Cukura saturs izmaiņas ziemas kviešu augos ziemošanas periodā Changes in Sugar Content in Winter Wheat during Overwintering

Antons Ruža*, Dzidra Kreišmane, Dzintra Kreita, Silvija Strikauska

LLU Agrobiotehnoloģijas institūts
Institute of Agrobiotechnology, LLU

Abstract. A three-year field study (2005–2007) of winter wheat was conducted on lessive brown soil, silt loam at the Study and research farm “Peterlauki”. The study covered three genetically different winter wheat cultivars (‘Cubus’, ‘Tarso’, and ‘Zentos’). Wheat was sown on 4 different dates with a 10-day interval in the period from the end of August until the end of September by using three sowing rates (300, 400, and 500 fertile seeds per 1 m²) in four replications. Samples for identification of sugar content were taken from all cultivars in autumn at the end of vegetation period and in spring at the beginning of vegetation by cutting the surface part of the plant. During overwintering – end of January and beginning of February – samples were taken from all wheat varieties sown on all sowing times with the sowing rate of 400 fertile seeds per 1 m². The study revealed that sugar content in autumn, prior to the end of vegetation, was the highest for early sown winter wheat, but slightly decreased with each succeeding date of sowing. However, prior to overwintering, differences in sugar content among plants sown on different dates depended on the length of autumn season and on fluctuations in temperature during that period. Sugar content was different among different varieties, and changes that were identified during the vegetation period depended mainly on wintering conditions. If varieties with rich tillering and intensive growth in autumn were sown early, they lost greater amounts of sugar during overwintering. Although sugar content in plants in spring differed considerably year after year, differences in sugar content among the plants sown on different dates within one year almost completely leveled out and were slight. Plants rich in above-ground biomass utilised considerably more sugars to support their life function in the period of wintering. In the spring with comparatively early beginning of vegetation, relatively more sugar had remained in plants out of the amounts accumulated in autumn period in comparison to the spring with late beginning of vegetation. No impact of the sowing rate on sugar content and its changes during the vegetation period was identified.

Key words: carbohydrates, hardness, sowing time, sowing rate, cultivars.

Ievads

Pārtikas un zināmā mērā arī lopbarības graudu ražošanā kviešiem ir noteicošā loma Latvijā. Centrālās statistikas pārvaldes apkopotie dati par laukaugu sējumu platībām liecina, ka 2009. un 2010. gadā graudaugu sējumi aizņēma attiecīgi 540.8 un 535.7 tūkst. ha jeb ap 49% no kopējās laukaugu sējumu platības. No tiem kvieši 2009. gadā tika audzēti 285.7 tūkst. ha un 2010. gadā 303 tūkst. ha, jeb to īpatsvars graudaugu sējumu struktūrā bija attiecīgi 52% un 56%. No tiem ziemas kviešu sējplatības 2009. gadā bija 212.4 tūkst. ha un 2010. gadā 221.3 tūkst. ha jeb ap 40% no graudaugu kopējās sējplatības. Ziemas kviešiem ir arī ievērojami augstākas graudu ražas (2009. gadā – 3.86 t ha⁻¹, 2010. gadā – 3.5 t ha⁻¹), salīdzinot ar citām graudaugu

sugām (vidējā graudaugu raža Latvijā 2009. gadā bija 3.08 t ha⁻¹, un 2010. gadā – 2.64 t ha⁻¹). Lai arī pa atsevišķiem gadiem šie rādītāji nedaudz mainās, taču graudu kopievākumā ziemas kvieši veido 50–55% (CSP informācijas ..., 2010).

Salīdzinot ar vasaras kviešiem, ziemas kvieši rudens un pavasara periodā labāk izmanto augsnes mitrumu un barības vielas. To veģetācijas periods ir garāks, un piemērotos apstākļos tie nodrošina augstas vai ļoti augstas ražas. Šīs priekšrocības ziemas kvieši saglabā tikai tad, ja ir labi pārziemojuši (Galiba, Vágújfalvi et al., 2009). Ziemas kviešu novājināšanās un bojāejas cēloņi var būt ļoti dažādi un atkarīgi no augu salizturības un ziemciētības.

Par augu ziemciētību ziemošanas periodā sauc augu izturību pret dažādu nelabvēlīgu faktoru

* Corresponding author's email:
Antons.Ruza@llu.lv

kompleksu. Ziemcietība nozīmē izturību pret sasaldšanu, temperatūru svārstībām, izžūšanu, skābekļa trūkumu, izturību pret slimībām, pārklāšanos ar ledu u.c., bet viens no galvenajiem faktoriem ir sala izturība (Galiba, Vágújfalvi et al., 2009). Salizturība (*frost tolerance*) ir spēja pretoties pazeminātas temperatūras iedarbībai. Tas ir komplekss rādītājs, ko ietekmē ne tikai fizioloģiskie un ģenētiskie faktori, bet arī vide. Salcietīgām šķirnēm izturības maksimums veidojas jau 11. dienā pēc norūdīšanās perioda sākuma, bet jūtīgās šķirnes izturības maksimumu sasniedz tikai 43. dienā (Hanslin, Mortensen, 2010).

Ziemāju ziemcietība lielā mērā ir atkarīga no šķirnes īpatnībām, audzēšanas apstākļiem un augu norūdīšanās rudenī. Fosfora un kālija mēslojums veicina to izturību un labvēlīgi ietekmē norūdīšanās procesu. Bagātīgs slāpekļa mēslojums sekmē augu augšanu, taču negatīvi ietekmē to norūdīšanos. Ziemošana ir atkarīga no rudens, ziemas un pavasara meteoroloģiskās situācijas, augsnes īpatnībām, šķirņu reakcijas uz apkārtējās vides izmaiņām u.c. faktoriem.

Viens no nozīmīgākajiem faktoriem, kas nosaka ziemcietību, ir cukura satura izmaiņas, jo tās ir tieši saistītas ar svarīgiem fizioloģiskiem procesiem: fotosintēzi, barības vielu pārvietošanos un elpošanu.

Aklimatizācija ir augu pielāgošanās spēja zemākām temperatūrām. Tas ir sarežģīts process, kura laikā augos notiek daudzas fizioloģiskas izmaiņas un metabolisma procesi. Augu izturības veidošanās jeb norūdīšanās ir cieši saistīta ar fizioloģisko un biokīmisko procesu norisi augos rudens periodā. Norūdīšanās procesā augos palielinās cukuru un citu šķīstošo savienojumu daudzums (Klimov, Astakhova, Trunova, 1999; Javadin, Karimzadeh et al., 2010). Šķīstošo cukuru daudzums rudenī veicina ziemcietību, savukārt cukuru kvantitāte un kvalitāte ietekmē ziemas kviešu izdzīvošanu (Gaudet, Laroche, Yoshida, 1999).

Vēlu rudenī un ziemas sākumā, pakāpeniski samazinoties vidējai gaisa temperatūrai, notiek augu norūdīšanās, kas ir ļoti būtisks nosacījums augu ziemcietības palielināšanai. Aukstumizturīgiem ziemājiem samazinās augšanas intensitāte, lapu virsma un sausas saturs augos. Sausas saturs samazinās, relatīvi palielinoties ūdens daudzumam šūnās. Šajā laikā labības un graudzāles uzkrāj lielu daudzumu šķīstošo ogļhidrātu, galvenokārt fruktozi, augu lapu šūnās (Gaude, Laroche, Puchalski, 2001). Augu norūdīšanās notiek labāk, ja dienā ir intensīvs apgaismojums un temperatūra sasniedz 8–10 °C, bet naktīs pazeminās līdz 0 °C. Augos, it īpaši cerošanas mezglos, intensīvi uzkrājas plastiskās

vielas, galvenokārt cukuri. Pirms ziemošanas perioda iestāšanās cukura koncentrācija augos sasniedz 20–25% no augu sausas masas. Vēlākā periodā jau neliela negatīvā temperatūra izraisa augu šūnu pakāpenisku atūdeņošanu. Vispirms samazinās ūdens daudzums citoplazmā un starpsūnu telpā, un tā rezultātā palielinās šūnsulas koncentrācija, it īpaši cerošanas mezglā un lapu makstīs. Šūnsulas koncentrācijas pieaugums ievērojami palielina augu ziemcietību un salizturību.

Cukuri pasargā šūnapvalkus no sala vai dehidratācijas izraisītiem bojājumiem (Nagao, Minami et al., 2005). Spilgts un regulārs apgaismojums pozitīvi ietekmē ziemcietību, un ir novērota cieša korelācija starp ziemcietību un šķīstošo cukuru koncentrāciju augu lapās pirmssala periodā. Taču sakarība starp ziemcietību un cukuru koncentrāciju saknēs ir nepārlicieša (Bourion, Lejeune-Hénaut et al., 2003). Palielinoties augos šķīstošo cukuru saturam, augi kļūst sala izturīgāki, kas nodrošina arī augstākas ražas (Jacobsen, Monteros et al., 2005).

Pētījumos ar *Lolium perenne* pierādīts, ka cukuru uzkrāšanās ietekmē gan norūdīšanās ātrumu, gan salcietības līmeni. Genotips ar augstāku šķīstošo cukuru koncentrāciju bijis tolerantāks pret salu (Hanslin, Hoglind, 2009). Vairāki autori uzskata, ka paaugstināts cukuru saturs palielina graudaugu rezistenci pret dažādiem abiotiskiem faktoriem, tādējādi uzlabojot ziemcietību (Vágújfalvi, Kerepesi et al., 1999).

Sala izturīgās šķirnes uzkrāj vairāk cukurus aukstuma stresa apstākļos. Ir konstatēta korelācija starp cukura daudzumu auga lapās un augu izdzīvošanu salā (Vágújfalvi, Nagy et al., 2010). Japānā veiktajos pētījumos augu sākotnējā norūdīšanās fāzē līdz novembra sākumam cukuru uzkrāšanās noritēja līdzīgi visām šķirnēm, taču vēlāk cukuri vairāk uzkrājās ziemcietīgās šķirnēs (Yoshida, Abe et al., 1998). Izmēģinājumos, kur cukuru saturs tika noteikts pēc 36 dienu augšanas, vislielākais tā daudzums bija vēlāk sētajos kviešos, kuri bija auguši vidējā temperatūrā (+6.6 °C), bet viszemākais – ja temperatūra bija ap +20 °C (Sugiyama, Shimazaki, 2007).

Vairākos pētījumos konstatēts, ka cukuru satura pieaugums būtiski palielina ziemcietību, taču ir arī pretēji rezultāti. Hanslina un Mortensena pētījumos nav atklāta būtiska korelācija starp cukuru saturu un stiebru bojāeju (Hanslin, Mortensen, 2010). Vēlāk sētie kvieši, kas atrodas tikai triju lapu fāzē vai ir izveidojuši 1–2 stiebrus, pārziemo labāk nekā agrāk sētie. Rudenī, līdz ar dienas vidējās temperatūras

krišanas, notiek cukuru uzkrāšanās augos un agrāk sētie uzkrāj mazāku cukuru daudzumu. Ziemas beigās un pavasarī cukuru daudzums pakāpeniski samazinās. Pavasara sākumā vēlāk sētie kvieši bieži vien ir labāk pārziemojuši un saglabājuši vairāk cukuru nekā agrāk sētie (Stupnikova, Borovskii et al., 2002).

Arī mitruma trūkums rudenī kavē ogļhidrātu uzkrāšanos. Augiem, kuri cietuši no mitruma trūkuma radīta stresa, sausnas saturs stiebrzāļu lapās bijis zemāks nekā tiem augiem, kuri pēc sausuma perioda ir laistīti, tomēr atšķirības nav būtiskas. Ogļhidrātu koncentrācija ganību airesnes lapās sausuma ietekmē ir zemāka, bet laistīšana to daudzumu palielina. Līdzīga sakarība novērota arī niedru auzenes (*Festuca arundinacea* Schreb.) augos (Karsten, MacAdam, 2001).

Latvijas apstākļos ziemāju iznīkšanas cēloņi ziemošanas laikā retāk ir saistīti ar tiešu izsalšanu, t.i., ar salizturību, bet biežāk – ar augu ziemcietību. Nepastāvīgo laika apstākļu ietekmē bieži vien vērojama ziemāju izsušana, it īpaši ziemās, kad uz nesasalušas augsnes uzkrīt bieža sniega kārtā. Zem sniega segas augi turpina elpot. Barības vielu uzņemšana nenotiek. Līdz ar to augi zaudē izturību pret salu, slimībām un citiem nelabvēlīgiem apstākļiem. No izsušanas vairāk cieš sabiezināti, agri sēti, pārauguši sējumi ar lielu veģetatīvo dzinumu un lapu masu rudenī. Augu elpošanas rezultātā tiek iztērētas uzkrātās rezerves barības vielas – sākumā ogļhidrāti, tad olbaltumvielas. Taču cukuru pārpalikumi pavasarī var būt būtiski ziemāju izdzīvošanai (Gaudet, Laroche et al., 2003).

Kā liecina literatūras avoti, pētījumi par cukura satura izmaiņām dažādiem ziemāju augiem veikti daudzās ģeogrāfiski atšķirīgās vietās. Taču Latvijas apstākļos ar ziemas kviešiem šāda veida pētījumi nav notikuši. Līdz ar to mūsu pētījumu mērķis bija skaidrot cukura satura izmaiņas ziemošanas periodā Latvijas apstākļos dažādām ģenētiski atšķirīgām ziemas kviešu šķirnēm atkarībā no sējas laika un izsējas normas pa gadiem mainīgos meteoroloģiskos apstākļos.

Materiāli, metodes un pētījumu apstākļi

Lauka izmēģinājumi iekārtoti trīs gadus (2005–2007) mācību pētījumu saimniecībā „Pēterlauki” putekļaina smilšmāla lesivētā brūnaugsne. Izmēģinājumā iekļautās 3 ziemas kviešu šķirnes (‘Cubus’, ‘Tarso’ un ‘Zentos’) ir ģenētiski atšķirīgas galvenokārt pēc ražības līmeņa un ražas kvalitātes rādītājiem, kā arī daļēji pēc veģetācijas perioda garuma. Sēja veikta 4 sējas laikos ar 10 dienu

intervālu no augusta beigām līdz septembra beigām (30.08 ± 2 ; 10.09 ± 2 ; 19.09 ± 2 ; 29.09 ± 2) ar 3 izsējas normām – 300, 400 un 500 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 četros atkārtojumos. Kopā izmēģinājumā iekļauti 36 varianti. Izmantota sertificēta, kodināta sēkla. Sējas dziļums – 3–4 cm. Mēslojums pamatmēslojumā: P_2O_5 – 60 kg ha^{-1} , K_2O – 90 kg ha^{-1} ; papildmēslojumā (dalīti): N – 150 kg ha^{-1} (90 kg ha^{-1} pavasarī, veģetācijai atjaunojoties, un 60 kg ha^{-1} stiebrošanas fāzes sākumā).

Augu paraugi tika ņemti, nogriežot augu virszemes daļu katram variantam no diviem atkārtojumiem un veidojot vienu kopējo paraugu cukuru satura noteikšanai. Rudenī, veģetācijai beidzoties, un pavasarī, veģetācijai atjaunojoties, augu paraugi tika ievākti no visiem variantiem, bet ziemošanas laikā (janvāra beigās–februāra sākumā) augu paraugi tika ievākti visām šķirnēm visu sējas laiku variantos ar izsējas normu – 400 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m^2 . Pa gadiem paraugu ņemšanas termiņi atkarībā no meteoroloģiskās situācijas bija atšķirīgi. Tā, 2004./2005. gada un 2005./2006. gada meteoroloģiskajos apstākļos rudenī paraugus ņēma novembra otrajā dekādē, bet 2006./2007. gadā – decembra pirmās dekādes beigās. 2007. gada pavasarī arī veģetācija sākās visagrāk – jau 12. martā, bet pārējos gados – aprīļa otrās dekādes sākumā (2005. gadā) un beigās (2006. gadā). Reducējošo cukuru saturs noteikts LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā pēc standartmetodes „Cukuri. Reducējošo cukuru noteikšana, izsakot kā invertcukuru vai glikozes ekvivalentu (Lufa-Šorla metode)” – LVS 252:2000. Metodes princips: reducējošie cukuri paraugā tiek karsēti līdz vārīšanās punktam noteiktos apstākļos kopā ar vara(II) šķīdumu, kurš daļēji reducējas līdz varam(I). Vara(II) pārākums tiek noteikts jodometriski.

Datu matemātiskā apstrāde dispersijas analīzei un variācija koeficientu noteikšanai veikta ar datorprogrammu „Anova: Two-Factor Without Replication”, bet atsevišķu faktoru ietekme noteikta ar programmu „Correlation” un izteikta ar determinācijas koeficientu R^2 .

Tā kā sēja tika veikta četros termiņos, arī laika periods no sējas–sādīgšanas līdz rudens veģetācijas perioda beigām katram nākamajam sējas laikam bija par 10 dienām īsāks, salīdzinot ar iepriekšējo. Līdz ar to arī sējumi ar atšķirīgu sējas laiku rudens veģetācijas beigās bija dažādās attīstības pakāpēs. Meteoroloģiskie apstākļi rudens–ziemas periodā

1. att. Gaisa vidējā temperatūra pa dekādēm, °C.

Fig. 1. The average temperature of ten-day periods during overwintering, °C.

pētījumu gados ievērojami atšķirās. Vidējās dekāžu temperatūras septembra mēnesī visos pētījumu gados bija tuvas ilggadīgiem vidējiem rādītājiem, taču jau oktobrī, 2005. un it īpaši 2006. gadā, vidējā gaisa temperatūra atsevišķās dekādēs bija 1.5 līdz 2 reizes augstāka par vidējo ilggadīgo rādītāju (1. att.). Arī novembrim un decembrim bija raksturīgas svārstīgas, nepastāvīgas temperatūras. Tikai 2004. gadā novembra mēnesis ar nelielām novirzēm bija tuvs vidējiem ilggadīgiem rādītājiem un augu veģetācija tika pārtraukta tikai nedaudz vēlāk (novembra pirmās dekādes vidū), salīdzinot ar vidējiem ilggadīgiem rādītājiem (oktobra pēdējās dekādes beigās). Taču arī turpmākajā laika periodā līdz janvāra otrās dekādes beigām temperatūras svārstījās no -4.5°C līdz $+3.5^{\circ}\text{C}$, un tikai ar janvāra otrās dekādes beigām iestājās stabils ziemošanas periods ar augstāko vidējo dekādes temperatūru marta pirmajā dekādē – 9.5°C . Jau ar marta trešo dekādi palika siltāks, un veģetācija atjaunojās 8.–10. aprīlī. 2004./2005. gada ziemošanas periodā ziemas kvieši jutami cietuši nebija.

2005. gada novembra sākums bija ļoti silts. Pirmajā dekādē gaisa vidējā temperatūra bija 2 reizes augstāka ($+6^{\circ}\text{C}$) par vidējo ilggadīgo rādītāju. Taču vēlāk tā pakāpeniski samazinājās, un jau 2. dekādes vidū veģetācija bija pārtraukta. Turpmākajā ziemošanas periodā ar nelieliem atkušņiem saglabājās mērens sals, sasniedzot dekādes zemāko rādītāju (-8.1°C) februāra 1. dekādē. Mīnus temperatūra saglabājās līdz aprīļa sākumam.

Taču arī aprīļa pirmā puse bija salīdzinoši vēsa, un gaisa temperatūra bija tuva vidējiem ilggadīgiem rādītājiem. Veģetācija atjaunojās 20.–21. aprīlī – dažas dienas vēlāk nekā pēc ilggadīgiem vidējiem rādītājiem.

2006./2007. gada ziemošanas periods krasi atšķirās no iepriekšējiem gadiem, kā arī no ilggadīgiem vidējiem rādītājiem. Veģetācijas periods turpinājās līdz decembra vidum, taču arī turpmāk, līdz pat janvāra 3. dekādei, saglabājās pozitīvas temperatūras, janvāra 1. dekādē sasniedzot pat $+5.0^{\circ}\text{C}$ vidējo rādītāju. Garais un nokrišņiem salīdzinoši bagātais rudens veģetācijas periods būtiski ietekmēja ziemas kviešu augšanu un attīstību – pirmajā, daļēji arī otrajā, sējas laikā augi bija ļoti sacerojuši un stipri pārauguši, it īpaši šķirnes ‘Cubus’ sējumi. Tikai ar janvāra 3. dekādi mīnus temperatūras stabilizējās un zemāko rādītāju (-11.1°C) sasniedza februāra 3. dekādē. Ar marta mēnesi iestājās silts laiks, ievērojami pārsniedzot vidējos ilggadīgos rādītājus. Veģetācija atjaunojās agri – 25.–26. martā, t.i., gandrīz mēnesi agrāk nekā iepriekšējā gadā.

Rezultāti

Cukura saturs ziemas kviešu augos lielā mērā bija svārstīgs gan pa atsevišķiem gadiem, gan arī sējas laikiem un šķirnēm viena gada robežās. Tā, 2004. gada rudenī pirmajā sējas laikā augstāko cukura saturu (24.06%) konstatēja šķirnei ‘Tarso’ (1. tabula). Otrajā sējas laikā visām šķirnēm cukura saturs ievērojami palielinājās – vidēji par 3.50% ,

1. tabula / Table 1

Cukura saturs ziemas kviešu augos rudenī veģetācijas perioda beigās, %
Sugar content in winter wheat in autumn at the end of vegetation period, %

Šķirnes / Varieties	2004	2005	2006
1. sējas laiks / 1st sowing time			
Cubus	19.36	21.50	16.03
Tarso	24.06	31.54	24.01
Zentos	18.93	21.07	29.33
Vidēji / Average	20.78	24.70	23.12
2. sējas laiks / 2nd sowing time			
Cubus	23.17	16.90	16.16
Tarso	25.36	34.91	25.48
Zentos	21.39	19.35	21.10
Vidēji / Average	23.30	23.72	20.91
3. sējas laiks / 3rd sowing time			
Cubus	22.12	13.81	14.76
Tarso	20.57	22.54	25.48
Zentos	22.37	17.84	21.10
Vidēji / Average	21.69	18.06	20.45
4. sējas laiks / 4th sowing time			
Cubus	22.10	13.61	17.47
Tarso	19.15	21.12	25.73
Zentos	16.01	17.89	20.15
Vidēji / Average	19.09	17.54	21.11

taču pieaugums starp atsevišķām šķirnēm bija dažāds: no 1.30% šķirnei ‘Tarso’ līdz 3.81% šķirnei ‘Cubus’. Ar katru nākamo sējas laiku cukura saturs augos pakāpeniski samazinājās, taču starp šķirnēm bija būtiskas atšķirības – vismazāko cukura saturs samazinājumu konstatēja šķirnei ‘Cubus’.

2005. gada siltais oktobris un novembra pirmā dekāde veicināja cukura uzkrāšanos agrāko sējas laiku augos, taču starp šķirnēm konstatēja ievērojamas atšķirības. Visaugstākais cukura saturs bija šķirnes ‘Tarso’ pirmā un otrā sējas laika augos – attiecīgi 31.54% un 34.91%. Abām pārējām šķirnēm cukura saturs bija ievērojami zemāks un jau ar otro sējas laiku pakāpeniski samazinājās – pat līdz 13.61% šķirnei ‘Cubus’ ceturtajā sējas laikā. Matemātiskās apstrādes dati liecina, ka šķirnes faktors būtiski ietekmēja cukura saturu rudenī: $F_{\text{fact}} > F_{\text{crit}}$ (γ 0.05=3.23).

Izsējas normas nevienā no gadiem vai šķirnēm cukura saturu augos būtiski neietekmēja. Pastāvēja nenozīmīgas cukura saturs svārstības bez noteiktām sakarībām.

Cukura saturs zudumi (cukura saturs attiecība pavasarī pret cukura saturu rudenī) ziemas kviešu

ziemošanas periodā vislielākie bija 2004./2005. ziemošanas gadā, kad šķirņu vidējais cukura saturs pavasarī bija no 24% pirmā sējas laika kviešos līdz 34% ceturajā sējas laika augos no rudenī konstatētā cukura saturs (2. tabula). Vidēji mazākie cukura zudumi konstatēti 4. sējas laika sējumos, taču starp šķirnēm bija būtiskas atšķirības. Augstākais cukura patēriņš ziemošanas periodā bija šķirnei ‘Zentos’ visos sējas laikos, bet mazākais – šķirnei ‘Cubus’ – arī visos sējas laikos, izņemot pirmo.

2005./2006. gada ziemošanas periodā starp šķirnēm bija vērojama līdzīga sakarība – tikai ar neredzami augstākiem rādītājiem. Augsts cukura saglabāšanās rādītājs līdz veģetācijas atjaunošanās laikam konstatēts 2006./2007. gadā: vidēji 70–80% pirmajā–trešajā sējas laikā. Tikai ceturtajā sējas laikā tas bija ievērojami zemāks – 53%.

Lai arī katru gadu pēc cukura saturs izmaiņām ziemošanas periodā starp šķirnēm bija izteiktas atšķirības, vidējie trīsgadīgie rādītāji izlīdzinājās gan starp šķirnēm, gan arī sējas laikiem, sasniedzot augstāko rādītāju (57%) otrajā sējas laikā, bet pārējos sējas laikos – 43–48%. Cukura saturs izmaiņas

2. tabula / Table 2

Cukura saturs kviešu augos pavasarī, % no cukura satura rudenī
Sugar content in winter wheat in spring, % from sugar content determined in autumn

Šķirnes / Varieties	2005	2006	2007	Vidēji / Average
1. sējas laiks / 1st sowing time				
Cubus	23	48	74	48
Tarso	33	38	87	53
Zentos	15	61	49	42
Vidēji / Average	24	49	70	48
2. sējas laiks / 2nd sowing time				
Cubus	51	77	75	68
Tarso	26	44	85	52
Zentos	13	61	80	51
Vidēji / Average	30	61	80	57
3. sējas laiks / 3rd sowing time				
Cubus	40	46	72	53
Tarso	27	46	72	48
Zentos	16	31	76	41
Vidēji / Average	28	41	73	47
4. sējas laiks / 4th sowing time				
Cubus	36	—	54	45
Tarso	35	—	50	42
Zentos	31	—	54	42
Vidēji / Average	34	—	53	43

atsevišķām šķirnēm lielā mērā bija atkarīgas gan no gada rakstura, gan arī sējas laika. 2007. gada pavasarī visām šķirnēm konstatēja salīdzinoši mazu cukura patēriņu ziemošanas periodā (vidēji 20–30%), un attiecīgajā sējas laikā cukura saturs augos līdz pavasarim visām šķirnēm saglabājās procentuāli līdzīgs, izņemot pirmo sējas laiku, kad augi 2006. gada rudenī bija stipri pārauguši un cukura patēriņa atšķirība starp šķirnēm bija ievērojama.

Cukura satura izmaiņas atkarībā no ziemošanas perioda meteoroloģiskās situācijas notika dažādos, pa gadiem atšķirīgos laikos. Tā, 2004./2005. gada ziemošanas periodā cukura saturs ziemas kviešu augos ievērojami samazinājās pēc veģetācijas perioda beigām līdz janvāra beigām, un visu sējas laiku augos cukura samazinājums attiecībā pret rudenī noteikto bija 35–40%. Līdz veģetācijas atjaunošanās laikam vēl tika patērēti 50–60% cukura no janvāra beigās–februāra sākumā konstatētā (2. att.). 2005./2006. gada ziemošanas perioda sākumā tikai pirmā sējas laika augos bija būtisks cukura satura samazinājums – 28%. Pārējo sējas laiku augos cukura satura izmaiņas

ziemošanas pirmajā posmā bija salīdzinoši nelielas. Taču kopējais cukura satura patēriņš ziemošanas laikā bija ievērojami mazāks nekā iepriekšējā gadā. Vismazākais cukura patēriņš novērots 2006./2007. gada ziemošanas periodā. No veģetācijas perioda beigām līdz janvāra beigām atkarībā no sējas laika tas bija tikai 15–25% no rudenī noteiktā. Arī ziemošanas otrajā daļā cukura zudumi pirmo trīs sējas laiku augos bija nelieli – 3–5% no ziemā konstatētā. Tikai ceturrtā sējas laika augos cukura samazinājums bija 32% no ziemas rādītāja. Cukura satura salīdzinoši zema patēriņš 2006./2007. gada ziemošanas periodā saistīts ar vēlo ziemošanas perioda iestāšanos un agro veģetācijas atjaunošanos pavasarī.

Vidējie trīsgadīgie rādītāji liecina, ka augstākais cukura saturs augos veģetācijas perioda beigās rudenī bija pirmā sējas laika augiem (3. tabula), kas pamatā saistīts ar ievērojami garāku veģetācijas laiku rudens periodā. Ar katru nākamo sējas laiku cukuru saturs rudenī pakāpeniski samazinājās, un starpība starp pirmo un ceturto sējas laiku sasniedza 6.14%. Kā liecina determinācijas koeficients ($R^2=0.9551$), sējas laika faktors būtiski ietekmēja cukura saturu augos

2. att. Cukura saturs kviešu augos dažādos sējas laikos pētījumu gados, %.
Fig. 2. Changes in sugar content according to sowing time during the years of study, %.

pirms ziemošanas. Ziemošanas periodā līdz pavasara veģetācijas atjaunošanās laikam cukura saturs izmaiņas visu sējas laiku augos bija būtiskas, taču starpība starp sējas laikiem izlīdzinājās un pavasarī visu sējas laiku augiem cukura saturs jau bija gandrīz līdzīgs; sējas laika ietekme ievērojami samazinājās: ziemā – $R^2=0.6136$, pavasarī – $R^2=0.6278$.

Apkopotie trīsgadīgie rādītāji par cukura saturu atsevišķām šķirnēm liecina, ka rudenī, veģetācijai beidzoties, visu šķirņu vidējais cukura saturs augos bija 19.83% ar 15% lielu variācijas koeficientu starp šķirnēm (4. tabula). Arī turpmākajā ziemošanas periodā variācijas koeficients saglabājas līdzīgs. Būtiski augstāks cukura saturs rudenī (23.20%) bija šķirnei Tarso, kura arī agrajos sējas termiņos spēcīgi saceroja, bet nevienu gadu nebija pāraugusi; abām

pārējām šķirnēm tas bija par 4.45–5.64% mazāks un savstarpēji būtiski neatšķīrās ($F_{\text{fact}} < F_{\text{crit}}$). Turpmākās cukura saturs izmaiņas visām trijām šķirnēm ziemošanas laikā notika proporcionāli līdzīgi. Tajā pašā laikā matemātiskā apstrāde liecina, ka šķirne nevienā no paraugu analīžu laikiem nebija noteicošais faktors cukura daudzumam augos (šķirnes kā faktora determinācijas koeficients rudenī – $R^2=0.1783$, ziemā – $R^2=0.016$, pavasarī – $R^2=0.0487$).

Rudens un ziemošanas apstākļi ir viens no nozīmīgākajiem faktoriem, kas ietekmē cukura saturs daudzumu un izmaiņas augu ziemošanas periodā. Vidējie rādītāji pa šķirnēm un sējas laikiem (5. tabula) liecina, ka augstākais cukura saturs rudenī bija 2005. gadā – 23.28%. Ziemošanas perioda raksturs (pozitīvās temperatūras decembra

3. tabula / Table 3

Cukura saturs kviešu augos dažādos sējas laikos vidēji 3 gados, %
Sugar content in winter wheat according to sowing time, average % in 3-year period

Sējas laiki / Sowing time	Rudenī / Autumn	Ziemā / Winter	Pavasārī / Spring
Pirmais / First ($Y_{0.05}=2.40$)	22.97	16.60	10.76
Otrais / Second ($Y_{0.05}=3.60$)	20.11	15.80	10.74
Trešais / Third ($Y_{0.05}=3.71$)	19.42	13.92	8.63
Ceturtais / Fourth ($Y_{0.05}=3.71$)	16.83	14.89	9.27
Vidēji / Average	19.83	15.30	9.85
CV, %	10.9	14.0	38.6

4. tabula / Table 4

Cukura saturs dažādām šķirnēm vidēji 3 gados, %
Sugar content according to varieties, average % in 3-year period

Šķirnes / Varieties	Rudenī / Autumn	Ziemā / Winter	Pavasārī / Spring	CV, %
Cubus	17.56	12.02	9.55	31.4
Tarso	23.20	17.87	11.52	33.3
Zentos	18.75	16.01	8.48	36.9
Vidēji / Average	19.83	15.30	9.85	—
CV, %	15.0	19.6	15.7	—

Rudenī / Autumn – Ziemā / Winter – Pavasarī / Spring – $Y_{0.05}=2.8$ Starp šķirnēm / Between varieties – $Y_{0.05}=2.76$

5. tabula / Table 5

Vidējais cukura saturs kviešu augos pētījumu gados, %
Sugar content in winter wheat during the study years, %

Gadi / Years	Rudenī / Autumn	Ziemā / Winter	Pavasārī / Spring
2004/2005	19.85	12.85	5.56
2005/2006	23.28	16.84	11.20
2006/2007	19.03	16.21	12.80
Vidēji / Average	19.83	15.30	9.85
CV, %	10.9	14.0	38.6

Rudenī / Autumn – Ziemā / Winter – Pavasarī / Spring – $Y_{0.05}=3.94$ Starp gadiem / Between years – $F_{\text{fact}} < F_{\text{crit}}$

beigās–janvārī 2004./2005. gada ziemā) vai salīdzinoši vēlā veģetācijas atjaunošanās pavasarī (20.–21. aprīlis 2006. gadā) būtiski ietekmēja cukura satura izmaiņas ziemošanas laikā. Datu apstrāde liecina, ka cukura saturs kā rudenī, tā arī ziemā un pavasarī bija tieši atkarīgs no attiecīgā gada rudens–ziemas perioda rakstura. Gada kā faktora determinācijas koeficienti bija ļoti augsti: rudenī – $R^2=0.999$, ziemā – $R^2=0.9986$, pavasarī – $R^2=0.997$.

Diskusija

Ziemas kviešu šķirņu izvēle un tām atbilstošs sējas laiks ir vieni no būtiskākajiem faktoriem, kas var ietekmēt pārziemošanas procesu. No pareizi izvēlēta sējas laika atkarīgs, kādā attīstības pakāpē augi uzsāk ziemošanas periodu. Ir svarīgi, lai augi rudenī būtu normāli sacerojuši, bet ne pārauguši, ar pietiekamu rezerves barības vielu krājumu. Tajā pašā laikā sējas laika izvēle ir cieši saistīta ar neprognozējamo meteoroloģisko situāciju perspektīvā.

Cukura saturs, kas saglabājies līdz pavasara veģetācijas atjaunošanās laikam no rudenī augos uzkrātā, pa gadiem un šķirnēm bija ļoti atšķirīgs. Cukura patēriņu ziemošanas periodā ietekmēja

galvenokārt temperatūru stabilitāte ziemošanas laikā un it īpaši veģetācijas atjaunošanās laiks pavasarī.

Cukura satura izmaiņas atkarībā no ziemošanas perioda meteoroloģiskās situācijas notika dažādos, pa gadiem atšķirīgos laikos. Tā, 2004./2005. ziemošanas gadā lielos cukura zudumus izraisīja nepastāvīgās gaisa temperatūras decembrī–janvārī, t.i., ziemošanas pirmajā posmā. 2005./2006. gada ziemošanas periodā septembris–novembra sākums bija salīdzinoši silts, gaisa temperatūra ievērojami pārsniedza ilggadīgo vidējo rādītāju, ar pakāpenisku samazinājumu līdz veģetācijas beigām, taču vēsais aprīlis un salīdzinoši vēlā veģetācijas atjaunošanās (20.–21. aprīlis) veicināja lielu cukura patēriņu (50–55% no ziemā konstatētā) visu sējas laiku augos ziemošanas perioda otrajā daļā.

2006. gada garais rudens periods cukura saturu augos vidēji starp sējas laikiem praktiski izlīdzināja. Šķirnēm ‘Tarso’ un ‘Zentos’ visos sējas laikos saglabājās līdzīgs, salīdzinoši augsts cukura saturs. Šķirnes ‘Cubus’ augi garajā un mitrajā rudens periodā spēcīgi saceroja un stipri pārauga, un acīmredzot savstarpējās noēnošanās rezultātā augšanas procesā tērēja vairāk barības vielu, nekā fotosintēze spēja

nodrošināt to rezervju uzkrāšanu. Līdzīgi kā mūsu pētījumā, arī citos izmēģinājumos ziemas kviešu sējumos novērota cukura satura izlīdzināšanās starp dažādiem sējas laikiem: ja novembrī cukuru saturs būtiski atšķīrās atkarībā no sējas laika, tad līdz pavasarim tas izlīdzinājās, bet atšķirības starp šķirnēm saglabājās (Hanslin, Mortensen, 2010).

Tā kā agrāko sējas laiku augi vairāk saceroja un dažkārt pat pārauga (šķirne 'Cubus' 2006./2007. gadā), temperatūru ziņā nepastāvētos ziemošanas apstākļos kuplais augu zelmenis patērēja arī ievērojami vairāk augu barības vielas. Arī Hanslina un Mortensena (2010) pētījumi apstiprina, ka lielāki augi vēlā rudenī ir mazāk salizturīgi ziemā, taču kviešu augums un kviešu attīstības stadija pārziemošanā, pēc autoru domām, ir būtiskāka nekā cukuru saturs, jo lielākiem augiem norūdīšanās periods ir garāks. Līdzīgi rezultāti konstatēti arī mūsu pētījumos.

Pēc dažu autoru domām, vēlāk sētie kvieši pavasara sākumā bieži vien ir labāk pārziemojuši un saglabājuši vairāk cukuru nekā agrāk sētie (Stupnikova, Borovskii et al., 2002). Taču mūsu pētījumi liecina, ka tikai atsevišķos labvēlīgos meteoroloģiskos apstākļos var būt attaisnojama vēlā sēja.

Mūsu iegūtie rezultāti, līdzīgi citu autoru (Gaudet, Laroche, Puchalski, 2001) pētījumiem, liecina, ka cukuru uzkrāšanās un utilizēšana ir atkarīga no šķirnes, augu attīstības stadijas pirms ziemošanas, ziemošanas perioda un meteoroloģiskajiem apstākļiem rudens un ziemas laikā.

Secinājumi

Pētījumos konstatēts, ka augstākais cukura saturs rudenī pirms veģetācijas perioda beigām bija agrākos termiņos sētajos ziemas kviešu augos, bet ar katru nākamo sējas laiku tas pakāpeniski nedaudz samazinājās. Taču cukura satura atšķirības starp sējas laikiem pirms ziemošanas bija atkarīgas no rudens perioda ilguma un temperatūru svārstībām šajā laikā. Cukura satura procentuālais daudzums dažādām šķirnēm bija atšķirīgs, un izmaiņas veģetācijas periodā bija atkarīgas galvenokārt no ziemošanas apstākļiem. Šķirnēm ar izteikti spēcīgu cerošanu un intensīvu augšanu rudenī agras sējas apstākļos bija arī lielākie cukura zudumi ziemošanas periodā. Šādām šķirnēm nav ieteicama agrā sēja. Lai gan cukura saturs augos pavasarī pa atsevišķiem gadiem ievērojami atšķīrās, taču viena gada robežās starp sējas laikiem vidējās izmēģinājumā iekļauto šķirņu cukura satura atšķirības gandrīz pilnīgi izlīdzinājās un bija minimālas. Tātad augi ar lielāku virszemes

biomasu arī ievērojami vairāk patērē cukurus savu dzīvības funkciju nodrošināšanai ziemošanas periodā. Pavasaros ar salīdzinoši agru veģetācijas atjaunošanos augos saglabājās relatīvi ievērojami lielāks cukura saturs no rudens periodā uzkrātā, salīdzinot ar vēlā veģetācijas atjaunošanos. Līdz ar to atkarībā no veģetācijas perioda rakstura koriģējama arī slāpekļa papildmēslojuma devas nepieciešamība un lielums. Izsējas normas ietekme uz cukura saturu un tā izmaiņām veģetācijas periodā netika konstatēta.

Literatūra

1. Bourion, V., Lejeune-Hénaut, I., Munier-Jolain, N., & Salon, C. (2003). Cold acclimation of winter and spring peas: carbon partitioning as effected by light intensity. *European Journal of Agronomy*, 19(4), 535-548.
2. CSP informācijas par lauksaimniecības kultūru sējumu platībām, kopražu un vidējo ražību 2010. gadā. (2011). Retrieved from http://www.saimnieks.lv/Ekonomika_un_finanses/8555/
3. Galiba, G., Vágújfalvi, A., Li, C., Soltész, A., & Dubcovsky, J. (2009). Regulatory genes involved in the determination of frost tolerance in temperate cereals. *Plant Science*, 176, 12-19.
4. Gaudet, D. A., Laroche, A., Frick, M., Huel, R., & Puchalski, B. (2003). Plant development affects the cold-induced expression of plant defence-related transcripts in winter wheat. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 62, 175-184.
5. Gaudet, D. A., Laroche, A., & Puchalski, B. (2001). Seeding date alters carbohydrate accumulation in winter wheat. *Crop Science*, 41(3), 728-738.
6. Gaudet, D. A., Laroche, A., & Yoshida, M. (1999). Low temperature-wheat-fungal interactions: a carbohydrate connection. *Physiologia Plantarum*, 106(4), 437-444.
7. Hanslin, H. M., & Hoglind, M. (2009). Differences in winter-hardening between phenotypes of *Lolium perenne* with contrasting water-soluble carbohydrates. *Grass and Forage Science*, 64(2), 187-195.
8. Hanslin, H. M., & Mortensen, L. M. (2010). Autumn growth and cold hardening of winter wheat under simulated climate change. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*, 60, 437-449.
9. Jacobsen, S.-E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J., & Mujica, A.

- (2005). Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22(2), 131-139.
10. Javadin, N., Karimzadeh, G., Mahfoozi, S., & Ghanati, F. (2010). Cold induced changes of enzymes, proline, carbohydrates, and chlorophyll in wheat. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57(4), 540-547.
11. Karsten, H. D., & MacAdam, J. W. (2001). Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by perennial ryegrass, tall fescue, and white clover. *Crop Science*, 41, 156-166.
12. Klimov, S. V., Astakhova, N. V., & Trunova, T. I. (1999). Changes in photosynthesis, dark respiration rates and photosynthetic carbon partitioning in winter rye and wheat seedlings during cold hardening. *Journal of Plant Physiology*, 155(6), 734-739.
13. Nagao, M., Minami, A., Arakawa, K., Fujikawa, S., & Takezawa, D. (2005). Rapid degradation of starch in chloroplasts and concomitant accumulation of soluble sugars associated with ABA-induced freezing tolerance in the moss *Physcomitrella patens*. *Journal of Plant Physiology*, 162(2), 169-180.
14. Stupnikova, V., Borovskii, G. B., Dorofeev, N. V., Peshkova, A. A., & Voinikov, V. K. (2002). Accumulation and disappearance of dehydrins and sugars depending on freezing tolerance of winter wheat plants at different developmental phases. *Journal of Thermal Biology*, 27(1), 55-60.
15. Sugiyama, S., & Shimazaki, T. (2007). Increased cell-wall mass and resistance to freezing and snow mold during cold acclimation of winter wheat under field conditions. *Plant Production Sciences*, 10(4), 383-390.
16. Vágújfalvi, A., Kerepesi, I., Galiba, G., Tischner, T., & Sutka, J. (1999). Frost hardiness depending on carbohydrate changes during cold acclimation in wheat. *Plant Science*, 144(2), 85-92.
17. Vágújfalvi, A., Nagy, V.A., Soltész, A., & Galiba, G. (2010). A simplified method to test cereal frost tolerance. *Acta Agronomica Hungarica*, 58(2), 143-149.
18. Yoshida, M., Abe, J., Moriyama, M., & Kuwabara, T. (1998). Carbohydrate levels among winter wheat cultivars varying in freezing tolerance and snow mold resistance during autumn and winter. *Physiologia Plantarum*, 103(1), 8-16.