismaz 30 augus uz 1 m². Tas nozīmē, ka šķirnei piemērotākajā sējas termiņā (kad iegūta vislielākā sēklu raža) var lietot mazākas izsējas normas.

Četrus gadu izmēģinājuma rezultāti parādīja, ka ziemas rapša sēklu ražu ietekmēja – visbiežāk palielināja arī AAR lietošana rudenī. AAR ietekme atšķīrās atkarībā no rapša sējas laika (9. tab.).

9. tabula/ Table 9

Vidējā ziemas rapša sēklu raža atkarībā no AAR lietošanas rudenī un sējas termiņa, MPS Vecauce, t ha⁻¹ /

Average oil-seed rape seed yield depending on PGR treatment and sowing date, RSF Vecauce, t ha⁻¹*

Sējas termiņš/ Sowing date	Excalibur		Californium	
	bez AAR/ control	ar AAR / PGR treatment	bez AAR/ control	ar AAR / PGR treatment
1. aug.	4.45	5.32	4.54	5.07
10. aug.	5.55	5.69	4.93	5.28
20. aug.	5.71	6.38	4.29	4.85
Vidēji /Average	5.24	5.80	4.59	5.07

Vislielākais ražas pieaugums šķirnei ‘Excalibur’ 2009./2010. un 2010/2011. gadā 1. augustā sētam rapsim, – attiecīgi 1.95 t ha⁻¹ un 1.33 t ha⁻¹. AAR lietošana dod iespējas hibrīdās šķirnes sēt agrāk, ierobežojot pāraugšanas risku, līdz ar to rapša sējas laiks pagarinās.

Ar AAR apstrādātajam rapsim vidējie ražas rādītāji saglabāja tādas pašas tendences kā ar AAR neapstrādātam rapsim – tas ir, šķirnei ‘Californium’ lielākā vidējā sēklu raža iegūta arī 10. augusta sējumā un šķirnei ‘Excalibur’ – attiecīgi 20. augustā.

SECINĀJUMI

- 1) Rapša sēklu dīgšanu visvairāk ietekmēja augsnes mitruma nodrošinājums, sējot to augusta sākumā, bet vēlos sējas termiņos (septembrī) nozīmīgākais augsanu un attīstību ietekmējošais faktors bija temperatūra.
- 2) Rapša sējas termiņam bija būtiska ($p < 0.05$) ietekme uz visiem sējas gada rudenī noteiktajiem biometriskajiem rādītājiem visos izmēģinājuma gados. Izsējas normai nebija būtiskas ietekmes uz rapša augšanas punkta augstumu virs augsnes virsmas un saknes garumu. Novērota tendence, ka,

- samazinoties izsējas normai, palielinājās tādi biometriskie rādītāji kā saknes kakla diametrs, auga un saknes masa. AAR ietekme uz rapša biometriskajiem rādītājiem pētījumu periodā bija mainīga.
- 3) Sausnas un cukuru saturu rapša stumbrā un saknē rudenī visvairāk ($p < 0.05$) ietekmēja sējas termiņš, un abi rādītāji bija lielāki, ja rapsi sēja agrākos termiņos. Agrāk sētam rapsim neatkarīgi no šķirnes ziemošanas laikā abi rādītāji arī samazinājās vairāk, tātad lielāki augi ziemošanai patērēja vairāk uzkrāto rezerves barības vielu. Netika novērots, ka AAR lietošana samazinātu vai palielinātu sausnas saturu rapša stumbrā vai saknē.
 - 4) Ziemcietību vērtējot divējādi – ballēs un procentos, atbilstoši izdzīvojušo augu skaitam, konstatēja, ka vērtējums ballēs bija līdzīgs vērtējumam pēc izdzīvojušo augu skaita. Trijos no četriem izmēģinājuma gadiem tika novērotas būtiskas sakarības starp ziemcietību ballēs un ziemcietību pēc izdzīvojušo augu skaita, līdz ar to var secināt, abas vērtēšanas metodes ir pietiekami objektīvas un izmantojamas.
 - 5) Visos izmēģinājuma gados labāk ziemoja hibrīdā šķirne 'Excalibur'. Ziemcietības rādītājus ievērojami ietekmēja izmēģinājuma gada apstākļi, divos no četriem pētījuma gadiem vispār nepārziemoja 10. septembrī sētā līnijšķirne 'Californium', kamēr hibrīdā šķirne, ja to sēja 10. septembrī, nepārziemoja vienā no četriem gadiem. Vidēji vislabāk ziemoja 20. augustā sēts rapsis.
 - 6) Augu biežību ražas novākšanas laikā abām pētāmajām šķirnēm būtiski ($p < 0.05$) bija ietekmējis gan sējas termiņš, gan izsējas norma. Augu biežība visā rapša augšanas laikā visvairāk samazinājās augusta sākumā un septembrī sētam rapsim. Kopumā augšanas periodā biežākos sējumos augu skaits samazinājās vairāk nekā retākos sējumos. Pietiekamu augu skaitu ražas veidošanai veģetācijas laikā nodrošināja izsējas norma, ka bija ne mazāka par 60 dīgtspējīgām sēklām uz 1 m^2 .
 - 7) Ražas struktūrelementu „augu skaits uz 1 m^2 ” būtiski ietekmēja – izsējas norma, bet arī ziemošanas apstākļi bija nozīmīgs faktors. Sējas termiņš arī būtiski ietekmēja augu skaitu uz 1 m^2 , vairāk augu gāja bojā, rapsi sējot visagrākajos un visvēlākajos sējas termiņos. Savukārt individuālu augu produktivitātes rādītāji pieauga, samazinoties augu skaitam uz 1 m^2 , un tos ietekmēja arī sējas termiņš. Korelācijas analīze pierādīja, ka raža būtiski ir atkarīga no augu skaita uz 1 m^2 , bet samazinātu augu skaitu var kompensēt struktūrelementi, kas raksturo individuālu augu produktivitāti.
 - 8) Rapša nogatavošanās iestājās atšķirīgos laikos atkarībā no sējas termiņa un konstatēts, ka vēlākos sējas termiņos sētais rapsis nogatavojas vēlāk un ar AAR apstrādāts rapsis nogatavojas vienmērīgāk un agrāk nekā neapstrādāts. Turklāt AAR lietošana rudenī palielināja vidējo sēklu ražu

visos izmēģinājumu sējas termiņos (vairākumā gadījumu – augustā) abām pētāmajām šķirnēm.

- 9) Visi pētītie faktori – sējas termiņš, izsējas norma, AAR lietošana rudenī un arī izmēģinājuma gada augšanas apstākļi – ziemas rapša ražu ietekmējuši būtiski. Kopumā hibrīdā šķirne 'Excalibur' bija ražīgāka nekā līnijšķirne 'Californium'.
- 10) Augstākā raža līnijšķirnei 'Californium' iegūta, rapsi sējot agrākos termiņos salīdzinājumā ar hibrīdo šķirni 'Excalibur'. Par piemērotāko sējas laiku līnijšķirnei atzīstama augusta pirmā dekāde, it īpaši tās beigu daļa, bet hibrīdajai šķirnei – augusta otrā dekāde, īpaši tās beigu daļa.
- 11) Lai arī abām pētāmām šķirnēm vislielākā vidējā sēklu raža iegūta, izmantojot lielākās pētītās izsējas normas (līnijšķirnei 120 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m², bet hibrīdajai šķirnei 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m²), tomēr, vērtējot gan ražu atšķirību būtiskumu, ja lietoja zemākas izsējas normas, gan to, ka, izmantojot lielākās izsējas normas, ziemošanas periodā bojā gāja vairāk augu, secināts, ka piemērotākā izsējas norma no pētītajām līnijšķirnei ir 80 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m², bet hibrīdajai šķirnei – 60 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m². Agrākos sējas termiņos izsējas normu var samazināt – līnijšķirnei līdz 60 dīgtspējīgām sēklām uz 1 m² un hibrīdajai šķirnei līdz 40 dīgtspējīgām sēklām uz 1 m².

INTRODUCTION

Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) is a relatively new crop in agriculture of Latvia. Establishment of agriculture cooperatives ever since the beginning of this century has played a great role in economically justified cultivation of rapeseed oil in Latvia. Solid demand for oilseed rape in biofuel industry has also positively affected the increase of this crop cultivation. Approximately 85% of the total production of rape seed is being obtained from winter oilseed rape.

Oilseed rape has an important role in crop rotation, and an increase in growth area of winter oilseed rape is to be expected, especially since the use of three pesticides belonging to the neonicotinoid family as a seed dressing was banned across the European Union as from 1 December 2013, which caused a major decrease in growth areas of spring oilseed rape.

Geographically Latvia is located in a favourable zone for growing oilseed rape but there are several risks affecting the cultivation. Main concerns include overwintering and the lack of research concerning different agrotechnical elements and their effect on growth and development of winter oilseed rape, especially in autumn. Main agrotechnical elements are variety, sowing date, sowing rate and application of plant growth regulators.

In order to achieve high seed yield of winter oilseed rape in Latvia, yield components and affecting factors need to be examined.

Soil moisture condition and air temperature are main ecological factors influencing growth and development of winter oilseed rape, particularly during autumn. The investigations are necessary in Latvia to identify and research factors affecting the formation of yield. These factors have been researched in detail in this paper.

Detailed investigations of growth and development of winter oilseed rape plants in specific climate zones are crucial. Throughout the last decades there has been a notable lack of research on growth and development in the climate conditions which are prevalent in Latvia. Winter conditions in the last decade have been too harsh for a successful wintering of oilseed rape, and the damage inflicted by winter on oilseed rape has been a widespread occurrence in Latvia.

It is evident that development of plants in autumn and overwintering of winter oilseed rape in Latvia are the key factors for successful growing of this crop, given the fact that Latvia is located on the borderline between zones which in terms of climate conditions are either advantageous or risky for successful growing of this crop, and various regions of Latvia are not uniformly suitable for production of winter oilseed rape.

Well-developed root collar diameter, low height of growth point above soil and sufficient number of leaves have great influence on overwintering of

oilseed rape. Periodical fluctuations in negative and positive temperatures during snowless winter and early spring, ice crust that is formed from melting snow, as well as thickness of frozen soil, which controls water removal from the soil, have negative influence on the wintering of crops, including oilseed rape. Capacity of a plant to endure unfavourable conditions during winter is determined by biometrical condition and chemical indicators of the plant before winter. Sowing date and rate of winter oilseed rape are crucial elements with respect to overwintering of the crops because they are influencing the expected result, namely, the seed yield. Application of plant growth regulators is one of the possible rectifications in case of the plant overgrowing caused by an erroneously chosen sowing date and rate. Chemical composition of winter oilseed rape before winter, as well of winter wheat, is important for successful overwintering. Chemical composition of winter oilseed rape and its relation to plant wintering has not been investigated in Latvia. Yield formation and especially yield components are affected by growing practice, chosen variety and varied meteorological conditions.

Prognoses suggest that an increase in oilseed rape seed production and production efficiency of seeds is inevitable. But those targets can only be met if more specific research is carried out with respect to the previously mentioned agroecological elements.

Hypothesis statement: formation of yield of winter oilseed rape is affected by the chosen variety of oilseed rape, as well as by different agrotechnical elements applied in sowing year.

Objective of the paper: to investigate the impact of the application of agrotechnical elements on the growth and development of winter oilseed rape, as observed on two different varieties of winter oilseed rape.

Terms of reference

- 1) To determine the effect of sowing date, sowing rate and application of plant growth regulator on the growth and development of winter oilseed rape in autumn.
- 2) To evaluate the factors influencing overwintering and its results by means of twofold assessment methods.
- 3) To explain the impact of investigated factors on further growth and development of winter oilseed rape, as well as on yield and formation of its components.
- 4) To determine suitable sowing date and sowing rate on the basis of the investigated factors and their effect on growth and development of winter oilseed rape.

Scientific novelty of the paper

- 1) Biometric indicators of oilseed rape in autumn have been observed and influencing factors have been evaluated.
- 2) For the first time the contents of sugars in roots and stems of winter oilseed rape have been determined in the end of vegetative period in autumn and after wintering.
- 3) Most suitable sowing date and rate for attaining highest average seed yield for line variety and hybrid variety has been determined.

Theses to be defended

- 4) Advantageous sowing dates differ between line varieties and hybrid varieties because an advantageous outcome is dependent on presence of ecological factors, yet in any case the sowing must be completed in August.
- 5) Application of sowing rates which exceed 60 – 80 germinable seeds per m² is not advantageous because the smaller number of plants is counterbalanced by the productivity of individual plants.
- 6) Application of plant growth regulator in autumn has a manifold effect on the growth and development of plants.

Findings of the research have been elaborated upon in 8 scientific publications drawn up in English and Latvian, including reviewed scientific papers published in the Proceedings of international conferences, congresses and scientific seminars. Four oral and three poster presentations on the scientific research findings have been given in international conferences, congresses and scientific seminars.

CONDITIONS AND METHODS OF RESEARCH

Methodology for setting up the field trials

The field trials were set up and carried out in the Research and Study Farm „Vecauce” of the Latvia University of Agriculture from 2007/2008 until 2010/2011. In each year a three-factor trial was set up, covering two varieties of winter oilseed rape (Dekalb cultivars bred by Monsanto), namely, ‘Californium’ (line) and ‘Excalibur’ (hybrid).

Factor A – five sowing dates (A1 – 1 August; A2 – 10 August; A3 – 20 August; A4 – 1 September; A5 – 10 September). Factor B – sowing rate (B1 – 120, B2 – 100, B3 – 80, B4 – 60 germinable seeds per m² for the ‘Californium’ (line); B1 – 80, B2 – 60, B3 – 40, B4 – 20 germinable seeds per m² for the ‘Excalibur’ (hybrid)). Factor C – use of fungicide and plant growth regulator (PGR), as divided by twofold distinction (C1 – for control purposes,

C2 – with application of PGR). The trial involved use of PGR Juventus 90 s.c. (metconazole, 90 g L⁻¹) produced by BASF SE which was applied on oilseed rape in dose of 0.5 L ha⁻¹ at the 4 – 6 leaves stages (GS 13 – 23) in autumn of the sowing year. PGR was applied on oilseed rape sown on 1, 10 and 20 August, whereas it was not applied on oilseed rape sown on 1 September (A4) and 10 September (A5) because oilseed rape attained its relevant GS in late October or did not attain them at all.

The trial was set up in sod-stagnogley loam soil (in accordance with Taxonomy of Latvia soils, 2009); the soils in question included Endocalcaric Cambic Stagnic Phaeozem in 2007/2008 and 2008/2009, Endocalcaric Stagnic Cambisol in 2009/2010 and Calcaric Luvic Endostagnic Phaeozem (Anthric) in 2010/2011 (in accordance with World Reference Base for Soil Resources, 2014). Agrochemical indicators: organic matter – on average 18 – 38 g per kg⁻¹ of soil (in accordance with the Tyurin method), soil exchange reaction pH KCl – 6.6 – 7.4, P₂O₅ available for plants – 210 – 444 mg per kg⁻¹, K₂O available for plants – 111 – 234 mg kg⁻¹ of soil (in accordance with the Egner-Riehm method).

Cereal mixture for silage was used as a pre-crop throughout all years. Rototilling was immediately followed by sowing, which was performed by plot seeder „HEGE – 80” having a 1 m width. The following complex mineral fertilizer before sowing was applied: N – 28 kg per ha⁻¹, P₂O₅ – 68 kg per ha⁻¹ and K₂O – 124 kg per ha⁻¹ in 2007; N – 18 kg per ha⁻¹, P₂O₅ – 78 kg per ha⁻¹ and K₂O – 120 kg ha⁻¹ in 2008, 2009 and 2010. Throughout all the trial years the first top-dressing in form of nitrogen fertilizer (N), namely, ammonium nitrate (NH₄NO₃), was applied at the rate of 70 kg ha⁻¹ when the vegetative growth resumed. The second top-dressing in form of nitrogen fertilizer (N), namely, ammonium sulphate ((NH₄)₂SO₄), was applied at the rate of 70 kg ha⁻¹ at the stage of well-developed rosette (GS 31–33), thus providing the winter oilseed rape with complementary sulphur (S) at the rate of 80 kg ha⁻¹. The total dose of nitrogen was 158 – 168 kg N per ha⁻¹. Throughout all the trial years a herbicide, namely, Butisan Star s.c. (metazachlor, 333 g·L⁻¹; quinmerac, 83 g·L⁻¹) was used at the rate of 2.5 L ha⁻¹ immediately after sowing (GS 00–09). The latter was omitted in autumns of 2007 and 2008 whereby no herbicide was applied on oilseed rape sown on 1 and 10 August, whereas the weeds were instead controlled in the beginning of vegetative growth in spring by means of a herbicide Lontrel 300 s.c. (clopyralid, 300 g L⁻¹) at the rate of 0.5 L ha⁻¹. Throughout all the trial years the *Sclerotinia* stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) was controlled by applying fungicide Cantus d.g. (boscalid, 500 g kg⁻¹) at the rate of 0.5 kg ha⁻¹ during the full flowering of oilseed rape (GS 65). Pollen beetles (*Meligethes aeneus*) were controlled whenever it was needed. The oilseed rape yield was harvested with a combine „HEGE – 140” by

collecting the yield of each plot separately. The yield was converted into $t\ ha^{-1}$ on the basis of 100% purity and 8% moisture.

Observations and the performed analysis The following indicators of oilseed rape were observed and determined in course of the trials – biometric indicators in autumn, including variants with PGR treatment and control (factors C and C1), end of vegetative growth in autumn, phenological observations and field germination. In the end of vegetative growth in autumn the contents of sugars in roots and stem of winter oilseed rape samples originating from all five sowing dates were determined on the basis of an average sample from each sowing date. The contents of sugars in the samples were determined in Scientific Laboratory of Agronomic Analysis of the Latvia University of Agriculture by means of Luff-Schoorl method (LVS 252:2000). The method is based on determination of reducing sugars expressed as inverted sugars or equivalent of glucose. As from the beginning of resumed vegetation in spring, the following aspects of the resumed vegetative growth were assessed – overwintering of winter oilseed rape was assessed in two ways – by comparing the number of plants in autumn with the number of plants in spring and expressing the outcome as percentage, and by grading the condition of crops in accordance with a 9-grade scale in autumn and in spring. commencement of phenological phases (GS 61, GS 65, GS 69, GS 89), harvesting dates, plant height, lodging resistance in accordance with a 9-grade scale, plant density during harvest. After harvesting the seed yield was weighted and also served as a source for collecting average samples for determination of moisture and quality of the seeds. The moisture was determined on the spot by means of a moisture meter „WILE 55 digital“. The yield was converted on the basis of 100% purity and 8% moisture. The following structural elements of the oilseed rape yield were determined in growth stages 87 – 89 (in accordance with BBCH): plant density, number of siliquae per plant calculated by dividing the counted number of siliquae in the sample sheaf by the number of plants in the sample sheaf, as well as productivity of a plant calculated by dividing total weight of seeds in the sample sheaf by the number of plants in the sample sheaf. Number of seeds per plant was calculated in accordance with formula (1) (Malinauskas, 2005):

$$S = 1000 \times \left(\frac{P}{M} \right), \quad (1)$$

where:

S – number of seeds per plant;

P – plant productivity, g;

M – weight of 1000 seeds, g.

Number of seeds per siliqua was calculated in accordance with formula (2):

$$a = \left(\frac{S}{A} \right), \quad (2)$$

where:

- a – number of seeds per siliqua;
- S – number of seeds per plant;
- A – number of siliquae per plant.

Quality analysis methods used. Quality analyses of oilseed rape seeds were carried out in Grain and Seed Research laboratory of the Faculty of Agriculture of the Latvia University of Agriculture. Weight of 1000 seeds was determined in accordance with standard LVS EN ISO 520:2011 „Cereals and leguminous plants. Determination of the weight of 1000 seeds”.

Data processing. Processing of the data, namely, biometric indicators, plant density and yield, as well as indicators of structural elements of the yield, was carried out using MS Excel two- and three-factor analysis of variance with data tool ANOVA, including verification of confidence level ($p < 0.05$). Processing of the oilseed rape chemical indicators was carried out using software package SPSS 22.0 in accordance with *Descriptives statistics – Univariate* data processing method. For the purpose of analysis of correlation between the indicators, regression and Pearson correlation ($p < 0.05$) was used. For the purpose of calculation of correlation between the winter hardiness (grades) and the plant density, Spearman's rank correlation was used (software package SPSS 22.0) in accordance with *Correlate – Bivariate Correlations* data processing method.

Description of weather conditions during the vegetative period.

Throughout all the trial years the driest mid-August period occurred in 2007. Throughout all the trial years there were sufficiently humid conditions in the end of August (third decade), and it facilitated favourable development of oilseed rape. Regardless of varied precipitation levels in the beginning of September, the humidity conditions were favourable for germination of oilseed rape in that period throughout all the trial years. The driest October occurred in 2010 when total monthly precipitation indicator was lower than the long-term indicators (norm), and in other years the total precipitation exceeded the norm. The warmest October occurred in 2007 and 2008, and it had very favourable effect on the development of oilseed rape, especially that of the latest sowing dates. The warmest of winters throughout all the trial years was that of 2007/2008. Winter of 2010/2011 was the most unsuitable for overwintering of oilseed rape. February 2011 was a crucial month for overwintering because lasting frost present until 6 March 2011 replaced the warm weather of the first decade of that February. The warmest beginning of April throughout the trial

years occurred in 2008 and 2009. On the whole in months of April, the moisture required for growth of winter oilseed rape was sufficient. The subsequent summer months did not have considerable effect on growth and development of the winter oilseed rape.

For the purpose of assessment of humidity conditions, hydrothermal coefficient (HTC) (Chirkov, 1978) was determined. Hydrothermal coefficient (HTC) was calculated in accordance with the formula (3):

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

where:

ΣN – sum of precipitation during the relevant period (10 days), mm;

$\Sigma t_{>10}$ – sum of temperatures above 10 °C during the same period.

Growing degree days (GDD) were calculated in accordance with formula (4):

$$GDD = \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_{\text{base}}, \quad (4)$$

where:

T_{\max} – average maximum daily temperature;

T_{\min} – average minimum daily temperature;

T_{base} – base temperature (5 °C).

RESULTS

Growth and development of oilseed rape in autumn period

Duration of germination, as expressed in days, was dependent on date of sowing and weather conditions in the research year. Throughout all the trial years the most uniform germination of the oilseed rape occurred in 2007 when the stage of cotyledons (GS 09) was complete within 8 to 10 days. The longest duration of germination was recorded in the plots sown on 1 August of 2008 and 2009. In three of the four trial years, the oilseed rape sown on 10 September also attained the stage of cotyledons only after 15 – 17 days. Throughout all the trial years the duration of germination did not vary across the varieties examined in the trial.

Germination of oilseed rape was affected by levels of precipitation present before sowing or shortly after sowing, given the high air temperature, as a result of which the topsoil dried up quickly. The longest duration of

germination of oilseed rape sown in August was recorded in presence of insufficient humidity or even very dry conditions ($HTK < 1.0$). Periods of germination of oilseed rape sown in 1 August of 2008 and 2009 were very long because of dry weather before sowing and also after sowing. Although the air temperature in September was not as high as in the beginning of August, dry weather conditions ($HTK < 1.0$) were observed in the beginning of September of 2008 and 2009, along with long duration of germination (14–15 days). On the contrary, germination period of oilseed rape sown on 10 September 2010 was the longest one, despite absence of dry weather or markedly low air temperature. Significance of precipitation diminished in September because air temperature lowered and topsoil did not dry up as quickly.

Results of the four trial years confirm that the highest number of GDD (567) was accumulated by the oilseed rape sown on 1 August 2007, and the lowest (38) – by the oilseed rape sown on 10 September 2010 (Table 1).

Biometric indicators. Biometric indicators of plants were affected by sowing date, sowing rate, application of PGR and variety. **Oilseed rape sowing dates had a significant ($p < 0.05$) effect on all biometric indicators.**

Plant weight. Average plant weight throughout all the trial years varied from 90.4 g, which was attained from the 'Excalibur' sown on 1 August 2008, to 0.6 g, which was attained from the 'Californium' sown on 10 September 2009 (Table 2). The highest average plant weight was attained from oilseed rape sown on 1 August.

Correlation between GDD and plant weight accounts for the effects of sowing date on plant weight. This correlation was more marked in case of the 'Excalibur' whereby the correlation was exemplified by coefficient of determination $R^2=0.88$, and in case of the 'Californium' this correlation was exemplified by coefficient of determination $R^2=0.79$.

A significant ($p < 0.05$) effect of sowing rates on plant weight was observed only in 2009 and 2010 on the 'Californium' and in 2007, 2009 and 2010 on the 'Excalibur'. Throughout all the trial years it was observed that a decrease of plant density correlated with an increase of plant weight, yet the oilseed rape of 'Californium' variety returned the highest (on average from all sowing dates) plant weight when the sowing rate was 100 seeds per m^2 .

Use of plant growth regulator (PGR) significantly ($p < 0.05$) reduced the plant weight only in case of 'Excalibur' in 2007. The tendency observed throughout all the trial years was that the application of PGR reduced the plant weight before overwintering.

Number of leaves. Average number of leaves per plant varied from 10.2 leaves, as observed on the 'Excalibur' sown on 1 August 2008, to 3.4 leaves, as observed on the 'Californium' sown on 10 September 2010. On average across all the sowing dates, plants of the hybrid 'Excalibur' developed more leaves than those of the line 'Californium'. Effect of the accumulated

GDD or also of the sowing date on the number of leaves is exemplified by a substantial and strong correlation between GDD and number of leaves in the end of vegetative growth, as found in all the trial years and on both varieties ('Californium': $y = 0.006x + 4.057$; $r = 0.828 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$; and the 'Excalibur': $y = 0.009x + 4.600$; $r = 0.851 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$).

A substantial effect of sowing rates on number of leaves was observed in 2009 and 2010 on the 'Californium' and in 2007, 2009 and 2010 on the 'Excalibur'. The highest number of leaves was observed on oilseed rape grown in plots of the lowest sowing rates, namely, 60 germinable seeds per m^2 in case of the 'Californium' and 20 germinable seeds per m^2 in case of the 'Excalibur'.

Application of PGR led to an increased number of leaves in almost all of the trial years. Significant effect on number of leaves was absent in case of the 'Californium' variety in 2009 and 2010 and in case of the 'Excalibur' variety in 2010.

Root collar diameter. Similarly to the number of leaves, the root collar diameter was significantly ($p < 0.05$) affected by sowing date throughout all the trial years. Significant differences between root collar diameters were absent in case of plants of the 'Californium' sown on 1 and 10 August of 2008. Similarly to the 'Californium', significant differences between root collar diameters were absent in case of oilseed rape of the 'Excalibur' sown on 1 and 10 August of 2008, 2009 and 2010. Throughout all the trial years the root collar diameters of plants of the two later sowing dates did not exceed 5 mm, and, in accordance with findings of Lithuanian researcher Velicka (2006), it poses risk to overwintering of the oilseed rape. Throughout all the trial years, root collar diameters of the hybrid 'Excalibur' exceeded those of the line variety 'Californium'. Effect of the sowing date on the root collar diameter is exemplified by a substantial and strong correlation between GDD and root collar diameter, as found in all the trial years and on both varieties, namely, the 'Californium' ($y = 0.0105 + 0.5478x$; $r = 0.941 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$) and the 'Excalibur' ($y = 0.0201 + 0.7705x$; $r = 0.964 > r_{0.05} = 0.444$; $n = 20$).

A significant ($p < 0.05$) effect of sowing rates on root collar diameter was observed only in autumns of 2009 and 2010 on both varieties examined. Throughout all the trial years the following pattern was observed – a decreased sowing rate resulted in an increase of root collar diameter.

Application of (PGR) significantly ($p < 0.05$) affected the root collar diameter only in case of the 'Excalibur' in 2007 and 2010. Analysis of the effect of PGR throughout all the sowing dates did not confirm a pattern of reduction or increase in the root collar diameters caused by the PGR.

Height of growth point above soil. Height of growth point varied across years, and the highest values of this parameter were observed in autumns of 2007 and 2010 (Table 3).

A marked correlation between the GDD and the height of growth point was observed on both varieties – in case of the ‘Californium’ it was exemplified by coefficient of determination $R^2=0.79$, and in case of the ‘Excalibur’ it was characterised by coefficient of determination $R^2=0.78$ ($p < 0.05$).

Throughout all the trial years no significant effect of the sowing rate on the height of growth point above soil was found on either of the both varieties examined.

Application of PGR affected the height of growth point above soil, except that of the ‘Californium’ in 2008. Application of PGR did not have substantial effect only on the ‘Californium’ in 2008 and on the ‘Excalibur’ in 2010.

Root weight. Root weight decreased if rape was sown in the later sowing dates. The ‘Excalibur’ developed the highest average root weight. The most marked correlation between the GDD and the root weight was observed on the ‘Excalibur’ whereby the correlation is exemplified by coefficient of determination $R^2=0.91$, and in case of the ‘Californium’ this correlation is exemplified by coefficient of determination $R^2=0.78$ ($p < 0.05$).

A significant ($p < 0.05$) effect of sowing rates on root weight was observed in autumns of 2009 and 2010 on the ‘Californium’ and in autumns of 2007, 2009 and 2010 on the ‘Excalibur’. The following pattern was observed throughout all the trial years in which the sowing rates had substantial effect on the root weight – a decreased sowing rate resulted in an increase of root weight.

Throughout all the trial years the application of PGR had no significant effect ($p > 0.05$) on the root weight.

Root length. The following pattern was observed – later sowing dates resulted in a decrease of root lengths.

Throughout all the trial years no substantial ($p > 0.05$) effect of the sowing rate on the root lengths was found on either of the varieties examined. Furthermore, there was no pattern of varied sowing rates resulting in different root lengths.

As regards oilseed rape treated with PGR, a significantly ($p < 0.05$) increased root length was observed only on the ‘Excalibur’ in 2008 and 2009, and, as calculated on average across all the sowing dates, root length of the plants treated with PGR exceeded root length of the untreated plants.

Chemical composition of oilseed rape in autumn period

The contents of sugars accumulated in autumn period, during winter and after overwintering is an important indicator for the winter oilseed rape. Oilseed rape accumulates certain amount of sugars when air and soil

temperatures decrease in autumn period, and the plant subsequently consumes the sugars in order to endure the overwintering period.

Sowing date (factor A) had a significant (confidence level of 95%) effect on contents of sugars and dry matter in stem and roots, as found in autumn on both varieties examined. In spring, effect of the sowing date on the contents of sugars was absent only in case of the 'Excalibur'. In autumn, correlation between the accumulated GDD and the contents of sugars both in stem and roots, which was moderately strong in all cases. The correlation between the GDD and the contents of sugars in stems is exemplified by coefficient of determination, namely, $R^2 = 0.48$ in case of the 'Californium' and $R^2 = 0.32$ in case of the 'Excalibur'. Correlation between the accumulated GDD and the contents of sugars in roots in case of the 'Excalibur' was significant ($r = 0.482 > r_{0.05} = 0.466$, $n = 15$). Sowing rate (factor B) did not have a significant ($p > 0.05$) effect on contents of sugars in stem and roots. As weather conditions in autumn and winter of each trial year were different, the weather conditions of the trial years had a significant ($p < 0.05$) effect on contents of sugars and dry matter in stem and roots of the both varieties examined, as determined in autumns and springs.

As determined in autumn periods of sowing years, oilseed rape sown in late dates (10 September) had accumulated considerably lesser contents of sugars. The highest contents of sugars were accumulated by rape plants sown in 10 August, though the 'Excalibur' did not demonstrate significant differences between the sowing dates of 1 and 10 August. An equivalent pattern was observed in case of the contents of sugars in roots of the 'Californium', whereas in case of the 'Excalibur' the highest contents of sugars in roots were accumulated in plants sown on 20 August.

Contents of sugars in stem and roots of oilseed rape sown in all sowing dates had decreased during winter period. As regards average consumption of sugars during overwintering, the plants consumed more sugars from roots than from stems. The oilseed rape having the highest plant weight, namely, oilseed rape sown on 1 August, manifested the highest consumption of sugars. The following pattern was observed – oilseed rape sown in later sowing dates manifested lesser decreases of sugars in stems (Table 4).

Findings of 2008/2009 included a significantly strong negative correlation between the winter hardiness (number of plants in autumn compared to number of plants in spring, %), on the one hand, and the reduction of contents of sugars in stems of the both varieties ($R^2 = 0.93$ 'Californium'; $R^2 = 0.97$ 'Excalibur') and roots of the 'Excalibur' ($R^2 = 0.87$), on the other hand. A significant correlation between the winter hardiness and the reduction of contents of sugars in stems in 2009/2010 was observed only on the 'Excalibur' ($R^2 = 0.80$). Findings confirm that the oilseed rape with better overwintering results consumed less sugars.

Application of PGR did not have a significant ($p > 0.05$) effect on contents of sugars in stem and roots. Comparison of contents of sugars in stems of plants treated with PGR and not treated with PGR did not confirm a pattern of reduction or increase in the contents of sugars caused by the PGR.

Sowing dates did not have a significant ($p > 0.05$) effect on contents of dry matter in stems of the both varieties examined, as determined in springs. Findings confirm that the highest contents of dry matter both in stems and in roots of oilseed rape (Fig. 1) were present in plants of the earlier sowing dates, and that these contents were lower in the plants sown later. Contents of dry matter decreased during winter, except in case of the oilseed rape sown on 10 September (analyses were carried out only in 2008/2009 because the analyses were omitted in spring of 2007/2008, and the plants failed to survive over the winter in 2009/2010). The following pattern was observed – the highest contents of dry matter both in stems and in roots was accumulated by oilseed rape plants of the earlier sowing dates (Fig. 1).

Correlation between the aggregate accumulated GDD and the contents of dry matter in stems, which was moderately strong in all cases, accounts for the effects of sowing date on contents of dry matter. The correlation between the accumulated GDD and the contents of dry matter in stems is exemplified by coefficient of determination $R^2 = 0.53$ ($p < 0.05$) in case of the ‘Californium’ and $R^2 = 0.60$ ($p < 0.05$) in case of the ‘Excalibur’. A strong correlation between the aggregate GDD and the contents of dry matter in roots has been observed, as exemplified by coefficient of determination $R^2 = 0.94$ in case of the ‘Californium’ and $R^2 = 0.88$ ($p < 0.05$) in case of the ‘Excalibur’. As regards correlation between the contents of dry matter in stems and roots and the winter hardiness, significant correlations of 95% confidence level were not observed on either of the varieties in 2007/2008 and 2009/2010. Nevertheless, the 2008/2009 findings on both varieties included a strong negative correlation between the contents of dry matter in autumn and the winter hardiness ($r = -0.932 / > r_{0.05} = 0.755$, $n = 5$ ‘Californium’; $r = -0.992 / > r_{0.05} = 0.755$, $n = 5$ ‘Excalibur’). This implies that effect of the contents indicators of sugars and dry matter on the winter hardiness must be evaluated in conjunction with the biometric indicators of oilseed rape.

Application of PGR on oilseed rape in autumn (factor C) did not have a significant effect on contents of dry matter in stems and roots. Furthermore, observations did not confirm a pattern of reduction or increase in the contents of dry matter in stems and roots caused by application of PGR on oilseed rape.

Plant density of oilseed rape during the vegetative growth

Germination and development of oilseed rape in autumn. On average across all the trial years, the highest field germination was observed on oilseed rape sown on 10 August (95%), whereas the lowest – that sown on

10 September (66%). Oilseed rape plants sown on 10 August had much better field germination than those sown on 1 August, given the frequent occurrence of high air temperatures and quite dry weather conditions in the last days of July. The findings of our research indicate that the field germination results were mostly conditional on soil humidity and air temperature. Development of the oilseed rape was slightly different in each trial year, which calls for consideration in further analysis of overwintering of the oilseed rape. Depending on the sowing dates of oilseed rape covered by the trials, it attained different developmental phases in the end of vegetative period.

Overwintering of winter oilseed rape depending on sowing date, sowing rate and application of PGR. Overwintering of winter oilseed rape (number of survived plants, %) throughout all the trial years was affected by all factors covered by the research. Sowing date (factor A) had a significant ($p < 0.05$) effect on overwintering of both varieties in all the trial years, except for the 'Excalibur' in 2007/2008 ($p = 0.061$).

On the whole, better indicators of overwintering were demonstrated by the 'Excalibur' hybrid, possibly because of its biometric indicators which are better in comparison with those of the 'Californium'. Advantages of the 'Excalibur' in terms of overwintering were manifested in the wintering indicators after winters of 2009/2010 and 2010/2011 whereby the wintering indicators of the 'Californium' sown in 10 September were within 1 – 2%. (Table 5) On the whole, the best overwintering was demonstrated by oilseed rape sown on 20 August which returned an average overwintering indicator of 70% in case of the 'Californium' and of 81% in case of the 'Excalibur' (Table 5). On average across all the trial years, overwintering of the crops sown on 10 September did not exceed 50%, even though the 'Excalibur' sown at late dates was wintering better than the 'Californium' (on average 47% and 34%, respectively).

Findings of research of four years (2007/2008 – 2010/2011) confirm that the application of PGR in autumn did not have a significant ($p > 0.05$) effect on the overwintering of oilseed rape. On average across all the trial years and all the sowing dates, the application of PGR improved the overwintering only in case of the 'Californium' sown on 1 August. Indicator of number of the plants perished during winter was lower in case of the oilseed rape treated with PGR and having higher plant density, except for the 'Californium' with sowing rate of 80 germinable seeds per m^2 . The following pattern was observed – the number of perished plants of the 'Excalibur' treated with PGR was greater in case of plots in which lower sowing rates had been applied (60, 40, 20 germinable seeds per m^2).

Overwintering, grades. Results of overwintering grading varied from year to year. High overall results of overwintering were attained in 2007/2008 and 2008/2009. Sowing rates significantly ($p < 0.05$) affected the overwintering

in 2008/2009, 2009/2010 and 2010/2011. Given the advantageous winter, the overwintering grades of both varieties did not differ in 2007/2008, even though in case of the 'Californium' there were significant ($p < 0.05$) differences in overwintering (expressed as %) which were dependent on sowing date. Overwintering in 2007/2008 and 2008/2009 was assessed as having grades 8 and 9, which is to be considered as a very good condition of the crops having an appropriate plant density and healthy plants. However, assessment of overwintering on the basis of the number of survived plants was not unambiguously positive (Table 5). The lowest results in assessment of overwintering were recorded after the winter of 2009/2010 whereby the highest average result of overwintering of the 'Californium' was demonstrated by oilseed rape sown on 10 August (grade 5.7), which also correlates with the assessment of overwintering on the basis of the number of survived plants (Table 5). The highest average result of overwintering grading in case of the 'Excalibur' was demonstrated by oilseed rape sown on 20 August (grade 5.1), which also correlated with the assessment of overwintering on the basis of the number of survived plants (Table 5). The average results of overwintering grading of oilseed rape crops sown in 10 September of 2009/2010 were grade 1.0 for the 'Californium' and grade 1.2 for the 'Excalibur', which imply occurrence of completely perished plants and are almost consistent with the assessment of overwintering on the basis of the number of survived plants (Table 5), yet certain plants survived and returned a seed yield thereafter. As regards results of 2010/2011, the indicators of overwintering assessment on the basis of the number of survived plants were consistent with the results overwintering grading, and the best overwintering was demonstrated by the 'Californium' sown on 10 August (grade 7.0) and the 'Excalibur' sown on 20 August (grade 6.9). Oilseed rape of both varieties sown on 10 September failed to survive over the winter in 2010/2011.

Sowing rate had a substantial ($p < 0.05$) effect on the results of overwintering grading of the 'Californium', and the sowing rate did not have a significant ($p > 0.05$) effect in 2010/2011 whereby the results varied within limits of one grading step, namely, grades 4.6 – 4.9 for the 'Californium' and grades 3.8 – 4.3 for the 'Excalibur'. Sowing rate did not have a substantial effect on the results of overwintering grading of the 'Excalibur' in 2007/2008 and 2008/2009 whereby the results varied within grades 8 – 9.

Application of PGR had a substantial ($p < 0.05$) effect, namely, it increased the results of overwintering grading of the 'Excalibur' in 2009/2010 and of both varieties in 2010/2011. Namely, the increase in the grades of winter hardiness grading caused by the application of PGR varied from 0.6 in case of the 'Californium' in 2010/2011 to 1.0 in case of the 'Excalibur' in 2009/2010. There was no pattern of increase in the results of overwintering grading caused by application of PGR in 2007/2008 and 2008/2009.

It was possible to perform comparison of and assess correlation between the both types of overwintering indicators attained on the basis of two evaluation methods. Results of the overwintering grading in 2007/2008 included only grades 8 and 9, and therefore there was no correlation between the overwintering grading and the overwintering on the basis of the number of survived plants. In course of the following years the results were disparate and included a wider range of grades, and therefore significant ($p < 0.05$ in 2009/2010 and 2010/2011; $p < 0.01$ in 2008/2009) correlations between the overwintering grading and the overwintering on the basis of the number of survived plants were observed.

Plant density during harvest. Results demonstrated that plant density in the end of vegetative period differed, depending on sowing date. The following pattern was observed – average plant density decreased more markedly in case of the earliest and the latest sowing dates. Sowing date and sowing rate had a significant (confidence level of 95%; $p < 0.05$) effect on plant density during harvest, as found on both varieties examined throughout all the trial years. Average (throughout 2007/2008 – 2010/2011) plant density during harvest of the crops sown on 1 August was considerably lower than those sown on 10 and 20 August. Throughout all the trial years the highest average plant density during harvest was observed on the ‘Californium’ sown on 10 August. A single exception from the latter was also observed, namely, the highest plant density demonstrated by oilseed rape sown on 20 August with a sowing rate of 80 germinable seeds per m^2 . The highest average plant density in case of the ‘Excalibur’ was demonstrated by plants sown on 20 August, except for plants which had a sowing rate of 20 germinable seeds per m^2 (Fig. 2).

Findings of the four trial years pertaining to plant density and sowing dates confirm that the 10 September is unsuitable for ensuring sufficient plant density. As observed throughout whole period of growth, in case of a higher plant density the number of plants decreased more markedly than they did in case of a lower plant density. Sufficient number of plants for yield formation during the vegetative period was attained if the sowing rate had been at least 60 germinable seeds per m^2 .

Oilseed rape yield components

Number of siliqua per plant. Number of siliqua per plant was significantly ($p < 0.05$) affected by sowing date and sowing rate as a factor affecting plant density of both varieties in 2007/2008 and 2008/2009. The following pattern was observed – number of siliqua per plant increased in line with decrease in plant density. Winter of 2009/2010 was unsuitable for overwintering of oilseed rape. As observed in 2009/2010 in the designated areas ($0.5 m^2$) of plots with plants sown on 1 September at a sowing rate of

120 germinable seeds per m², a sample sheaf contained only one or two plants and there were 1740 – 2985 siliqua per plant.

Number of seeds per siliquae. Number of seeds per siliqua was significantly ($p < 0.05$) affected by sowing date in case of both varieties in 2007/2008 and 2008/2009. Number of seeds per siliqua varied from 23 seeds, as observed in 2008/2009 on oilseed rape sown in 1 August, to 17 seeds, as observed in 2007/2008 on oilseed rape sown in 10 September. Findings of 2007/2008 and 2008/2009 confirm that the lowest number of seeds per siliqua was attained from oilseed rape sown on 10 September which is the latest sowing date. Sowing date had a significant effect on the number of seeds per siliqua (17 – 23 seeds per siliqua of the ‘Californium’, 16 – 21 seeds per siliqua of the ‘Excalibur’). Sowing rate had a significant effect on the number of seeds per siliqua of the ‘Californium’ in 2007/2008 and 2008/2009, whereas of the ‘Excalibur’ – only in 2007/2008).

Plant productivity. Productivity of a plant (g) was significantly ($p < 0.05$) affected by sowing date and sowing rate (plant density) in case of both varieties examined in 2007/2008 and 2008/2009. The following correlation was observed – plants from plots with lower plant density demonstrated a higher plant productivity. Plant productivity (on average from all sowing dates) was higher in case of the ‘Californium’ with sowing rates of 60 and 80 germinable seeds per m², and in case of the ‘Excalibur’ – 40 and 20 germinable seeds per m².

Number of seeds per plant. Number of seeds per plant was significantly ($p < 0.05$) affected both by sowing date and sowing rate. Number of seeds per plant of the ‘Californium’ varied from 766 seeds, as observed on plants sown in 1 September with sowing rate of 120 germinable seeds per m², to 9975 seeds, as observed on plants sown in 1 August with sowing rate of 60 germinable seeds per m², in 2008/2009. Number of seeds per plant of the ‘Excalibur’ varied from 1012 seeds, as observed in 2008/2009 on plants sown in 1 September with sowing rate of 80 germinable seeds per m², to 8949 seeds, as observed in 2007/2008 on plants sown in 20 August with sowing rate of 20 germinable seeds per m².

Weight of 1000 seeds (WTS). Weight of 1000 seeds was significantly ($p < 0.05$) affected by sowing date in case of both varieties examined in 2007/2008 and 2008/2009. WTS varied from year to year – seeds of both varieties were heavier in 2008/2009.

Apart from effective yield compensation mechanisms, the presence of which is attested by the observed correlations (Fig. 3), plant density had major effect on seed yield of the both varieties. This assertion is upheld by a substantial positive correlation between plant density and seed yield.

Effects of sowing date, sowing rate and use of plant growth regulator on the seed yield

Ripening. Throughout all the trial years the oilseed rape ripened in the last decade of July. Observations of the oilseed rape ripening did not reveal any variety-dependent or sowing rate-dependent deviations in days. Oilseed rape plants which had been treated with PGR ripened more steadily and earlier than the untreated plants.

Seed yield. Findings of the four trial years confirm that all the factors examined, namely, sowing date (factor A), sowing rate (factor B), application of PGR in autumn (factor C) and also the growing conditions in each year, had a substantial effect on seed yield of winter oilseed rape (Table 6).

On the whole, the hybrid variety ‘Excalibur’ was more productive than the line variety ‘Californium’ (Table 7). The highest seed yield (4.93 t ha^{-1}) of the ‘Californium’ was attained from crops sown on 10 August. This yield was significantly ($p < 0.05$) higher than those attained from other sowing dates. Analysis of the yield of oilseed rape attained from different sowing dates revealed significant differences across all sowing variations. Findings confirm that the line ‘Californium’ was more suitable for earlier sowing dates (first decade of August) than for later ones (second decade of August) because the average seed yield attained from oilseed rape sown on 1 August exceeded that of the 20 August (Table 7). Considerably lower yields were attained from the ‘Californium’ oilseed rape of the two last sowing dates – 1 September (2.92 t ha^{-1}) and 10 September (1.59 t ha^{-1}). As regards the ‘Excalibur’, the highest average seed yield was attained from crops sown on the third sowing date – 20 August (Table 7). The research did not reveal a significant ($p < 0.05$) difference between the seed yields from oilseed rape sown on 20 August (yield of seeds 5.71 t ha^{-1}) and on 10 August (5.54 t ha^{-1}). As regards yields from the other sowing dates, there was no significant ($p < 0.05$) difference between the seed yields from crops sown on 1 August and on 1 September. Crops sown on 1 August returned significantly ($p < 0.05$) lower seed yield than those sown on 10 and 20 August. In comparison with other sowing dates, the seed yields attained from both varieties sown on 10 September were considerably lower (Table 7) because the oilseed rape sown in 10 September of 2010/2011 failed to survive over the winter and the yield was absent.

Sowing rate or plant density had significant role with respect to formation of yield. In accordance with findings of our four-year trial, sowing rate had a significant ($p < 0.01$) effect on seed yield of oilseed rape (Table 7). Sowing rate initially determines the plant density, and the latter predominantly affected the seed yield of the both varieties during harvesting, as upheld by a substantial positive correlation between plant density and seed yield (Fig. 3). As regards the both varieties examined in our four-year trial, the highest

average seed yield was attained from crops with the highest sowing rate, which in case of the 'Californium' was 120 germinable seeds per m² (3.83 t ha⁻¹) (Table 7). As regards confidence level of differences between the yields, in case of the line variety 'Californium' there were no significant differences between the seed yield attained from sowing rate of 80 germinable seeds per m² and that of 100 germinable seeds per m². The difference between the yields, as attained from oilseed rape which had sowing rate of 120 germinable seeds per m² and that of 80 germinable seeds per m², formed 0.230 t ha⁻¹ (difference between the yields is significant, $p < 0.05$), yet it is not extensive enough to imply use of a sowing rate of 120 germinable seeds per m². The 'Excalibur' demonstrated similar results, as there was no significant ($p < 0.05$) difference between the seed yields of oilseed rape originating from sowing rates of 80 germinable seeds per m² and that of 60 germinable seeds per m² (Table 7, 8). Likewise, there was no significant ($p < 0.05$) difference between the seed yields of oilseed rape originating from 60 and 40 germinable seeds per m². As regards confidence level of differences between the yields in case of lower sowing rates, the most suitable sowing rate among the examined ones for the 'Excalibur' is 60 germinable seeds per m².

Findings of research of four years (2007/2008 – 2010/2011) confirmed that the seed yields of oilseed rape were affected – notably increased – by the use of PGR in autumn. On the whole, the highest seed yields, as enhanced by the application of PGR, were attained from different sowing dates (Table 9).

The highest increase of yield, as enhanced by the application of PGR, was observed in 2009/2010 and 2010/2011 on the 'Excalibur' sown in 1 August, the increase amounting to 1.95 t ha⁻¹ and 1.33 t ha⁻¹, respectively. The application of PGR provides an opportunity to sow the hybrid varieties earlier, thus extending the sowing period.

Average yield indicators of the oilseed rape treated with PGR retained the same pattern as those of the untreated oilseed rape, namely, the highest average seed yield was attained from the 'Californium' sown on 10 August and from the 'Excalibur' sown on 20 August.

CONCLUSIONS

1. Germination of oilseed rape was predominantly affected by the soil moisture levels during the sowing in the beginning of August, whereas in course of later sowing dates (in September) the most significant factor affecting growth and development was temperature.
2. Throughout all the trial years, sowing dates of oilseed rape had a significant ($p < 0.05$) effect on all biometric indicators which were determined in autumns of the sowing years. Sowing rate did not have a significant effect on height of growth point above soil and root length of oilseed rape. The

following pattern was observed – a decreased sowing rate resulted in an increase of certain biometric indicators, such as root collar diameter, plant weight and root weight. Effect of PGR on the biometric indicators of oilseed rape during the research period was inconsistent.

3. Contents of sugars and dry matter in stem and roots in autumn were significantly ($p < 0.05$) affected by the sowing date, and both indicators were higher if oilseed rape was sown in earlier sowing dates. Nevertheless and irrespective of the variety, both indicators decreased further during the overwintering, thus larger plants consumed more of the accumulated spare nutrients for the purpose of overwintering. Observations did not confirm either reduction or increase in the contents of dry matter in stem and roots caused by application of PGR.
4. In course of the twofold assessment of overwintering – by grading and on the basis of the number of survived plants – it was found that the results of grading were consistent with the assessment on the basis of the number of survived plants. Substantial correlations between the overwintering grading and the overwintering indicators on the basis of the number of survived plants were observed in three of the four trial years. Consequently, both assessment methods are sufficiently unbiased and usable.
5. Hybrid variety 'Excalibur' was overwintering more successfully throughout all the trial years. Indicators of overwintering were considerably affected by conditions of the trial, and line variety 'Californium' sown on 10 September failed to survive over the winter in two of the four trial years, while the hybrid variety sown on 10 September failed to survive over the winter in one of the four trial years. On the whole, oilseed rape sown on 20 August was overwintering most successfully.
6. Plant density during harvesting of the both varieties examined was significantly ($p < 0.05$) affected both by sowing date and sowing rate. Throughout the whole period of growth, plant density predominantly decreased in case of the oilseed rape sown in the beginning of August and in September. On the whole, in case of a higher plant density the number of plants decreased more markedly than they did in case of a lower plant density. Sufficient number of plants for yield formation during the vegetative period was attained if the sowing rate had been at least 60 germinable seeds per m^2 .
7. Yield component – 'number of plants per $1 m^2$ ' – was significantly affected by the initial cause of this indicator, namely, the sowing rate, as complemented by another significant factor, namely, conditions for overwintering. Sowing rate also substantially affected the number of plants per $1 m^2$, and crops failed to survive more markedly in case of the earliest and the latest sowing dates. On the other hand, the productivity indicators of individual plants increased in line with decrease in the number of plants per

- 1 m², and the indicators were also affected by sowing date. Correlation analysis proved that yield is substantially dependent on the number of plants per 1 m², while a reduction in the number of plants may be compensated by yield components characterising productivity of an individual plant.
8. Timing of maturity of oilseed rape differs, it is dependent on the sowing date, and it was found that the oilseed rape sown in later dates ripens later, and oilseed rape plants which had been treated with PGR ripened more steadily and earlier than the untreated plants. Furthermore, as found on both varieties examined, the application of PGR increased the seed yields of oilseed rape sown in all sowing dates of August of the trial.
 9. All the factors examined, namely, sowing date, sowing rate, application of PGR in autumn and also the growing conditions in the trial year, had a substantial effect on yield of winter oilseed rape. On the whole, the 'Excalibur' hybrid variety was more productive than the 'Californium' line variety.
 10. Higher yield in case of the 'Californium' line variety was dependent on sowing in earlier sowing dates in comparison with the 'Excalibur'. The most suitable sowing period for the line variety is the first decade of August, notably its end, whereas for the hybrid variety – the second decade of August, notably its end.
 11. Even though the highest average seed yield was attained from both varieties by means of the highest sowing rates examined (120 germinable seeds per m² for the line variety, 80 germinable seeds per m² for the hybrid variety), on the basis of confidence level of differences between the yields in case of lower sowing rates, and taking into consideration that higher number of plants failed to survive over the winter in case of the highest sowing rates, it was found that the most suitable sowing rates among the examined ones are 80 germinable seeds per 1 m² for the line variety and 60 germinable seeds per 1 m² for the hybrid variety.

PĒTĪJUMU APROBĀCIJA

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

Publikācijas, kas indeksētas SCOPUS un/vai Web of Science datu bāzēs/
Articles with indexes in SCOPUS and /or in Web of Science data bases

1. Balodis O., Gaile Z. (2009). Influence of agroecological factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. *Research for Rural Development-2009*, Jelgava, LLU, p. 36 – 43. SCOPUS, Web of Science, CAB-abstracts.
2. Balodis O., Gaile Z. (2010). Impact of some agroecological factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) plant density. *Research for Rural Development-2010*, Jelgava, LLU, p. 35 – 41. Indexed: SCOPUS; Web of Science, CAB-abstracts.
3. Balodis O., Gaile Z. (2011). Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. *Research for Rural Development-2011*, Jelgava, LLU, p. 6 – 12. Indexed: SCOPUS; Web of Science, CAB-abstracts.
4. Balodis O., Gaile Z., Strikauska S. (2012). Changes in sugar content of winter oilseed rape plant during winter. *Research for Rural Development-2012*, Jelgava, LLU, p. 24 – 30. Indexed: SCOPUS; Web of Science, CAB-abstracts.
5. Balodis O., Gaile Z. (2012). Oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) seed yield depending on several agro-ecological factors. **In:** *Renewable energy and energy efficiency: proceedings of the international scientific conference*, [Jelgava, Latvia, May 28-30, 2012] Latvia University of Agriculture, Jelgava, p. 39 – 44. Indexed: Web of Science, CAB abstracts.
6. Balodis O., Gaile Z. (2016). Sowing date and rate effect on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) yield components' formation. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact and Applied Sciences*. Vol. 70 (6), p. 384 - 392. Indexed: SCOPUS, Web of Science.

Recenzētas zinātniskās publikācijas/ *Peer-reviewed articles*

1. Balodis O., Gaile Z. (2011). Fungicide as growth regulator application effect on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. *Agraarteadus (Journal of Agricultural Science)*, No. 22(2), p. 7 – 12. CAB abstracts.
2. Balodis O., Gaile Z. (2015). Changes of winter oilseed rape plant survival during vegetation. *Proceedings of the Latvia University of Agriculture [elektroniskais resurss]*. London: Versita, Vol. 33(1), p. 35 – 45. EBSCOhost Academic Search Complete.

Mācību līdzekļi/ *teaching aids*

1. Balodis O., Bankina B., Gaile Z., Grantiņa I. (2012). *Ziemas rapsis*. Jelgava, LLU, 68 lpp. ISBN 978-9984-48-057-2.

Publikācijas semināru krājumos un konferenču tēzes /*Proceedings and abstracts*

1. Balodis O., Gaile Z. (2009). Dažu agronomisko faktoru ietekme uz ziemas rapša (*Brassica napus* L.) ražas un tās struktūrelementu veidošanos. No: "Ražas svētki Vecauce-2009", Latvijas Lauksaimniecības universitātei – 70. Zinātniskā semināra rakstu krājums. Jelgava, LLU, 9. – 12. lpp.
2. Balodis O., Gaile Z. (2010). Sējas laika, izsējas normas un augu augšanas regulēšanas ietekme uz ziemas rapša sēklu ražu. No: "Ražas svētki Vecauce-2010", Zināšanas – visdrošākais ieguldījums darbam un dzīvei. Zinātniskā semināra rakstu krājums. Jelgava, LLU, 7. – 11. lpp.
3. Balodis O., Gaile Z. (2011). Important factors influencing winter oil-seed rape yield. In: *Book of Abstracts. 24th NJF Congress. Food, Feed, Fuel and Fun. Nordic light on future land use and rural development*. SLU, Uppsala, Sweden, June 14 – 16, 2011. p. 122.
4. Balodis O., Gaile Z. (2011). Influence of sowing date and rate on winter oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) straw yield and seed/straw ratio. In: *Book of Abstracts of the 13th International Rapeseed Congress*. CD format.

Populārzinātniskās publikācijas / *popular publications*

1. Balodis O., Bartuševica R., Gaile Z. (2008). Rapsis „*cash crop*” jeb naudas kultūraugs. *Agrotops*, Nr. 4.(128), 24. – 26. lpp.
2. Balodis O., Gaile Z., Bankina B. (2011). Ziemas rapšu audzēšanas tehnoloģijas. *Agrotops*, Nr. 8., 18. – 20. lpp.
3. Balodis O., Gaile Z., Bankina B. (2011). Ziemas rapšu audzēšanas tehnoloģijas – nobeigums. *Agrotops*, Nr. 9., 20. – 22. lpp.

Referāti starptautiskās zinātniskās konferencēs / *presentations in international conferences*

1. Balodis O., Gaile Z. (2009). Influence of agroecological factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. *Research for Rural Development-2009*, International Scientific Conference. Jelgava, LLU, 20 – 22 May 2009.

2. Balodis O., Gaile Z. (2010). Incidence of *Phoma* leaf spot and stem canker in winter oilseed rape depending on some agronomical factors. *NJF Seminar Nr. 430 „Climate Change and Agricultural Production in the Baltic Sea Region”* 4 – 6 May 2010, Sweden, Uppsala.
3. Balodis O., Gaile Z. (2010). Impact of some agroecological factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) plant density. Annual 16th International Scientific Conference: *Research for Rural Development*, Jelgava, LLU, 19 – 21 May 2010.
4. Balodis O., Gaile Z. (2011). Influence of sowing date and rate on winter oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) straw yield and seed/straw ratio. 13th IRC (13th International Rapeseed Congress), 5 – 9 June 2011, Prague, Czech Republic.
5. Gaile Z., Balodis O. (2011). Important factors influencing winter oil-seed rape seed yield. 24th NJF Congress and 2nd Nordic Feed Science Conference: *Food, Feed, Fuel and Fun. Nordic Light on Future Land Use and Rural Development*. Sweden, Uppsala, 14 – 16 June 2011.
6. Balodis O., Gaile Z., Strikauska S. (2012). Changes in sugar content of winter oilseed rape plant during winter. Annual 18th International Scientific Conference: *Research for Rural Development*, Latvia, Jelgava, LLU, 16 – 18 May 2012.
7. Balodis O., Gaile Z. (2012). Oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) seed yield depending on several agro-ecological factors. International Scientific Conference: *Renewable energy and energy efficiency*, Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia, 28 – 30 May 2012.

Referāti citās konferencēs un semināros / *presentations in other conferences and seminars*

1. Balodis O., Gaile Z. (2010). Sējas laika, izsējas normas un augu augšanas regulēšanas ietekme uz ziemas rapša sēklu ražu. *Zinātnisks seminārs “Ražas svētki Vecauce-2010”*: Zināšanas – visdrošākais ieguldījums darbam un dzīvei. LLU MPS „Vecauce” 2010. g. 4. novembrī.
2. Balodis O., Gaile Z. (2011). Sējas termiņa un izsējas normas ietekme uz ziemas rapša (*Brassica napus* spp. *oleifera*) salmu ražu un sēklu salmu attiecību. Apvienotais Pasaules latviešu zinātnieku III kongress un Letonikas IV kongress „Zinātne, sabiedrība un nacionālā identitāte” Rīgā, 2011. gada 24. – 27. oktobrī.
3. Gaile Z., Balodis O. (2013). Sējas laika nozīme ziemas rapša audzēšanā. LLKC un LLU MPS „Vecauce” organizēts seminārs, Vecauce, 2013. g. 2. jūlijā.