



**Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Lauksaimniecības fakultāte**

Latvia University of Agriculture
Faculty of Agriculture



DACE ŠTERNE

**TEMPERATŪRAS IETEKME UZ KRŪMMELLEŅU
(*Vaccinium corymbosum* L.) ZIEMCIETĪBU UN AUGU
PRODUKTIVITĀTI**

**TEMPERATURE INFLUENCE ON BLUEBERRY
(*Vaccinium corymbosum* L.) WINTER HARDINESS AND
PLANT PRODUCTIVITY**

Promocijas darba **KOPSAVILKUMS**
Dr.agr. zinātniskā grāda iegūšanai

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

paraksts/ *signature*

Jelgava 2013

Darba zinātniskais vadītājs / Scientific supervisor:
asoc. prof., Dr.agr. Mintauts Āboliņš

Darba recenzenti / Reviewers:

Dr. biol. Edīte Kaufmane
asoc.prof., Dr.biol. Ina Alsiņa
Dr.biol. Anita Osvalde

Disertācijas aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2013. gada 22. maijā; plkst. 12:00, LLU, 123. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgava.

The defence of thesis in open session of the Promotion Board of Agriculture will be held on May 22, 2013 at 12:00 in room 123, Latvia University of Agriculture, Liela iela 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 iela 2, Jelgava, Latvia.

Atsauksmes lūdzi sūtīt Lauksaimniecības zinātņu nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr. agr. Maijai Ausmanei, Lielā ielā 2, Jelgava, LV 3001, fakss: +371 63027238

References are welcome to send to Dr. agr. Maija Ausmane, the Secretary of Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Liela iela 2, Jelgava, LV 3001, Latvia, fax: +371 63027238

ISBN 978-9984-861-37-1 (online)

SATURS / CONTENT

IEVADS	4
PĒTĪJUMA APSTĀKĻI UN METODES	6
REZULTĀTI UN ANALĪZE	10
Krūmmelleņu ziemcietība	10
Krūmmelleņu ziemcietību ietekmējošo parametru analīze	12
Temperatūras ietekme uz krūmmelleņu fenoloģisko attīstību	17
Krūmmelleņu raža un tās kvalitāte	19
Temperatūras ietekme uz krūmmelleņu ogu bioķīmisko sastāvu	22
Integrētais krūmmelleņu šķirņu novērtējums	24
SECINĀJUMI	27
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	28

INTRODUCTION	32
MATERIALS AND METHODS	34
RESULTS	38
Highbush blueberry winter hardiness	38
Analysis of factors affecting highbush blueberry winter hardiness	40
Temperature influence on highbush blueberry phenology	42
Highbush blueberry yield and its quality	44
Temperature influence on blueberry biochemical composition	46
Integrated assessment of blueberry cultivars	48
CONCLUSIONS	49

IEVADS

Auglīkopības produkcijas ražošanu ziemeļu platuma grādos, tai skaitā Latvijā, ierobežo klimatiskie faktori, tāpēc nepieciešams izpētīt katra introducēta auglāuga augšanas un attīstības īpatnības. Vispusīga krūmmelleņu augšanas, attīstības un ražošanas izpēte dod iespēju izvēlēties piemērotāko šķirni konkrētiem augšanas apstākļiem.

Krūmmelleņu izpēte Latvijā sākusies jau no 1967. gada Salaspils Nacionālajā Botāniskajā dārzā, kā rezultātā izveidotas 5 krūmmelleņu šķirnes. Pieejamajos informācijas avotos ziņas par krūmmelleņu audzēšanu; produktivitāti un ziemcietību Latvijā ir nepietiekamas. Līdz šim nav veikta sistemātiska un vispusīga šī introducētā auglāuga novērtēšana un raksturošana, kas ierobežoja tā praktiskās pielietošanas iespējas.

Krūmmellenes Latvijā ir relatīvi jauns introducēts auglāugs, bet jau iestādīti ap 200 ha komercdārzi, kas izveidoti no ievestajām šķirnēm. Ir pieejama dažādu valstu pieredze krūmmelleņu šķirņu audzēšanā, bet, lai arī dažās Amerikas Savienoto Valstu (ASV) pavalstīs; polijā, Vācijā un Lietuvā ir līdzīgi agroklmatiskie apstākļi, ir nepieciešams pārbaudīt krūmmelleņu šķirņu augšanu, attīstību, ziemcietību un ražību Latvijas agroklmatiskajos apstākļos, jo visos pētījumos tiek norādīts, ka krūmmelleņu šķirņu ziemcietība un ražība ir atkarīga no konkrētās vietas agroklmatiskajiem apstākļiem.

Nepietiekama ziemcietība un jutība pret pavasara salnām ir divi no galvenajiem krūmmelleņu šķirņu ģenētiskajiem ierobežojumiem. ASV dienvidu pavalstīs būtiskus krūmmelleņu ražas zudumus rada pavasara salnas, bet ziemeļu reģionos (tai skaitā Latvija) būtiskus ražas zudumus rada ziemas bojājumi. Ideālā variantā krūmmellenēm vajadzētu ātri aklimatizēties rudenī, uzturēt augstu ziemcietību ziemošanas laikā un lēni deaklimatizēties pavasarī vai neraksturīgi siltā ziemas laikā.

Augu aklimatizācija zemās temperatūrās ir daudz pētīta, bet joprojām ir neskaidri aklimatizācijas laikā notiekošie fizioloģiskie procesi un šo procesu loma augu aukstumizturībā un salcietībā. Ir zināma ogļhidrātu loma augu ziemcietības paaugstināšanā, ir noteikti aukstumizturības un salcietības noteicošie dehidrīnus kodējošie gēni, bet ir nepietiekama informācija par reducējošo cukuru un sausnas saturu krūmmelleņu dzinumos ziemošanas laikā, un joprojām notiek pētījumi par dehidrīnu lomu krūmmelleņu šķirņu aukstumizturībā un salizturībā.

Hipotēze

Temperatūra ziemošanas periodā un augu augšanas laikā ietekmē krūmmelleņu (*Vaccinium corymbosum* L.) ziemcietību, fenoloģisko attīstību; produktivitāti un ogu kvalitāti.

Darba mērķis

Raksturot krūmmelleņu ziemcietību, ražību un ražas kvalitāti, bioķīmisko sastāvu atkarībā no gada klimatiskajiem apstākļiem. Aprakstīt krūmmelleņu šķirņu morfoloģiskās īpašības, un izvērtēt šķirņu piemērotību audzēšanai Latvijas agroklimatiskajos apstākļos.

Darba uzdevumi

1. Izvērtēt gaisa temperatūras ietekmi uz krūmmelleņu šķirņu ziedpumpuru un dzinumu ziemcietību.
2. Noteikt sausnas un reducējošo cukuru saturu krūmmelleņu šķirņu viengadīgajos dzinumos ziemоšanas laikā, atkarībā no gaisa temperatūras un to saistību ar krūmmelleņu ziemcietību.
3. Noteikt dehidrīnu kodējošo gēnu relatīvo līmeni krūmmelleņu šķirņu viengadīgajos dzinumos, atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem ziemоšanas laikā un to saistību ar krūmmelleņu aukstumizturību un salizturību.
4. Raksturot krūmmelleņu šķirņu fenoloģisko attīstību atkarībā no gaisa temperatūras un efektīvo temperatūru summas.
5. Izvērtēt krūmmelleņu šķirņu ražu un ražas kvalitatīvos rādītājus (ogu masa un lielums, ogu bioķīmiskais sastāvs), atkarībā no gada klimatiskajiem apstākļiem.
6. Sniegt krūmmelleņu integrēto novērtējumu.

Novitāte

Pirmo reizi Latvijā veikta introducēto krūmmelleņu šķirņu izvērtēšana pēc gaisa temperatūras ietekmes uz to ziemcietību un produktivitāti. Noteikta sausnas un reducējošo cukuru satura krūmmelleņu dzinumos saistība ar ziemcietību, noteikta divu 14 kDa un 60 kDa dehidrīnu gēnu ekspresija ziemоšanas periodā dabiskā vidē augošu krūmmelleņu šķirņu viengadīgajos dzinumos. Pirmo reizi Latvijā veikta krūmmelleņu šķirņu ogu bioķīmiskā sastāva analīze atkarībā no agroklimatiskajiem apstākļiem.

Rezultātu nozīmība

Noskaidrotas ziemcietīgas; produktīvas krūmmelleņu šķirnes ar augstu funkcionāli aktīvo vielu saturu.

Noskaidrota sausnas, reducējošo cukuru sastāvs un divu dehidrīnu kodējošo gēnu (14 kDa un 60 kDa) ekspresija krūmmelleņu šķirnēs, un to saistība ar salizturību.

Izveidoti Latvijā introducēto 11 krūmmelleņu šķirņu apraksti.

Iegūtie pētījuma rezultāti **pielietojami:**

- izvēloties ziemcietīgas un produktīvas krūmmelleņu šķirnes konkrētā Latvijas auglīkopības zonā;
- veidojot krūmmelleņu ģenētisko resursu datu bāzi;

- nosakot dehidrīnu kodējošo gēnu lomu krūmmelleņu aukstumizturībā un salcietībā;
- turpinot krūmmelleņu fizioloģisko procesu izpēti.

Pētījuma rezultāti atspoguļoti 10 publikācijās latviešu un angļu valodās, tai skaitā starptautisko konferenču, kongresu, simpoziju un zinātnisko semināru recenzētas starptautiskās publikācijas.

Par zinātniskā darba rezultātiem sniegti 6 mutiskie referāti un 6 stenda ziņojumi starptautiskās zinātniskās konferencēs, kongresā, simpozijos un semināros.

Pētījuma rezultāti iegūti pateicoties projektiem:

1. LR ZM subsīdiju projekts Nr. F-L147 starp Latvijas Valsts augļkopības institūtu un LLU "Vidi saudzējošu audzēšanas tehnoloģiju precizēšana augļu un ogu dārzos dažādos augsnes un klimatiskajos apstākļos", sadaļa "Krūmmellenes un dzērvenes". 2007. – 2009. gads.
2. LZP grants Nr. 09.1465. *Vaccinium* spp. ziemcietības bioloģiskie aspekti. 2009. gads.
3. ESF projekts "Atbalsts LLU doktora studiju īstenošanai", vienošanās Nr.2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/IPIA/VIAA/017. Līguma Nr. 04.4-08/EF2.D2.07, laika periodā no 01.09.2009. – 31.07.2010. un 01.09.2010. – 31.04.2011.
4. "Latvijas lauku attīstības programmas 2007. – 2013. gads" apakštēmā "Krūmmellenes un lielogu dzērvenes" projektā Nr. K17.04/10 "Ilgspējīgas augļkopības attīstība, izmantojot vidi un ūdeņus saudzējošas, kā arī lauku ainavu saglabājošas integrētās audzēšanas tehnoloģijas klimata pārmaiņu mazināšanai un bioloģiskās daudzveidības nodrošināšanai", 2010. – 2011. gads.

PĒTĪJUMA APSTĀKĻI UN METODES

Pētījuma vieta, objekts un agrotehnika. Krūmmelleņu ziemcietības un produktivitātes pētījumi veikti Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Lauksaimniecības fakultātes (LF) Agrobiotehnoloģijas institūta (ABTI) mācību – pētījumu bāzes Jelgavā, Strazdu ielā 1, krūmmelleņu kolekcijā no 2007. līdz 2011. gadam. Kolekcijas ierīkošana sākta 2002. gada rudenī, izmantojot viengadīgus un divgadīgus stādus.

Izmēģinājumā iekļautas 11 krūmmelleņu šķirnes, kuras pārstāv krūmmelleņu sugas *Vaccinium corymbosum* L. šķirnes ('Duke', 'Blueray', 'Bluejay', 'Bluecrop', 'Jersay', 'Patriot' un 'Spartan') un *V. corymbosum* × *V. angustifolium* hibrīdus ('Chippewa', 'Northblue', 'Northland', 'Polaris').

Krūmmelleņu šķirnes 'Jersey', 'Chippewa', 'Bluecrop', 'Patriot', 'Northland', 'Northblue', 'Polaris' un 'Blueray' stādītas 2002. gada rudenī (augustā – septembrī) izmantojot divgadīgus stādus, kas izaudzēti no ASV ievestiem meristēmas augiem. Šķirnes 'Spartan' un 'Bluejay' stādītas 2003. gada pavasarī, izmantojot divgadīgus stādus, kas iegūti no meristēmu augiem Ogrē, bet šķirne 'Duke' stādīta 2003. gada pavasarī, izmantojot viengadīgus stādus.

Stādījums ierīkots kultūraugsnē, veidotās 50 cm dziļās un 50 cm platās tranšējās; pildītās ar skābu kūdru. Kopšanas darbi: bojāto un krūmu sabiezinošo zaru izgriešana, ravēšana, rindstarpu pļaušana, laistīšana, aizsargtīklu uzlikšana ražas laikā.

Meteoroloģiskie apstākļi izmēģinājuma laikā. 2006./2007. gada ziemošanas periods raksturojās ar lielām temperatūras svārstībām un nenoturīgu sniega segu (2006. gada decembra vidējā gaisa temperatūra bija par 7 grādiem augstāka nekā ilggadīgi novērotā, bet 2007. gada februārī gaisa temperatūra pazeminājās līdz -29.7 °C). 2007. gada veģetācijas periodā nokrišņu sadalījums bija vienmērīgs. 2007./2008. un 2008./2009. gada ziemošanas periodi raksturojās ar gaisa temperatūras stabilitāti (nebija novērojamas krasas temperatūras svārstības). 2008. gads raksturojās ar vēsāku un mazāku nokrišņu daudzumu veģetācijas periodu. 2009. gadā mazākais nokrišņu daudzums bija aprīlī un maijā mēnesī. 2009./2010. gada ziemošanas periods raksturojās ar zemu gaisa temperatūru un noturīgu sniega segu, kas nav raksturīga Latvijas apstākļiem. 2010. gada veģetācijas periods bija ļoti silts un nokrišņiem bagāts (gaisa temperatūra par 3 grādiem pārsniedza ilggadīgi novēroto). 2010./2011. gada ziemošanas sākuma periods raksturojās ar stabilu gaisa temperatūru un biezu sniega segu, bet ziemošanas perioda otrā pusē (no 2011. gada janvāra) bija vērojamas gaisa temperatūras svārstības (novērots 8 dienas ilgs atkušņa periods). 2011. gada veģetācijas periodā vidējā gaisa temperatūra bija līdzīga kā 2010. gadā.

Materiāla novērtēšanas metodika. Nosakot morfoloģiskās pazīmes, nelabvēlīgu laika apstākļu bojājumu, ražības, 100 ogu masas un ogu kvalitātes vērtēšanai aprēķināts vidējais no atsevišķu krūmu vērtējuma, bet bioķīmiskā sastāva vērtēšanai izmantots kopējais ogu paraugs. Pazīmes vērtētas ballēs no 0 līdz 9, atbilstoši UPOV (TG 137/3) un metriskā skalā.

Ziemcietība no 2007. līdz 2011. gadam krūmmellenēm noteikta pēc LLU LF Agrobiotehnoloģijas institūta Dārzkopības nodaļas pētnieku izstrādātas skalas lauka apstākļos, nosakot ziedpumpuru un dzinumumu bojājuma pakāpi.

Ziemcietība vērtēta laika posmā no veģetācijas perioda sākuma līdz jūnija vidum; periodā no 2007. līdz 2011. gadam:

- **ziedpumpuru ziemcietība** vērtēta ballēs, kur 9 – nav bojājumu pazīmju, 5 – cietuši 41 – 60% ziedpumpuru; 1 – ziedpumpuri pilnībā

cietuši, 0 – augs pilnībā gājis bojā;

- **dzinumu ziemcietība** vērtēta ballēs, kur 9 – nav bojājumu pazīmju, 1 – augs gājis bojā līdz sniega līnijai, 0 – augs pilnībā gājis bojā.

Papildus 2010./2011. ziemošanas gada periodā noteikti krūmmelleņu **ziemcietību ietekmējošie parametri:**

- **sausnas saturs**, noteikts kā masas starpība pirms un pēc žāvēšanas. Paraugi žāvēti žāvēšanas skapī 72 stundas 40 °C (vai ilgāk, līdz nemainīgai masai). Sausnas saturs izteikts g 100 g⁻¹;
- **reducējošo cukuru saturs**, noteikts pēc Bertrāna metodes, kuras pamatā ir cukuru aldehīdu un ketonu grupas oksidēšanās (reducējošo cukuru), vārot šķīdumu Fēlinga reaģenta klātbūtnē (bāzisks vara oksīda šķīdums). Reducējošie cukuri noteikti izžāvētos samaltos paraugos. Iegūtos rādītājus izmanto reducējošo cukuru daudzuma aprēķinam g 100 g⁻¹ sausnas (Плешков, 1976). Reducējošo cukuru saturs noteikts LLU LF Augsburges un augu zinātņu institūta laboratorijā;
- **14 kDa un 60 kDa dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresija**, no ievāktajiem paraugiem izdalīts RNS un, izmantojot spektrofluorimetrijas metodi, noteikta RNS koncentrācija. Dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresijas atšķirību raksturošanai starp dažādiem paraugiem, izmantota relatīvā kvantitēšanas jeb salīdzinošā C_T metode. Šī metode ļauj savstarpēji salīdzināt paraugus, izmantojot lietotāja izvēlētu paraugu kā references paraugu. Analīzes veiktas Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silava” Ģenētisko resursu centrā.

Aukstumstundu vienību (CU) noteikšanai 2010./2011. gada ziemošanas periodā izmantots „Utah” modelis (Richardson, Seeley, Walker, 1974).

Krūmmelleņu šķirnes novērtētas pēc šādām pazīmēm:

Fenoloģiskās pazīmes (vērtēts no 2009. līdz 2011. gadam):

- **ziedpumpuru briešanas laiks** vērtēts kā dienu skaits pēc 1. janvāra;
- **ziedēšanas sākuma laiks** vērtēts kā dienu skaits pēc 1. janvāra;
- **ziedēšanas ilgums** vērtēts dienās, skaitot no ziedēšanas sākuma laika, lai noteiktu šo pazīmi; papildus novēroja ziedlapu nomešanas laiku;
- **ogu ienākšanās laiks**, kad pilnīgi nokrāsojušās 50 – 75% ogu (pirmā ražas vākšanas reize), vērtēts dienās, skaitot no 1. janvāra;
- **ražošanas perioda ilgums** vērtēts dienās no pirmās ogu vākšanas reizes līdz pēdējai.

Ogu ienākšanās laiks un ražošanas perioda ilgums noteikts no 2008. – 2011. gadam.

Raža un ražas kvalitāte (vērtēta no 2008. līdz 2011. gadam):

- **raža**, noteikta kā kopējā raža, kg no krūma;
- **ogas vidējā masa**, noteikta 100 ogu masa un aprēķināta vidējā vienas ogas masa gramos;

- **ogu lielums** noteikts 100 ogu paraugam, sadalot ogas 6 lieluma grupās – 1. grupa: ļoti mazas ogas, < 9 mm; 2. grupa: 9.1 – 12 mm, 3. grupa: 12.1 – 15 mm, 4. grupa: 15.1 – 18 mm, 5. grupa: lielas ogas, 18.1 – 20 mm, 6. grupa: ļoti lielas ogas, > 20 mm).

Ogu biokīmiskais sastāvs (vērtēts 2008., 2010. un 2011. gadā) noteikts saldētās ogās (pēc novākšanas, ogas līdz analīžu veikšanai uzglabātas -20 °C ± 2 °C):

- **kopējais antociānu saturs** (ACS) ogās noteikts spektrofotometriski (Moor, Karp; poldma et al., 2005) pie gaismas viļņu garuma 535 nm, mg 100 g⁻¹;
- **askorbīnskābes saturs** (ASS) ogās noteikts ar joda metodi (Moor, Karp; poldma et al., 2005), mg 100 g⁻¹;
- **šķīstošās sausas saturs** (ŠSS) noteikts ogu sulas paraugos ar digitālo refraktometru ATAGO N20 (mērinstrumenta kļūda ± 0.1%) pie temperatūras 20 °C, °Brix;
- **kopējās titrējamās skābes saturs** (TSS) noteikts ar titrēšanas metodi (LVS EN 12147 : 2001A), mg 100 g⁻¹;
- **kopējo fenolu saturs** (FS) noteikts ar spektrometrijas metodi, lietojot UV-1650-PC spektrofotometru pie viļņa garuma 765 nm, izmantojot Folina-Denisa reaģentu (Singleton, Orthofer, Lamuela- Raventos, 1999), mg 100g⁻¹.

Ogu biokīmiskā sastāva analīzes veiktas Latvijas Valsts augļkopības institūta laboratorijā.

Morfoloģiskās pazīmes vērtētas augu miera perioda laikā bezlapotā stāvoklī:

- **krūma augstums** vērtēts metros no augsnes virskārtas līdz augstākā zara galotnei. **krūma platums** vērtēts metros no viena krūma sānzara galotnes līdz pretējās puses sānzara galotnei;
- **krūma dzinumu skaits** vērtēts veselos skaitļos pa dzinumu vecuma grupām;
- **krūma vainaga tilpums** (m³) aprēķināts kā konusa veida figūrai, nosakot krūma augstumu un vainaga platumu;
- **krūma habituss jeb forma** vērtēta ballēs no 1 līdz 3, kur 1 – stāvs (references šķirne ‘Bluecrop’), 2 – vidēji stāvs, 3 – izplests (references šķirne ‘Northblue’).

Meteoroloģisko datu uzskaitē. No 2008. līdz 2010. gadam izmantoja Jelgavas Hidroloģiskās un meteoroloģiskās stacijas (HMS) meteoroloģiskos datus. Sākot ar 2010. gadu, gaisa temperatūras dati iegūti izmantojot portatīvo MicroLite USB datu reģistru, kas novietots kolekcijas stādījumā. Dati reģistrēti digitālā formātā ik pa stundai. Aprēķināta diennakts vidējā gaisa temperatūra, efektīvās temperatūras summa (ETS), dekāžu un mēnešu vidējais nokrišņu

daudzums.

Datu matemātiskā apstrāde. Aprakstošā statistika un dispersiju analīze veikta kvantitatīvām pazīmēm, kas vērtētas metriskā vai ordinālā skalā, kā arī sakarību analīzei starp novērojumiem veiktas korelācijas un regresijas analīzes, izmantojot MS Excel un SPSS datu apstrādes programmas.

REZULTĀTI UN ANALĪZE

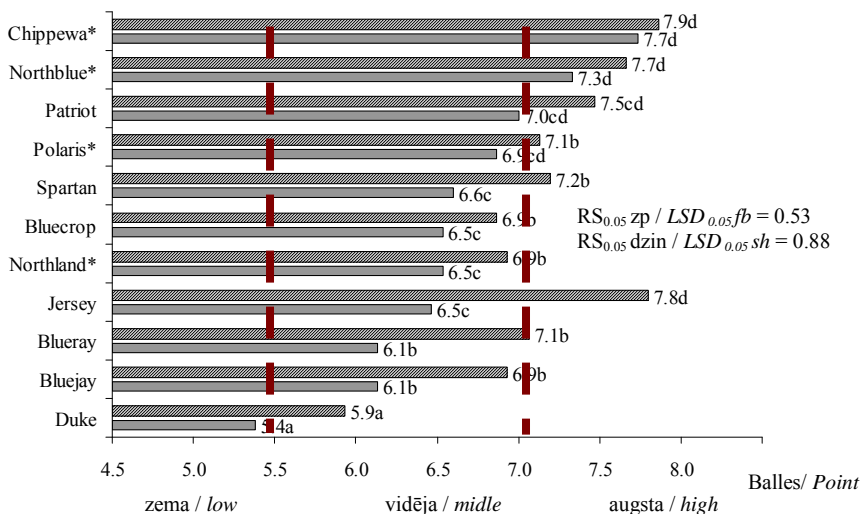
KRŪMMELLEŅU ZIEMCIETĪBA

Ziemcietība. Izmēģinājuma gados ziemošanas apstākļi bija ļoti dažādi, līdz ar to krūmmelleņu ziemcietība pa izmēģinājuma gadiem bija būtiski atšķirīga. Visaugstāko ziedpumpuru un dzinumu ziemcietību krūmmelleņu šķirnes uzrādīja 2009. gadā (9 balles), bet viszemākā ziedpumpuru (vidēji 3.6 balles) un dzinumu (vidēji 4.3 balles) ziemcietība visām izmēģinājumā iekļautajām šķirnēm bija novērojama 2007. gadā. Labi ziemošanas apstākļi (vidējā ziemcietība 8.3 balles) bija 2008. gadā, bet 2010. un 2011. gadā krūmmelleņu šķirnes uz ziemošanas apstākļiem reaģēja atšķirīgi, šajos gados ziemcietība variēja no 3.0 līdz 9.0 ballēm.

Augstāko dzinumu ziemcietību uzrādīja pusaugsto krūmmelleņu šķirnes ‘Chippewa’ (vidēji 7.9 balles) un ‘Northblue’ (vidēji 7.7 balles) un augsto krūmmelleņu šķirne ‘Jersey’ (vidēji 7.8 balles). Turklāt 2007. gadā, kad pārējām šķirnēm bija bojāti pat trīsgadīgie dzinumi (ziemcietība svārstījās no 2.0 līdz 5.3 ballēm), ‘Chippewa’ un ‘Jersey’ divgadīgie dzinumi bija tikai viegli cietuši. Ziemošanas apstākļi 2007., 2010. un 2011. gadā visvairāk ietekmējuši augsto krūmmelleņu šķirnes ‘Duke’ dzinumu ziemcietību, šajos gados ‘Duke’ dzinumu ziemcietība svārstās no 2.0 līdz 6.0 ballēm, lai gan vidēji pa gadiem ‘Duke’ uzrāda vidēju dzinumu ziemcietību 5.9 balles. Augsta ziedpumpuru ziemcietība novērota pusaugsto krūmmelleņu šķirnēm ‘Chippewa’ un ‘Northblue’ (vidēji 7.7 balles) un augsto krūmmelleņu šķirnei ‘Patriot’ (7.5 balles), bet zema ziedpumpuru ziemcietība – augsto krūmmelleņu šķirnei ‘Duke’, 5.4 balles (1. att.). Pusaugsto krūmmelleņu šķirņu vidū ‘Northland’ uzrādīja zemāko ziemcietību (vidēji 6.5 balles) nekā pārējās šī tipa šķirnes. Augsto krūmmelleņu šķirņu vidū jutīgi ziedpumpuri bija ‘Duke’ (vidējā ziedpumpuru ziemcietība 5.4 balles), bet ziemcietīgākie ziedpumpuri (vidēji 7.0 balles) bija šķirnei ‘Patriot’ (1. att.).

Augstāko un mazāk svārstīgu ziedpumpuru ziemcietību visos pētījuma gados uzrādīja šķirne ‘Chippewa’, savukārt ‘Duke’ raksturojās ar svārstīgu ziedpumpuru ziemcietību pa gadiem un trijos novērojuma gados uzrādīja zemāko ziemcietību. Šķirne ‘Duke’ pat gados ar labvēlīgiem ziemošanas apstākļiem uzrādīja zemāko ziedpumpuru ziemcietību.

Dzinumu ziemcietība pa gadiem stabilāka bija šķirnēm ‘Jersey’ un ‘Chippewa’ salīdzinājumā ar pārējām pētījumā iekļautām šķirnēm, bet vislielākās svārstības dzinumu ziemcietībā pa gadiem novērotas šķirnēm ‘Duke’ un ‘Northland’.



1. att. Krūmmelleņu šķirņu ziedpumpuru un dzinumu vidējā ziemcietība 2007. – 2011. gadā, balles.

Fig. 1. The average winter hardiness of flower buds and shoots of the blueberry in 2007 – 2011; point.

▨ dzinumu ziemcietība / winter hardiness of shoots

■ ziedpumpuru ziemcietība / winter hardiness of flower buds

** *V. corymbosum* × *V. angustifolium*

a, b – burti apzīmē būtiski atšķirīgas ($p < 0.05$) datu grupas / the letter marked significantly different ($p < 0.05$) group of data

RS_{0.05} zp = ziedpumpuriem / LSD_{0.05} fb = flower buds; RS_{0.05} dzin = dzinumiem / LSD_{0.05} sh = shoots

Visos novērojuma gados novērota būtiska ($p = 0.00$) gadu kā meteoroloģisko apstākļu kopuma ietekme uz krūmmelleņu šķirņu ziedpumpuru un dzinumu ziemcietību. Arī krūmmelleņu šķirņu robežās pierādīta statistiski būtiska ($p = 0.00$) ziedpumpuru ziemcietības atšķirība, kas norāda uz būtisku šķirņu ģenētisko īpašību lomu ziemcietībā.

Aprēķinot sakarību ciešumu, konstatēta būtiska cieša pozitīva

($r_{yx} = 0.92$; $p < 0.01$) sakarība starp krūmmelleņu dzinumu un ziedpumpuru ziemcietību, kas nozīmē, jo augstāka dzinumu ziemcietība, arī ziedpumpuru ziemcietība būs augstāka. Šķirnes un novērojuma gadu faktoru ietekmes īpatsvara salīdzinājums krūmmelleņu ziemcietībā liecina, ka gadam kā meteoroloģisko apstākļu kopumam ziemošanas periodā bija ļoti būtiska ietekme uz ziedpumpuru un dzinumu ziemcietību ($\eta^2_{\%_{zp}} = 75.89$ un $\eta^2_{\%_{dzin}} = 77.68$), turklāt dzinumu ziemcietības veidošanā meteoroloģisko apstākļu faktora ietekmes īpatsvars bija augstāks nekā ziedpumpuru ziemcietībā. Krūmmelleņu šķirnei kā faktoram bija būtiska, bet neliela ietekme ($\eta^2_{\%_{zp}} = 7.45$ un $\eta^2_{\%_{dzin}} = 7.65$) uz krūmmelleņu ziemcietību.

Krūmmelleņu ziemcietību ietekmē ne tikai meteoroloģiskie apstākļi, bet arī šķirņu spēja izturēt temperatūras svārstības ziemošanas laikā; par ko liecina pētījumā iekļauto šķirņu un ziemošanas apstākļu faktoru mijiedarbības efekta būtiska, kaut arī neliela ($\eta^2_{\%_{zp}} = 12.57$ un $\eta^2_{\%_{dzin}} = 12.61$) ietekme uz krūmmelleņu ziemcietību.

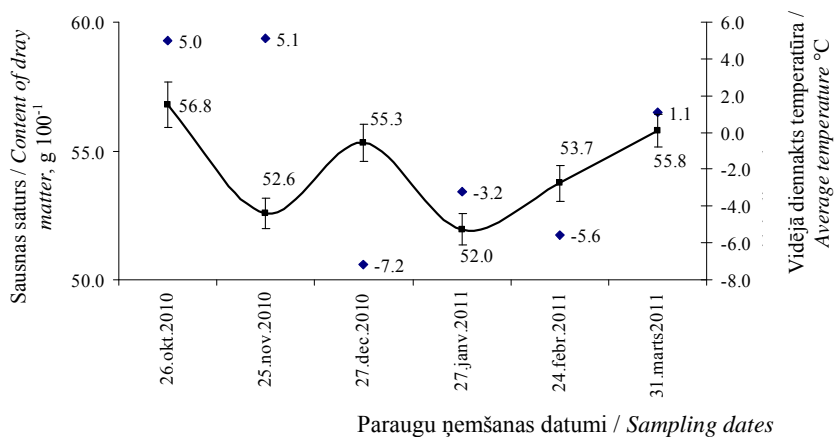
Izvērtējot krūmmelleņu šķirņu kopējo ziemcietību, ar augstu ziemcietību un augstu tās stabilitāti pa gadiem izcēlās pusaugsto krūmmelleņu šķirnes ‘Chippewa’ un ‘Northblue’. Trijos pētījuma gados augstu ziemcietību uzrādīja augsto krūmmelleņu šķirne ‘Patriot’ un pusaugsto krūmmelleņu šķirne ‘Northland’. Divus gadus pēc kārtas zemu ziemcietību uzrādīja augsto krūmmelleņu šķirne ‘Blueray’, bet zemākā kopējā ziemcietība novērota augsto krūmmelleņu šķirnei ‘Duke’.

KRŪMMELLEŅU ZIEMCIETĪBU IETEKMĒJOŠO PARAMETRU ANALĪZE

Sausnas saturs. 2010./2011. gada ziemošanas periodā starp krūmmelleņu šķirnēm nebija statistiski pierādāmas sausnas satura atšķirības ($p = 0.42$). Būtiskas atšķirības ($p = 0.00$) sausnas saturā dzinumos konstatētas starp paraugu ņemšanas laikiem (2. att.).

Pirmajā paraugu ņemšanas reizē (oktobrī) vidējais sausnas saturs dzinumos bija $56.8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, kas bija būtiski augstāks nekā novembrī, janvārī un februārī. Savukārt februārī sausnas saturs bija būtiski zemāks nekā oktobrī un martā. Zemais sausnas saturs februārī liecina, ka janvāra beigās un februāra pirmās dekādes sākumā paaugstinātās gaisa temperatūras perioda ietekmē palielinājās brīvā ūdens daudzums šūnās, kam sekojoša strauja temperatūras pazemināšanās ietekmēja krūmmelleņu dzinumu salcietību.

Pētījuma rezultāti liecina, ka 2010./2011. gada ziemošanas periodā augstāko ziemcietību uzrādījušās šķirnes ‘Chippewa’; patriot’ un ‘Northblue’ miera periodu sāk un beidz ar augstu sausnas saturu viengadīgajos dzinumos, un ir spējīgas strauji uzsākt veģetāciju, kas liecina par šo šķirņu piemērotību mainīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem.



2. att. Sausnas saturs dinamika krūmmelleņu viengadīgajos dzinumos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) un vidējā diennakts temperatūra ($^{\circ}\text{C}$) starp paraugu ņemšanas reizēm.

Fig. 2. The dry matter content dynamics in blueberries' annual shoots ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), and average temperature ($^{\circ}\text{C}$) between sampling dates.

◆ temperatūra / temperature

—■ sausas saturs/ content of dry matter

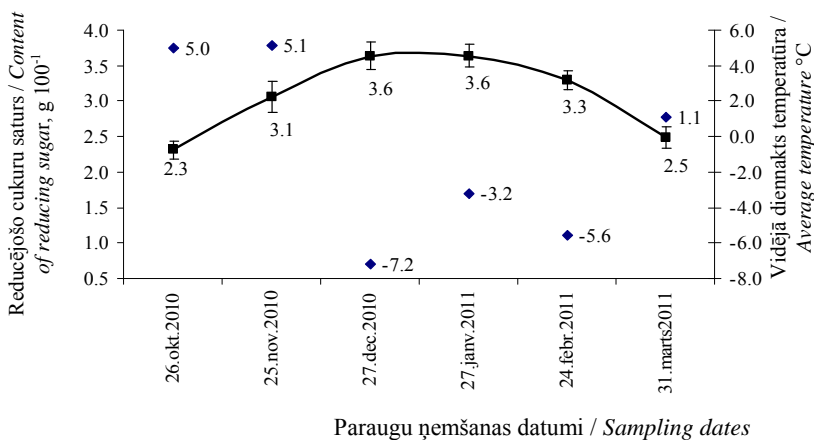
Reducējošo cukuru saturs krūmmelleņu dzinumos 2010./2011. gada ziemošanas periodā būtiski atšķīrās gan starp šķirnēm ($p = 0.00$), gan starp paraugu ņemšanas reizēm ($p = 0.00$).

Reducējošo cukuru saturs krūmmelleņu dzinumos veģetācijas perioda beigās (26.10.2010.) bija zemāks nekā ziemošanas laikā, vidēji 2.3 g reducējošo cukuru 100 g^{-1} sausas. Ziemošanas laikā tas pakāpeniski palielinājās, maksimumu sasniedzot trešajā un ceturtajā paraugu ņemšanas reizē (27.12.2010. un 27.01.2011.). Šajā laikā vidējais reducējošo cukuru saturs bija nemainīgs. Piektajā paraugu ņemšanas reizē (24.02.2011.) reducējošo cukuru saturs būtiski samazinājās, bet marta beigās dzinumos bija tikai 2.5 g reducējošo cukuru 100 g^{-1} sausas (3. att.). Salīdzinot reducējošo cukuru saturs izmaiņu ātrumu ar pirmo paraugu ņemšanas reizi, visstraujāk tā saturs palielinās otrajā paraugu ņemšanas reizē (novembrī), vēlāk izmaiņas bija mazākas.

Šķirnēm 'Patriot', 'Northblue', 'Chippewa' un 'Jersey' ar augstu un šķirnēm 'Spartan' un 'Polaris' ar vidēju dzinumu ziemcietību reducējošo

cukuru saturs svārstības dzinumos bija mazāk izteiktas nekā pārējām 5 pētījumā iekļautajām krūmmelleņu šķirnēm. Iegūtie rezultāti liecina, ka šķirnēm, kurām ziemošanas periodā temperatūrai pazeminoties, strauji pieaug reducējošo cukuru saturs, arī ziemcietība bija augsta.

Vērtējot augu salciētības raksturojošo rādītāju savstarpējo sakarību, konstatēta būtiska vidēji cieša lineāra negatīva ($r_{yx} = -0.46$; $p < 0.05$) sakarība starp reducējošo cukuru un sausnas saturu dzinumos, kas varētu norādīt uz tendenci, ka; palielinoties sausnas saturam, reducējošo cukuru saturs samazināsies. Konstatēta vāja ($r_{yx} = 0.26$; $p < 0.05$) būtiska sakarība starp akumulētām aukstumstundām (CU) un sausnas saturu, un vāja būtiska negatīva ($r_{yx} = -0.38$; $p < 0.05$) sakarība starp akumulētām CU un reducējošo cukuru saturu. Vājās sakarības liecina par tendenci, ka auga miera perioda beigās sausnas saturs dzinumos palielinās, bet reducējošo cukuru saturs samazinās.



3. att. Reducējošo cukuru saturs dinamikā krūmmelleņu viengadīgajos dzinumos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ sausnas) un vidējā diennakts temperatūra ($^{\circ}\text{C}$) starp paraugu ņemšanas reizēm.

Fig. 3. The content of reducing sugar dynamics in blueberries' annual shoots ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ in dray matter), and average temperature ($^{\circ}\text{C}$) between sampling dates.

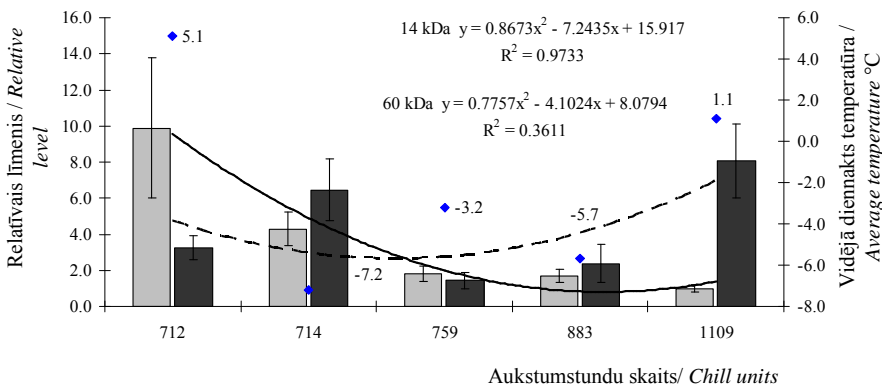
◆ temperatūra / temperature ■ reducējošo cukuru saturs / content of reducing sugar

Meteoroloģiskajiem apstākļiem paraugu ņemšanas reizēs bija lielākā ietekme ($\eta^2\% = 38.3$) uz sausnas saturu krūmmelleņu dzinumos un tā bija būtiska ($p = 0.000$). Reducējošo cukuru saturu ziemošanas periodā būtiski ietekmēja gan šķirnes faktors ($\eta^2\% = 31.5$), gan meteoroloģisko faktoru

kopums ($\eta^2\% = 43.5$).

Dehidrīnu 14 kDa un 60 kDa ekspresija. Rezultātu statistiskā analīze pierāda, ka 14 kDa dehidrīna kodējošo gēnu ekspresijas līmenis starp šķirnēm nav būtiski atšķirīgs ($p = 0.187$), bet ir būtiski atšķirīgs ($p = 0.005$) atkarībā no akumulēto aukstumstundu skaita, bet 60 kDa dehidrīna kodējošo gēnu ekspresijā konstatētas būtiskas ($p = 0.003$) atšķirības gan starp krūmmelleņu šķirnēm, gan atkarībā no akumulēto aukstumstundu skaita ($p = 0.001$).

Krūmmelleņu dzinumus un ziedpumpuros augstākais līmenis 14 kDa dehidrīna ekspresijā bija vērojams pie akumulētām 712 CU, kad temperatūra pazeminājās zem 0 °C. Pieturoties 45 dienu nepārtrauktam sala periodam, 14 kDa dehidrīna ekspresijas līmenis samazinājās (augi uzrādīja augstu salciētības līmeni), bet šķirņu ‘Northblue’, ‘Bluejay’, ‘Bluecrop’ un ‘Duke’ dzinumos 14 kDa ekspresijas līmenis palielinājās tieši pēc nepārtraukta sala perioda (akumulētas 714 CU), viszemāko akumulācijas līmeni sasniedzot marta beigās (1109 CU). 60 kDa dehidrīna ekspresija bija konstatēta pazeminoties temperatūrai, bet augstākais ekspresijas līmenis bija novērojams pēc nepārtraukta sala perioda, savukārt marta beigās akumulācijas līmenis atkal strauji palielinājās (4. att.).



4. att. Dehidrīnu kodējošo gēnu (14 kDa un 60 kDa) ekspresijas relatīvais līmenis krūmmelleņu viengadīgajos dzinumos, atkarībā no aukstumstundu skaita.

Fig. 4. The relative expression level of 14 kDa and 60 kDa dehydrin in blueberries' annual shoots depend of chill units.

- 14 kDa
- 60 kDa
- vidējā diennakts temperatūra / average daily temperature
- Poly. (14 kDa)
- Poly. (60 kDa)

14 kDa dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresiju krūmmelleņu dzinumos ietekmē uzkrāto aukstumstundu skaits ($r_{yx} = -0.33$; $p < 0.05$) un vidējās diennakts gaisa temperatūras ($r_{yx} = 0.29$; $p < 0.05$). 14 kDa dehidrīna kodējošā gēna ekspresijas līmenis samazinās ziemošanas laikā, līdz ar to konstatētās sakarības liecina par tendenci, ka agrīnā pazeminātas temperatūras stadijā dehidrīniem līdzīgo proteīnu uzkrāšanās ir saistīta ar aklimatizācijas procesu. Netika konstatēta reducējošo cukuru un sausnas satura dzinumos ietekme uz 14 kDa dehidrīnu ekspresijas līmeni, savukārt 60 kDa dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresiju ietekmēja sausnas saturs dzinumos ($r_{yx} = 0.30$; $p < 0.05$), kas norāda uz tendenci, ka sausuma stress iespējams ietekmē 60 kDa dehidrīnu gēnu ekspresiju. Salīdzinot 60 kDa dehidrīnu gēnu ekspresijas līmeni ar sausnas saturu krūmmelleņu dzinumos, var secināt, ka šķirnēm ‘Northland’, ‘Duke’ un ‘Northblue’ ar augstāku 60 kDa dehidrīnu gēnu ekspresijas līmeni pie 1109 CU bija augstāks arī sausnas saturs. 60 kDa dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresiju ietekmēja minimālās gaisa temperatūras ($r_{yx} = 0.33$; $p < 0.05$). Atšķirībā no 14 kDa dehidrīna kodējošo gēnu ekspresiju, netika konstatēta akumulēto aukstumstundu ietekme uz 60 kDa dehidrīnu ekspresijas līmeni. Konstatētās sakarības norāda uz tendenci, ka 60 kDa dehidrīnu ekspresijas līmeni ietekmē tieši zemas gaisa temperatūras (1. tabula).

1. tabula / Table 1

Meteoroloģisko apstākļu, reducējošo cukuru un sausnas satura ietekme uz dehidrīnu gēnu ekspresijas relatīvo līmeni / The effect of meteorological conditions, content of reducing sugar and dray matter on the relative expression level of dehydrin

Rādītāji / Treatments	14 kDa	60 kDa
Reducējošo cukuru saturs / Content of reducing sugar	0.079	-0.129
Sausnas saturs / Content of dray matter	-0.235	0.300*
Vidējā mēneša temperatūra / Average temperature of month	0.293*	0.010
Minimālā mēneša temperatūra / Min temperature of month	-0.102	0.328*
Maksimālā mēneša temperatūra / Max temperature of month	0.224	-0.041
Akumulētās CU / Accumulated CU	-0.331*	0.266

* korelācija būtiska / significant correlation ($p < 0.05$)

Rezultāti liecina, ka ziemcietīgāko šķirņu dzinumos un ziedpumpuros ‘Patriot’, ‘Chippewa’, ‘Northblue’ un ‘Jersey’ 14 kDa un 60 kDa dehidrīnu gēnu ekspresijas līmenis bija augstāks nekā mazāk ziemcietīgajām šķirnēm.

Atšķirības abu dehidrīnu ekspresijas līmeņos liecina, ka dehidrīnus kodējošo gēnu ekspresiju ietekmē gaisa temperatūras, akumulēto aukstumstundu skaits, bet 60 kDa dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresiju ietekmē arī sausuma izraisītais stress.

TEMPERATŪRAS IETEKME UZ KRŪMMELLEŅU FENOLOĢISKO ATTĪSTĪBU

Būtiskas atšķirības pa gadiem un starp krūmmelleņu šķirnēm konstatētas ziedēšanas sākuma fāzē, ogu ienākšanās laikam un ražošanas perioda ilgumā. Nebūtiskas atšķirības pa gadiem un starp šķirnēm konstatētas ziedpumpuru briešanas fāzē un ziedēšanas perioda ilgumā.

Ziedpumpuru briešanas laiks. Krūmmelleņu ziedpumpuru briešana atkarībā no gada, sākas marta beigās – aprīļa sākumā, kad gaisa vidējā temperatūra bija augstāka par 2.4 °C, bet efektīvās temperatūras summa (ETS) bija robežās no 0.4 līdz 21°C. Augstajām krūmmelleņu šķirnēm ‘Blueray’, ‘Bluejay’ un pusaugstai krūmmelleņu šķirnei ‘Northblue’ novērotas lielākas ziedpumpuru briešanas laika svārstības pa gadiem.

Ziedpumpuru briešanas laiku būtiski ietekmēja līdz briešanas laikam uzkrātā efektīvās temperatūras summa ($r_{yx} = 0.93$; $p < 0.05$) un dienu skaitu no gada sākuma, kad vidējā diennakts temperatūra ir virs 5 °C ($r_{yx} = 0.95$; $p < 0.05$), kas liecina par auga piespiedu miera perioda beigām un gatavību uzsākt veģetāciju. Pazeminoties ziedpumpuru ziemcietībai, ziedpumpuru briešanas laiks var aizkavēties, uz ko norāda vājā, negatīvā, bet būtiskā šo abu parametru sakarība ($r_{yx} = -0.26$; $p < 0.05$).

Ziedēšanas sākuma laiks. Krūmmelleņu šķirnes ziedēt sāk gada 126. līdz 134. dienā (no maija pirmās dekādes vidus līdz maija otrās dekādes vidum), kad ETS sasniegusi 127 līdz 198 °C. Ziedēšanas sākumu būtiski ietekmē uzkrātā efektīvās temperatūras summa ziedēšanas sākuma fāzē ($r_{yx} = 0.88$; $p < 0.05$), kā arī dienu skaits, kad vidējā diennakts temperatūra no ziedpumpuru briešanas laika līdz ziedēšanas sākumam pārsniedza 5 °C ($r_{yx} = 0.89$; $p < 0.05$). Netika konstatēta būtiska sakarība starp krūmmelleņu ziedēšanas sākuma laiku un ETS ziedpumpuru briešanas laikā.

Pusaugsto krūmmelleņu šķirņu vidū nebija novērotas būtiskas atšķirības ziedēšanas sākumā (šī tipa šķirnes ziedēšanu uzsāk vienlaicīgi). Būtiski atšķirīgs ziedēšanas sākums novērots augsto krūmmelleņu šķirņu starpā; pie kam augsto krūmmelleņu šķirne ‘Jersey’, salīdzinājumā ar pārējām, ziedēja visvēlāk.

Ziedēšanas ilgums ir nozīmīgs faktors, jo pie ilgākas ziedēšanas salnu apstākļos pastāv iespēja saglabāt kaut daļu no ražas. Novērojuma gados krūmmelleņu ziedēšana ilga 9 līdz 23 dienas (no maija pirmās dekādes beigām līdz jūnija vidum).

Ziedēšanas ilgumu būtiski ietekmēja uzkrātā ETS ziedēšanas beigās ($r_{yx} = 0.46$; $p < 0.05$) un ziedēšanas laikā ($r_{yx} = 0.65$; $p < 0.05$), bet ETS ziedēšanas sākumā un vidējā diennakts temperatūra ziedēšanas laikā būtiski

neietekmēja šķirņu ziedēšanas ilgumu. Sakarību esamība pierāda ETS būtisko lomu krūmmelleņu šķirņu ziedēšanas perioda ilgumā, jo 2010. gadā ziedēšanas sākumā ETS bija augstāka nekā 2009. vai 2011. gadā, bet ziedēšanas laikā 2011. gadā vidējā gaisa temperatūra bija augstāka nekā 2009. un 2010. gadā.

Ogu ienākšanās laiks vērtēts četru gadu periodā no 2008. līdz 2011. gadam, kas starp šķirnēm bija būtiski atšķirīgs, ar 10 līdz 37 dienu starpību starp agrīnākajiem un vēlinākajiem genotīpiem. Arī pa gadiem atšķirības bija būtiskas ($p = 0.00$), kas norāda meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz krūmmelleņu fenoloģisko attīstību. No ziedēšanas sākuma līdz ogu ienākšanās sākumam paiet 59 līdz 79 dienas (no agrākajām līdz vēlinākajām šķirnēm). Īsākais šis periods bija augstai krūmmelleņu šķirnei 'Duke' (vidēji 59 dienas), bet garākais šķirnei 'Jersey' (vidēji 79 dienas). Pirmo krūmmelleņu ražu vāc jūlija beigās – augusta pirmās dekādes beigās (atkarībā no šķirnes).

Krūmmelleņu šķirņu ogu ienākšanās laiku būtiski ietekmē ETS ziedēšanas fāzes beigās ($r_{yx} = 0.46$; $p < 0.05$) un ETS ogu ienākšanās laikā ($r_{yx} = 0.38$; $p < 0.05$). Pretēji gaidītajam, vidējā diennakts temperatūra laika posmā no ziedēšanas sākuma līdz ogu ienākšanās laikam būtiski neietekmēja pirmo ogu ražas vākšanas laiku.

Visos četros pētījuma gados šķirnēm 'Patriot', 'Polaris', 'Northblue', 'Northland' un 'Chippewa' ogas ienācās vidēji agri, turklāt vienlaicīgi. Arī 'Duke' abos ražas gados, ogas ienācās vidēji agri. Šķirnes 'Blueray' un 'Bluecrop' bija ar vidēji vēlu ogu ienākšanās laiku. Visos pētījuma gados vēlu ogas ienācās šķirnei 'Jersey'.

Ražošanas perioda ilgums starp šķirnēm bija būtiski atšķirīgs ($p = 0.00$) ar 13 līdz 27 dienu starpību, atkarībā no gada un šķirnes. Augsto krūmmelleņu šķirņu ražošanas ilgums pētījuma gados bija 1 līdz 27 dienas. Visīsākais ražošanas periods trijos no četriem pētījuma gadiem bija šķirnei 'Jersey' (2009. gadā – 6 dienas, bet 2010. un 2011. gadā šīs šķirnes ogas nogatavojās vienlaicīgi un tika novāktas vienā reizē). Garākais ražošanas periods augsto krūmmelleņu grupā bija šķirnei 'Patriot' (vidēji 24 dienas). Pusaugsto krūmmelleņu šķirņu ražošanas ilgums visos novērojuma gados bija no 18 līdz 30 dienas, vidējais ražošanas ilgums atkarībā no gada vidēji bija 23 dienas ('Northland', 'Polaris') līdz 27 ('Northblue') dienas (2. tabula).

Krūmmelleņu šķirņu vidējais ražošanas perioda garums, dienas /
The average duration of production period of blueberry cultivars, days

Šķirne / Cultivar	Gads / Year				Vidēji / Average
	2008	2009	2010	2011	
Jersey	21	6	1	1	7 ^a
Bluejay	18	6	10	23	14 ^b
Bluecrop	30	20	10	8	17 ^{cb}
Spartan	21	27	8	15	18 ^{cb}
Blueray	26	14	10	26	19 ^c
Duke	n.d.	21	18	n.d.	20 ^c
Northland*	30	21	18	22	23 ^d
Polaris*	30	21	18	22	23 ^d
Patriot	30	27	18	22	24 ^d
Chippewa*	30	27	18	22	24 ^d
Northblue*	30	21	18	37	27 ^d
Vidēji gadā / Average in year	27	19	13	20	
<i>RS_{0,05} / LSD_{0,05}</i>	2.54				

**V. corymbosum* × *V. angustifolium*; ^{a, b}– burti apzīmē būtiski atšķirīgas ($p < 0.05$) datu grupas / the letter marked significantly different ($p < 0.05$) group of data; n.d. – nav datu / not data

Ražošanas perioda ilgumu būtiski ietekmē ETS ogu ienākšanās laikā ($r_{yx} = -0.65$; $p < 0.05$) un vidējā diennakts temperatūra ražošanas periodā ($r_{yx} = -0.32$; $p < 0.05$), kas liecina, ka ražošanas periods pagarinās, ja uz ogu ienākšanās sākumu uzkrāts mazāks ETS un ražošanas periodā bijusi zemāka vidējā diennakts temperatūra. Konstatēts, ka ražošanas periodu būtiski saīsina uzkrātā ETS ražošanas periodā ($r_{yx} = 0.84$; $p < 0.05$).

KRŪMMELLEŅU RAŽA UN TĀS KVALITĀTE

Raža. Krūmmellenēm ogas ienācās nevienmērīgi. Ražu, atkarībā no gada un krūmmelleņu šķirnes, vāca 1 līdz pat 6 reizes. Šķirnēm ‘Chippewa’ un ‘Northland’ divos pētījuma gados bija augsta raža, bet šķirnei ‘Blueray’ divos pētījuma gados bija neliela raža (0.70 un 0.76 kg no krūma). 2010. gadā zema raža iegūta šķirnēm ‘Jersey’ un ‘Bluecrop’ (attiecīgi 0.45 kg un 0.32 kg krūma⁻¹). Ar augstu ražību visos novērojuma gados izcēlās šķirne ‘Patriot’, neskatoties uz to, ka vidējā raža pa gadiem svārstījās no 2.55 līdz 6.00 kg no krūma. Pārējās šķirnes visos pētījuma gados uzrādīja vidēju ražību (3. tabula).

Krūmmelleņu šķirņu raža pētījuma periodā, kg no krūma /
The yield of blueberry cultivars during the period of research, kg per bush

Šķirne / Cultivar	Gads/ Year				\bar{x}	Ražība / Productivity
	2008	2009	2010	2011		
Jersey	1.34	0.94	0.45	0.55	0.82 ^a	Zema / Low
Bluejay	1.05	2.04	0.82	0.61	1.13 ^{ab}	Vidēja / Middle
Duke	n.d.	1.75	0.86	n.d.	1.31 ^{ab}	
Blueray	0.70	0.76	n.d.	2.86	1.44 ^{ab}	
Northblue*	1.44	1.48	1.89	1.06	1.47 ^{ab}	
Bluecrop	1.58	3.47	0.32	1.03	1.60 ^{ab}	
Polaris*	2.44	2.35	0.96	1.24	1.75 ^{ab}	
Spartan	1.21	4.31	0.45	1.77	1.94 ^b	
Northland*	4.12	5.27	1.08	1.63	3.03 ^c	
Chippewa*	3.68	4.12	2.97	1.81	3.15 ^c	Augsta / High
Patriot	4.08	6.00	2.55	3.04	3.91 ^c	
$\bar{\bar{x}}$	2.20	2.95	1.37	1.50	2.01	
<i>RS</i> _{0,05} / <i>LSD</i> _{0,05}	3.62					

* *V. corymbosum* × *V. angustifolium*; ^a, ^b – burti apzīmē būtiski atšķirīgas ($p < 0.05$) datu grupas / the letter marked significantly different ($p < 0.05$) group of data; n.d. – nav ražas / not yield

Zemās dzinum un ziedpumpuru ziemcietības rezultātā šķirnei ‘Duke’ 2008. un 2011. gadā, kā arī šķirnei ‘Blueray’ 2010. gadā raža netika uzskaitīta. Lai gan 2008. gadā ‘Duke’ uzrādīja augstu ziemcietību (8 balles), bija vērojama iepriekšējā gada ziemošanas un augšanas apstākļu pēcietekme (šķirnei 2007. gadā nebija novēroti ierīsušies ziedpumpuri). Arī 2011. gadā ‘Duke’ uzrādīja zemu ziemcietību, novēroja ierīsušos ziedpumpuru attīstību traucējumus un ziedi nobira. Šķirnei ‘Blueray’ 2010. gadā bija cietuši līdz 80% ziedpumpuru, atlikušo ziedpumpuru attīstība bija traucēta, kā rezultātā ziedi nobira. Iepriekšējā gada dzinumu un ziedpumpuru ziemcietība neietekmēja konkrētā gada ražu, bet, konstatēts, ka 2010. un 2011. gada ražu būtiski ietekmēja ražošanas gada ziedpumpuru ziemcietība (attiecīgi, $r_{yx} = 0.59$; $p < 0.05$ un $r_{yx} = 0.66$; $p < 0.05$).

Krūmmelleņu raža būtiski atšķīrās starp trim novērojuma gadiem, nebūtiskas atšķirības bija konstatētas starp 2010. un 2011. gada ražām. Uz krūmmelleņu ražu būtiski augstāko ietekmi atstāja šķirnes faktors ($\eta^2\% = 47.7$), nozīmīgs bija arī gada kā meteoroloģisko apstākļu faktors ($\eta^2\% = 23.2$).

Krūmmelleņu ražas vākšanas reižu skaitu būtiski ietekmēja ETS ($r_{yx} = 0.69$; $p < 0.05$) un vidējā diennakts temperatūra ($r_{yx} = -0.44$; $p < 0.05$) ražošanas periodā, kā arī ETS ogu ienākšanās sākumā ($r_{yx} = -0.79$; $p < 0.05$). Tātad ražas

vākšanas reižu skaits samazinās paaugstinoties ETS ogu ienākšanās sākumā un vidējai diennakts temperatūrai ražošanas periodā, un palielinās; palielinoties akumulētajām ETS ražošanas periodā.

Ogu vidējā masa un lielums. Ogas vidējā masa bija būtiski atšķirīga pa gadiem un starp šķirnēm ($p = 0.00$). Lielākā daļa pētījumā iekļautās krūmmelleņu šķirnes vērtējamas kā šķirnes ar vidēju ogu masu (no 1.5 līdz 1.9 g). Jāpiezīmē, ka šķirnei ‘Northland’ pētījuma laikā ogu vidējā masa variēja no lielas (2010. gadā) līdz mazai (2009. gadā). (4. tabula).

Vērtējot ražas ietekmi uz ogu vidējo masu; pa atsevišķiem novērojuma gadiem tā nav būtiska, tomēr konstatētā negatīvā vājā, bet būtiskā ($r_{yx} = -0.21$; $p < 0.05$) sakarība starp ražas lielumu un ogas vidējo masu pa novērojuma gadiem liecina par tendenci, ka palielinoties ražai, ogu vidējā masa nedaudz, bet tomēr samazināsies.

Nevienu no pētījumā iekļautajām šķirnēm nevarēja iedalīt 6. ogu lieluma grupā (ļoti lielas ogas, > 20 mm) vai 1. grupā (ļoti mazas ogas, < 9 mm). Krūmmelleņu šķirnes ‘Bluejay’, ‘Jersey’, ‘Blueray’, ‘Spartan’, ‘Polaris’, ‘Bluecrop’ un ‘Northblue’ ogas vērtējamas kā vidēja izmēra, 12.1 – 15 mm (3. grupa), bet šķirņu ‘Patriot’ un ‘Duke’ ogas iedalāmas 4. grupā, jo vidējais ogu lielums bija 15.1 – 18 mm.

4.tabula / Table 4

Krūmmelleņu ogas vidējā masa pētījuma periodā, g /

The average berry weight of blueberry cultivars during the research period, g

Šķirne / Cultivar	Gads / Year				\bar{x}	Ogu masa / Berry weight
	2008	2009	2010	2011		
Jersey	1.1	1.1	1.8	1.4	1.3 ^a	Zema / Low
Northland*	1.6	1.1	1.8	1.3	1.5a ^b	
Bluejay	1.3	1.6	1.8	1.9	1.6 ^b	Vidēja / Middle
Blueray	1.9	1.3	n.d.	1.7	1.6 ^b	
Chippewa*	1.6	1.8	1.6	1.8	1.7 ^b	
Polaris*	1.8	1.4	1.9	1.7	1.7 ^b	
Spartan	2.0	1.3	1.9	1.8	1.8 ^{bc}	
Northblue*	2.2	1.7	1.8	1.5	1.8 ^{bc}	
Bluecrop	1.9	1.3	2.4	2.2	1.9 ^{cd}	
Duke	n.d.	1.5	2.5	n.d.	2.0 ^d	Liela / Large
Patriot	2.2	1.5	2.4	2.0	2.0 ^d	
\bar{x}	1.8	1.4	2.0	1.7	1.7	
$RS_{0.05} / LSD_{0.05}$	0.72					

* *V. corymbosum* × *V. angustifolium*; ^a, ^b– burti apzīmē būtiski atšķirīgas ($p < 0.05$) datu grupas / the letter marked significantly different ($p < 0.05$) group of data; n.d. – nav ražas / not yield

Prētēji gaidītajam, nevienā no novērojuma gadiem nepierādījās būtiska sakarība starp krūmmelleņu ražu un ogu lielumu, bet 2008. un 2010. gadā konstatēta būtiska vāja ($r_{yx} = 0.412$; $p < 0.05$) līdz vidēji cieša ($r_{yx} = 0.678$; $p < 0.01$) sakarība starp ogas vidējo masu un ogas lielumu, kas norāda uz to, ka lielākām ogām ir lielāka masa.

TEMPERATŪRAS IETEKME UZ KRŪMMELLEŅU OGU BIOĶĪMISKO SASTĀVU

Kopējais antociānu (AC) saturs ogās. Krūmmelleņu šķirņu ogās kopējais antociānu saturs būtiski atšķīrās ($p < 0.00$). 2008. gada ražošanas periodā kopējo antociānu saturu ogās ietekmēja gan vidējā diennakts temperatūra ($r_{yx} = 0.21$; $p < 0.01$), gan ETS ražošanas periodā ($r_{yx} = 0.77$; $p < 0.05$), 2010. gadā kopējo antociānu saturu krūmmelleņu ogās būtiski ietekmēja ETS ražošanas periodā ($r_{yx} = 0.69$; $p < 0.05$), bet 2011. gada ražošanas perioda vidējā temperatūra un ETS neatstāja būtisku ietekmi uz kopējo antociānu saturu krūmmelleņu ogās, kas varētu būt skaidrojams ar citu faktoru ietekmi.

Kopējo fenolu saturs (FS) ogās būtiski atšķīrās ($p = 0.00$) dažādu krūmmelleņu šķirņu ogās. Ražošanas perioda vidējā diennakts temperatūra un uzkrāto efektīvo temperatūru summa (ETS) kopējo fenolu saturu ogās būtiski ietekmēja tikai 2008. gadā (attiecīgi, $r_{yx} = 0.22$ un $r_{yx} = 0.76$; $p < 0.05$), kas norāda uz tendenci, ja ražošanas perioda laikā būs zemākas vidējās diennakts temperatūras un uzkrāta mazāka efektīvo temperatūru summa, kopējo fenolu saturs krūmmelleņu ogās būs augstāks.

Askorbīnskābes (AS) saturs. Vidējais askorbīnskābes saturs atsevišķām šķirnēm bija augstāks par $13 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ('Chippewa', 'Spartan', 'Northland' un 'Blueray'), kā arī konstatētas būtiskas atšķirības ($p = 0.00$) starp krūmmelleņu šķirnēm. Šķirņu 'Jersey', 'Northblue' un 'Patriot' ogās askorbīnskābes saturs pa gadiem bija mazāk svārstīgs nekā pārējām šķirnēm. Korelācijas analīze pierādīja būtisku ražošanas periodā uzkrāto ETS ietekmi uz askorbīnskābes saturu visos gados, turklāt 2008. gadā tā bija negatīva ($r_{yx} = -0.50$; $p < 0.05$).

Šķīstošās sausas (ŠS) saturs ogās krūmmelleņu šķirņu ogās bija būtiski atšķirīgs ($p = 0.04$), tomēr šīs atšķirības bija mazākas nekā kopējo antociānu, fenolu un askorbīnskābes saturam. Stabils šķīstošās sausas saturs pa gadiem bija šķirnēm 'Blueray', 'Bluejay' un 'Bluecrop'; pārējām pētījumā iekļautajām šķirnēm šis rādītājs bija svārstīgs, bet šķirnēm 'Northblue' un 'Polaris' pa gadiem tas svārstījās no augsta līdz zemam saturam. Šķīstošās sausas saturu

2008. gadā būtiski ietekmēja gan vidējā diennakts temperatūra ($r_{yx} = -0.22$), gan efektīvās temperatūras summa ražošanas periodā ($r_{yx} = -0.34$), ar būtiskumu $p < 0.05$, lai gan sakarība starp pētītajiem faktoriem bija vāja un negatīva. 2010. gadā šķīstošās sausas saturu būtiski ietekmēja ETS ražošanas periodā ($r_{yx} = 0.79$; $p < 0.05$), bet 2011. gadā vidējā diennakts temperatūra ražošanas periodā ($r_{yx} = -0.42$; $p < 0.05$).

Titrējamās skābes (TS) saturs ogās bija būtiski atšķirīgs ($p < 0.00$). 2008. un 2010. gadā novērota negatīva vidēji cieša ETS ražošanas periodā ietekme uz titrējamās skābes saturu (attiecīgi, $r_{yx} = -0.63$; $p < 0.05$ un $r_{yx} = -0.61$; $p < 0.05$), bet 2011. gadā starp šiem faktoriem konstatēta būtiska vāja pozitīva ($r_{yx} = 0.46$; $p < 0.05$) sakarība. 2011. gadā titrējamās skābes saturu būtiski negatīvi ietekmēja vidējā gaisa temperatūra ražošanas periodā ($r_{yx} = -0.35$; $p < 0.05$).

Būtiskāko ietekmi uz ogu bioķīmiskā sastāva rādītājiem pa gadiem atstāj ETS ražošanas periodā (sevišķi uz askorbīnskābes saturu ogās). Negatīvās būtiskās sakarības liecina par to, ka palielinoties efektīvo temperatūru summai, askorbīnskābes, šķīstošās sausas un titrējamās skābes saturs krūmmelleņu ogās samazinās. Atsevišķos novērojuma gados askorbīnskābes, šķīstošās sausas un titrējamās skābes saturu krūmmelleņu ogās ietekmēja arī vidējā gaisa temperatūra ražošanas perioda laikā.

Krūmmelleņu šķirņu ogu bioķīmiskā sastāva atšķirības. Pēc bioķīmiskā sastāva krūmmelleņu šķirņu ogas būtiski atšķirās. Šķirņu 'Jersey', 'Northland' un 'Northblue' ogās bija visaugstākais kopējo antociānu saturs (no 123.7 līdz 133.5 mg 100 g⁻¹), augsts kopējo fenolu (FS) saturs konstatēts pusaugsto krūmmelleņu šķirņu 'Northland' un 'Northblue' ogās, attiecīgi 312.4 un 297.8 mg 100 g⁻¹. Augstākais vidējais askorbīnskābes (AS) saturs bija šķirņu 'Blueray', 'Northland' un 'Spartan' ogās (13.5 – 14.5 mg 100 g⁻¹), zemākais – 'Bluecrop' ogās (11.1 mg 100 g⁻¹), bet augsts šķīstošās sausas (ŠS) saturs konstatēts augsto krūmmelleņu šķirņu 'Jersey' un 'Spartan' ogās (12.5 un 12.2 mg 100 g⁻¹) (5. tabula).

Biokīmiskā sastāva rādītāji krūmmelleņu šķirņu ogās /
The parameters of biochemical composition of blueberry cultivars fruits

Šķirne / Cultivar	AC / AC mg 100 g ⁻¹	FS / PC mg 100 g ⁻¹	AS / AA mg 100 g ⁻¹	ŠS / SS °Brix	TS / TA mg 100 g ⁻¹
Bluecrop	88.1 ^b	271.6 ^d	11.1 ^a	11.5 ^e	1.01 ^{fg}
Bluejay	101.4 ^d	262.1 ^c	11.9 ^b	11.4 ^e	1.40 ^h
Blueray	97.7 ^{cd}	280.1 ^e	14.5 ^d	10.9 ^d	1.02 ^g
Chippewa*	78.6 ^a	252.7 ^b	13.3 ^c	10.3 ^a	0.89 ^{bc}
Jersey	123.7 ^e	261.4 ^c	12.2 ^{bc}	12.5 ^h	0.96 ^{ef}
Northblue*	133.5 ^f	297.8 ^g	12.6 ^{bc}	11.6 ^f	0.75 ^a
Northland*	131.5 ^f	312.4 ^h	13.8 ^c	10.6 ^b	0.79 ^a
Patriot	95.1 ^c	261.2 ^c	13.0 ^c	10.4 ^a	0.91 ^{cd}
Polaris*	94.1 ^c	222.3 ^a	12.3 ^{bc}	10.8 ^c	0.88 ^b
Spartan	93.1 ^c	286.4 ^f	13.5 ^c	12.2 ^g	0.95 ^{de}
<i>p</i> -vērtība / <i>p</i> -value	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000

* *V. corymbosum* × *V. angustifolium*; ^{a, b} – burti apzīmē būtiski atšķirīgas ($p < 0.05$) datu grupas / the letter marked significantly different ($p < 0.05$) group of data

Pretēji gaidītajam, ogas vidējai masai nav saistības ne ar vienu no biokīmiskajiem rādītājiem, bet ogas lielums ir savstarpēji saistīts ar askorbīnskābes saturu ($r_{yx} = -0.448$; $p < 0.05$). To varētu izskaidrot tādējādi, ka augstākais askorbīnskābes saturs ir miziņās, jo mazāka oga, jo lielāks miziņas īpatsvars kopējā masā, jo lielāks askorbīnskābes saturs. Neesošā sakarība starp ogas masu un biokīmiskā sastāva rādītājiem liecina, ka krūmmelleņu šķirnes ar lielām ogām ir ar augstvērtīgu biokīmisko sastāvu.

Salīdzinot biokīmiskos rādītājus ar citur pasaulē iegūtajiem rezultātiem, Latvijas apstākļos krūmmelleņu šķirnes ir līdzvērtīgas, tomēr parādās tendence, ka Latvijas apstākļos krūmmelleņu šķirņu ogās lielāks ir titrējamās skābes un šķīstošās sausas saturas.

INTEGRĒTAIS KRŪMMELLEŅU ŠĶIRŅU NOVĒRTĒJUMS

Integrētais novērtējums pēc 16 pazīmēm liecina, ka pēc 7 nozīmīgām pazīmēm: augstu dzinumu ziemcietību, vidēji agru ogu ienākšanās laiku, garu ražošanas periodu, augstu ražību, izlīdzinātām ogām un augstu askorbīnskābes saturu ogās (izņemot 'Northblue'), izceļas augsto krūmmelleņu šķirne 'Patriot' un divas pusaugsto krūmmelleņu šķirnes 'Chippewa' un 'Northblue'; pie kam abām pusaugsto krūmmelleņu šķirnēm novērota arī augsta ziedpumpuru

ziemcietība. Šķirne 'Northland' noderīga pēc 6 pazīmēm, no kurām nozīmīgākās ir augstā augsta ražība un izlīdzinātas pēc lieluma ogas. Šķirne 'Jersey' noderīga būs pēc 5 pazīmēm, nozīmīgākā ir augstā dzinumu ziemcietība, kā arī vēlā ziedēšana un vēlāis ogu ienākšanās laiks (6. tabula).

6. tabula / Table 6

Krūmmelleņu šķirņu novērtējums pēc 16 pazīmēm /
The blueberry cultivars evaluation by 16 traits

Šķirne / Cultivar	Pazīmes / Traits															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7 pazīmes / 7 traits																
Patriot	-	-	-		-						-	-	-	-		-
Chippewa		-	-		-		-	-			-	-	-	-		
Northblue	-	-	-		-		-		-	-			-	-		
6 pazīmes / 6 traits																
Northland	-	-	-		-	-							-	-	-	-
5 pazīmes / 5 traits																
Jersey	-	-		-		-	-	-	-	-		-			-	
4 pazīmes / 4 traits																
Bluejay		-	-		-	-	-		-	-	-	-	-			-
Spartan	-		-		-	-										
3 pazīmes / 3 traits																
Blueray		-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
Duke	-	-	-		-	-			-	-	-	-	-	-	-	-
2 pazīmes / 2 traits																
Bluecrop		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polaris	-	-	-		-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-

█ šķirnei piemīt dotā pazīme / cultivars have that trait

Pazīmes / Traits

1. Stāvs krūma habituss / Upright bush habit.
2. Agrs ziedēšanas sākums / Early beginning of blossom.
3. Vēls ziedēšanas sākums / Late beginning of blossom.
4. Vidēji agra ogu ienākšanās / Middle berry ripening.
5. Vēla ogu ienākšanās / Late berry ripening.
6. Garš ražošanas periods / Long ripening period.
7. Liela vienas ogas masa / Large one berry weight.
8. Lielumā izlīdzinātas ogas / Uniform size of berries.
9. Augsta ražība / High productivity.
10. Augsts askorbīnskābes saturs / High content of ascorbic acid.
11. Augsts antociānu saturs / High content of anthocyanins.
12. Augsts fenolu saturs / High content of phenol.
13. Augsts šķīstošās sausas saturs / High content of soluble solids.
14. Augsts titrējamās skābes saturs / High content of titrable acids.
15. Augsta ziedpumpuru ziemcietība / High winter hardiness of flower buds.
16. Augsta dzinumu ziemcietība / High winter hardiness of shoots.

Šķirnēm 'Patriot' un 'Northblue' piemīt nozīmīgs trūkums, tās veido izplestu krūma vainagu, līdz ar to nepieciešams vairāk uzmanības pievērst krūma veidošanai. Pozitīvais aspekts ir tas, ka vainags ir labāk izsauļots, bet sniegiem bagātās ziemās, šāda veida krūma forma pasargās augus no ziemas sala bojājumiem. Krūmi ar izplestu vainagu ziemas beigās var izsust, ja uz nesasaļušas zemes veidojas bieza sniega sega.

Šķirne 'Duke' izceļas ar lielu ogu masu un izlīdzinātām ogām, bet tai piemīt ļoti būtisks trūkums – zemā ziedpumpuru un dzinumu ziemciētība, kas padara šo šķirni piemērotu audzēšanai tikai īpaši labās vietās. Savukārt šķirne 'Bluecrop' izceļas ar stāvu krūma formu, kas ir nozīmīga pazīme, jo ražu būs vieglāk novākt un ogas būs tīras (6. tabula).

SECINĀJUMI

1. Meteoroloģisko apstākļu kopumam ziemošanas periodā ir ļoti būtiska ietekme uz krūmmelleņu ziedpumpuru un dzinumu ziemcietību, turklāt dzinumu ziemcietības veidošanā meteoroloģisko apstākļu faktora ietekmes īpatsvars ir augstāks nekā ziedpumpuru ziemcietībā. Krūmmelleņu šķirnei kā faktoram arī ir būtiska, bet neliela ietekme uz krūmmelleņu ziemcietību.
2. Sausnas un reducējošo cukuru saturu krūmmelleņu viengadīgajos dzinumos ziemošanas periodā ietekmē akumulēto aukstumstundu skaits.
3. Pirmie pētījumi par dehidrīnu kodējošo gēnu ekspresiju dabiskā vidē augošu krūmmelleņu dzinumos liecina, ka 60 kDa dehidrīnus kodējošo gēnu ekspresiju ietekmē sausuma stress un gaisa temperatūras ziemošanas laikā, bet 14 kDa dehidrīnus kodējošo gēnu ekspresiju būtiski ietekmē tieši akumulēto aukstumstundu skaits.
4. Krūmmelleņu šķirnēm fenoloģisko fāžu iestāšanās sākumu un ilgumu ietekmē efektīvo temperatūru summa fāzes iestāšanās sākumā un iepriekšējās fenoloģiskās fāzes beigās, turklāt ziedēšanas un ražošanas perioda ilgumu ietekmē efektīvās temperatūras summa perioda laikā.
5. Ražu būtiski ietekmē ražošanas gada ziedpumpuru ziemcietība. Krūmmelleņu ražas vākšanas reižu skaitu būtiski ietekmē akumulēto efektīvo temperatūru summa ogu ienākšanās laikā un ražošanas periodā, kā arī vidējā diennakts gaisa temperatūra ražošanas periodā.
6. Ražīgākās krūmmelleņu šķirnes ir 'Patriot', 'Chippewa' un 'Northland', turklāt šķirne 'Patriot' ir ar lielām ogām. Ar lielām, izlīdzinātām ogām izceļas šķirne 'Duke'.
7. Bioķīmisko rādītāju saturu krūmmelleņu ogās ietekmē efektīvās temperatūras summa ražošanas periodā (sevišķi uz askorbīnskābes saturu ogās). Palielinoties efektīvo temperatūru summai, askorbīnskābes, šķīstošās sausnas un titrējamās skābes saturs krūmmelleņu ogās samazinās.
8. Krūmmelleņu krūmu forma un augstums ietekmē dzinumu un ziedpumpuru ziemcietību, kas liecina, ka krūmiem ar lielāku augumu nelabvēlīgos ziemošanas apstākļos samazinās dzinumu un ziedpumpuru ziemcietība.
9. Krūmmelleņu šķirnes 'Patriot', 'Chippewa' un 'Northblue' ir noderīgas pēc 7 novērtētajām pazīmēm, no 16 nozīmīgākajām pazīmēm. Šķirne 'Northland' noderīga pēc 6 pazīmēm, bet šķirne 'Jersey' pēc 5 pazīmēm.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA APROBATION OF THE SCIENTIFIC PAPER

Zinātnisko publikāciju saraksts / Scientific publications

1. Sausserde R., Āboliņš M., Liepniece M., Šterne D. (2012) Krūmmelleņu saimniecisko īpašību novērtējums. *Zinātniski praktiskās konferences „Zinātnē Latvijas lauksaimniecības nākotnei: pārtika, lopbarība, šķiedra un enerģija” Raksti*, 187. – 192. lpp.
2. Sterne D., Liepniece M. and Abolins M. (2012) Productivity of some blueberry cultivars under Latvia conditions. *Acta Horticulturae*, Vol. 926; p. 182 – 189. (*SCOPUS*).
3. Šterne D., Liepniece M., Sausserde R., Āboliņš M. (2011) Influence of the abiotic factor on the productivity of highbush blueberry cultivars. *Sodininkystē ir daržininkystē*, Vol. 30 (2); p. 77 – 84. (*CAB Abstracts, EBSCO*).
4. Šterne D., Liepniece M. (2011) Krūmmelleņu ražas veidošanas ietekmējošie faktori. **No:** *Daugavpils 53. starptautiskās konferences materiāli*. 13. – 15. aprīlis, Daugavpils, Latvija, CD.
5. Sterne D., Liepniece M. (2010) Preliminary observations of phenology development, yield and yield quality of some highbush blueberry cultivars in Latvia. **In:** *Proceeding of Annual 16th International Scientific Conference: Research for Rural development 2010*; p. 60 – 64. (*CABI, AGRIS*).
6. Sterne D., Abolins M., Liepniece M., Sausserde R. (2010) Influence of temperature on the development of highbush blueberry cultivars. **In:** *Conference proceedings of 2nd International conference on Horticulture Post-graduate Study 2010*. August 30-31, 2010, Lednice, Czech Republic; p. 93 – 97. CD.
7. Abolins M., Sausserde R., Liepniece M., Šterne D. (2009) Cranberry and blueberry production in Latvia. *Agronomijas Vēstis / Latvian Journal of Agronomy*, Nr. 12; p. 7 – 13. (*EBSCO*).
8. Kampuse S., Šnē E., Šterne D., Krasnova I. (2009) Chemical composition of highbush blueberry cultivars. *Agronomijas Vēstis / Latvian Journal of Agronomy*, Nr. 12; p. 53 – 59. (*EBSCO*).
9. Sterne D., Abolins M. (2009) Evaluation of winter hardiness and productivity of five highbush blueberries cultivars in Latvia. **In:** *Proceeding of Annual 15th International Scientific Conference: Research for Rural development 2009*; p. 76 – 81. (*CABI, AGRIS*).
10. Abolins M., Liepniece M., Sterne D. (2009) *Vaccinium* spp. production patterns and winter hardiness in Latvia. *Acta Horticulturae*, Vol. 810, p. 205 – 210. (*SCOPUS*).

Referāti konferencēs / Presentations

1. Sterne D., Liepniece M., Abolins M., Sausserde R., Grinberga B. (2012) Evaluation of winter hardiness and productivity of highbush blueberry cultivars in Latvia. *2nd International scientific conference: Sustainable Fruit Growing: From Plant to Product*, August 22 – 24, Riga – Dobele, Latvia.
2. Šterne D., Liepniece M., Sausserde R. (2011) Krūmelleņu ražas veidošanas ietekmējošie faktori. *Daugavpils Universitātes 53. starptautiskā konference*. 13. – 15. aprīlis Daugavpils.
3. Sterne D., Abolins M., Liepniece M., Sausserde R. (2010) Influence of temperature on the development of highbush blueberry cultivars. *2nd International conference on Horticulture Post – graduate Study 2010*. August 30 – 31, 2010, Lednice, Czech Republic.
4. Sterne D., Liepniece M. (2010) Preliminary observations of phenology development, yield and yield quality of some highbush blueberry cultivars in Latvia. *Annual 16th International Scientific conference: Research for rural Development 2010*, May 19 – 21, 2010, Jelgava, Latvia.
5. Šterne D. (2009) Temperature influence on blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars winter hardiness. *Annual 15th International Scientific conference: Research for rural Development 2009*, May 20 – 22, 2009, Jelgava, Latvia.
6. Abolins M., Sausserde R., Liepniece M., Šterne D. (2009) Cranberry and blueberry production in Latvia. *International Scientific Conference: Vaccinium ssp. and less known small fruit: challenges and risks*. October 6 – 9, 2009, Jelgava, Latvia.

Stenda referāti / Poster presentations

1. Sterne D., Liepniece M., Abolins M., Seglina D., Krasnova I., Misina I. (2012) Chemical composition of *Vaccinium* spp. fruit in Latvia. *10th International Vaccinium & Other Superfruits Symposium*, ISHS, June 17 – 22, 2012, Maastricht, The Netherlands.
2. Šterne D., Liepniece M., Sausserde R., Āboliņš M. (2011) Influence of the abiotic factor on the productivity of highbush blueberry cultivars. *International conference: Climate change: agro- and forest systems sustainability*, Jun 21 – 22, 2011, Lithuania, Babtai.
3. Sterne D., Abolins M., Liepniece M. (2010) Productivity of some blueberry cultivars at Latvia conditions. *28th International Horticultural Congress*, August 22 – 27, 2010, Lisbon; Portugal.
4. Segliņa D., Šterne D., Krasnova I., Kvisies J., Liepniece M., Āboliņš M. (2009) Evaluation of the chemical composition of *Vaccinium* spp. fruits in Latvia. *4th International Conference on Polyphenols and Health*

(ICPH2009) COST 863 Euroberry, December 7 – 8, 2009, Harrogate, United Kingdom.

5. Kampuse S., Šnē E., Šterne D., Krasnova I. (2009) Chemical composition of highbush blueberry cultivars. *International Scientific Conference: Vaccinium ssp. and less known small fruit: challenges and risks*, October 6 – 9, 2009, Jelgava, Latvia.
6. Šterne D., Āboliņš M., Liepniece M. (2008) Production techniques of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) in Latvia. *International scientific conference: Sustainable fruit growing: From Plant to Product*, May 28 – 31, 2008, Jurmala – Dobele, Latvia.

Konferenču tēžu materiāli / Abstracts

1. Sterne D., Liepniece M., Abolins M., Sausserde R., Grinberga B. (2012) Evaluation of winter hardiness and productivity of highbush blueberry cultivars in Latvia. **In:** Book of Abstract: *2nd International scientific conference: Sustainable Fruit Growing: From Plant to Product*. August 22 – 24, Riga – Dobele, Latvia; p. 41
2. Sterne D., Liepniece M., Abolins M., Seglina D., Krasnova I., Misina I. (2012) Chemical composition of *Vaccinium* spp. fruit in Latvia. **In:** Book of Abstract: *10th International Vaccinium & Other Superfruits Symposium, ISHS*. June 17 – 22, 2012, Maastricht, The Netherlands, CD.
3. Šterne D., Liepniece M., Sausserde R., Āboliņš M. (2011) Influence of the abiotic factor on the productivity of highbush blueberry cultivars. **In:** Abstracts of International Scientific conference: *Climate change: agro- and forest systems sustainability*. Jun 21-22, Babtai, Lithuania; p. 78.
4. Šterne D., Liepniece M. (2011) Krūmelleņu ražas veidošanos ietekmējošie faktori. *Daugavpils Universitātes 53. Starptautiskās zinātniskās konferences tēzes*. 13. – 15. aprīlis, Daugavpils, Latvija, 13. lpp.
5. Sterne D., Abolins M., Liepniece M. (2010) Productivity of some blueberry cultivars at Latvia conditions. **In:** Book of Abstract: *28th International Horticultural Congress*. August 22 – 27, 2010, Lisbon; Portugal; p. 71 – 72.
6. Sterne D., Abolins M., Liepniece M. and Sausserde R. (2010) Influence of temperature on the development of highbush blueberry cultivars. **In:** Book of Abstract: *2nd International conference on Horticulture Post-graduate Study 2010*. 30 – 31 August 2010, Lednice, Czech Republic; p. 17.
7. Abolins M., Sausserde R., Liepniece M., Šterne D. (2009) Cranberry and blueberry production in Latvia. **In:** Book of abstracts and Programme of the International Scientific Conference and NJF seminar No. 426: *Vaccinium ssp. and less known small fruit: challenges and risks*. October 6 – 9, Jelgava, LLU, Latvia; p. 21

8. Kampuse S., Šnē E., Šterne D., Krasnova I. (2009) Chemical composition of highbush blueberry cultivars. **In:** Book of abstracts and Programme of the International Scientific Conference and NJF seminar No. 426: *Vaccinium ssp. and less known small fruit: challenges and risks*. October 6 – 9, Jelgava, LLU, Latvia; p. 36.
9. Abolins M., M.Liepniece, D.Sterne (2008) *Vaccinium* spp. production patterns and winter hardiness in Latvia. **In:** Abstract Book: *9th International Symposium on Vaccinium Culture, ISHS*. July 13 – 16, 2008, Corvallis, Oregon, USA; p. 108.
10. Šterne D., Āboliņš M., Liepniece M. (2008) Production techniques of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) in Latvia. **In:** Book of Abstract: *Sustainable fruit growing: From Plant to Product. International conference*. May 28 – 31, 2008, Jurmala – Dobeles, Latvia; p. 61.

INTRODUCTION

Fruit growing production in northern latitudes, including Latvia, is limited by climatic factors. Therefore it is necessary to research the development and growing characteristics of each introduced fruit plant. Comprehensive research of Blueberry growth, development, and yield makes it possible to choose the most suitable breed for specific growing conditions.

Research on highbush blueberry in Latvia started in 1967 in Salaspils National Botanical Garden, resulting in the creation of 5 blueberry cultivars. Information from available sources on blueberry production; productivity and winter hardiness in Latvia is insufficient. Up to now there has been no systematic and comprehensive evaluation and characterization of these introduced fruit plants, thus limiting the possibilities of their practical application.

Highbush blueberry is a relatively new fruit plant that was introduced in Latvia, but it has already been planted in an area of around 200 hectares from imported varieties for commercial production. Experience in growing highbush blueberry in different countries is available. Although Poland, Germany and Lithuania as well as some states in the United States of America (USA), have similar agro-climatic conditions, it is necessary to check growth, development, winter hardiness and productivity of each blueberry variety specifically under Latvia's climatic conditions, since all research indicates that blueberry winter hardiness and productivity depend on site-specific agro-climatic conditions.

Inadequate winter hardiness and sensitivity to spring frosts are two main genetic limitations of blueberry varieties. In the southern states of the USA the most significant blueberry crop losses are caused by cold spring weather, while in northern regions (including Latvia) most significant blueberry crop losses are caused by winter itself. Ideally, blueberries should quickly acclimatize in autumn, maintain high winter hardiness during the winter and slowly deacclimatize in spring or in an unusually warm winter.

Plant acclimatization at low temperatures has been widely studied, but ongoing physiological processes and their role in the process of developing cold and frost tolerance is still unclear during acclimatization. The role of carbohydrates is known in raising winter hardiness, the genes of dehydrin proteins responsible for frost tolerance and winter hardiness of plants are known, but there is insufficient information on the amount of reducing sugars and dry matter content in blueberry shoots during overwintering, and there is still ongoing research being carried out on the role of dehydrins in cold resistance and frost resistance in blueberry varieties.

Hypothesis

Temperature in winter and vegetation period significantly affects winter hardiness; phenological development; productivity and quality of fruit of the highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.).

The aim of the research

To describe highbush blueberry winter hardiness, yield and crop quality, biochemical composition depending on climatic conditions. To describe morphological characteristics of highbush blueberry varieties; and evaluate the suitability of highbush blueberry varieties for cultivation under Latvia's agro-climatic conditions.

The tasks of the research

1. To evaluate the temperature's influence on the winter hardiness of floral buds and shoots of highbush blueberry cultivars.
2. To determine the levels of dry matter and reducing sugars in one-year-old shoots of blueberry cultivars during overwintering in different temperatures and correlation of dry matter and reducing sugar levels with winter hardiness.
3. To determine the relation between dehydrin expression levels and air temperature in one-year-old shoots of blueberry cultivars during overwintering and winter hardiness in relation to those levels.
4. To describe air temperature and the sum of effective temperatures effect on highbush blueberry phenology.
5. To evaluate the yield and its parameters of quality (fruit weight and size, biochemical content) depending on the climatic conditions of the year.
6. To give an integrated assessment of blueberry cultivars

The novelty of the research

The evaluation of the air temperature's influence of winter hardiness and productivity on eleven highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars has been performed for the first time in Latvia. The relation between reducing sugars, dry matter in shoots and winter hardiness has been established. The 14 kDa and 60 kDa dehydrin expression during wintering period under field conditions in one-year-old shoots of the blueberry cultivars has been established. For the first time biochemical analysis of highbush blueberry fruits has been carried out to map the correlation between biochemical content and agro-climatic conditions. Integrated assessment has been carried out for all eleven highbush cultivars.

The importance of the results

Winter-hardy productive highbush blueberry cultivars with a high level of functionally active substances have been established.

The content of dry matter and reducing sugars, expression of dehydrin genes (14 kDa un 60 kDa) in one-year-old shoots of the blueberry cultivars and their correlation with cold and frost resistance have been established.

Description of the eleven highbush blueberry cultivars introduced in Latvia has been made.

The results of the study can be used in:

- choosing more productive or more cold resistant highbush blueberry cultivars for specific fruit-growing zone;
- developing a genetic database of highbush blueberry resources.;
- determining the role of dehydrin in highbush blueberry cold and frost resistance;
- further studies of physiological processes in highbush blueberry cultivars.

Research results have been collected and reflected in 10 publications in Latvian and English languages, including reviewed international publications at international conferences, congresses, symposiums, and scientific seminars. Research results have been presented in 6 oral reports and 6 poster presentations at international conferences, congresses, symposia and seminars.

Research has been carried out owing to the funding of the Ministry of Agriculture projects No. F-L147 and K17.04/10 part “Blueberries and cranberries”, Latvian Council of Science project No. 09.1465.

Part of the research and publications were developed with support of the European Social Fund activity “Support to Doctoral studies” project “Support to the implementation of LLU doctors”. Contract No. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/IPIA/VIAA/017.

MATERIALS AND METHODS

Trial place, object and agrotechnology. The trial was carried out at the training and research facilities of the Institute of Agrobiotechnology of the Faculty of Agriculture, Latvia University of Agriculture in Jelgava in 2007. A collection of blueberries was established in the autumn of 2002, using one-year and two-year-old plants.

The object of the trials was eleven highbush blueberry cultivars, representing *Vaccinium corymbosum* L. (‘Duke’, ‘Blueray’, ‘Bluejay’, ‘Bluecrop’, ‘Jersay’, ‘Patriot’ un ‘Spartan’) and *V. corymbosum* × *V. angustifolium* hybrids (‘Chippewa’, ‘Northblue’, ‘Northland’, ‘Polaris’).

Highbush blueberry cultivars 'Jersey', 'Chippewa', 'Bluecrop', 'Patriot', 'Northland', 'Northblue', 'Polaris' and 'Blueray' were planted in the autumn of 2002 (August – September) using two-year-old plants grown from meristem which was imported from the USA. The cultivars 'Spartan' and 'Bluejay' were planted in the spring of 2003 using two-year-old plants, acquired from meristem plants from the facility in Ogre, but the cultivar 'Duke' was planted in the spring of 2003 using one-year-old plants.

All plantations were made in furrows (50 cm deep and 50 cm wide) of continuous-cultivated soil filled with acidic peat. Tending work included: pruning damaged and bush thickening branches, weeding, mowing, line spacing, watering, and the placing of guarding nets at harvest time.

Meteorological conditions. The winter of 2006/2007 experienced large temperature fluctuations and inconsistent snow cover (the average air temperature in December 2006 was 7 degrees higher than its long-term average, but in February 2007 temperatures dropped to -29.7 °C). Distribution of precipitation in the growing season of 2007 was even. Winter periods of 2007/2008 and 2008/2009 had very stable temperatures (no rapid temperature changes were observed). Vegetation period of 2008 had a smaller amount of precipitation and it was slightly cooler. April and May of 2009 had the least amount of precipitation. The winter of 2009/2010 was characterized with low temperatures and stable snow cover which is unusual for Latvia. The vegetation period of 2010 was very warm and rich in precipitation (air temperature was 3 degrees above the long-term average). The first half of the winter in 2010/2011 had a stable temperature, and thick snow cover, but the second half (from January 2011) had high temperature fluctuations (an eight day period of thaw was observed). In the vegetation period of 2011 the average air temperature was similar to that of 2010.

Assessment methods of material. When establishing morphological characteristics, damage caused by unfavourable weather conditions, the yield, weight of 100 berries and quality of berries. The results were derived by averaging together scores from individual bushes, but the biochemical contents were taken from combined examples of berries. All characteristics were assessed in points from 0 to 9 in accordance with UPOV (TG 137/3) and in metric scale.

Highbush blueberry winter hardiness over the period from 2007 to 2011 was determined by means of a scale for field conditions, developed by the researchers of the Institute of Agrobiotechnology, establishing the level of damage to flower buds and shoots.

Winter hardiness was evaluated in the period from the beginning of vegetation to the middle of June:

- **flower buds winter hardiness** was evaluated using a 10 point scale, where 9 indicated no signs of damage, 5 – damaged 41 – 61% flower buds damaged, 1 – all flower buds damaged, 0 – plant completely dead.
- **shoots winter hardiness** was evaluated using a 10 point scale, where 9 indicated no signs of damage, 1 – plant was dead up to the line of snow, 0 – plant was completely dead.

Additionally in the winter period of 2010/2011 the following winter hardiness parameters were determined:

- **content of dry matter** in one – year old shoots, a difference in weight before and after drying was found. Samples were subjected to drying in a drying oven for 72 hours at 40 °C (or longer until the weight did not change). Defined as $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$;
- **content of reducing sugars** in one year old shoots. Reducing the sugar content, determined by the Bertran method based on sugar aldehyde and ketone group oxidation (reducing sugar) by boiling Fehling's solution in the presence of a reagent (alkaline copper oxide solution). The resulting indicators are used in the calculation of the amount of reducing sugars in $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ in dry matter (Плешков, 1976). Reducing sugar content was determined at the Institute of Soil and Plant Science;
- **expression of 14 and 16 kDa dehydrins, RNA** was extracted from collected samples and the concentration of RNA was measured using the spectrofluorimetric method. Real-time PCR relative quantification was used to characterise differences in gene expression between samples. This method compares samples to an arbitrarily chosen reference sample. The analyses were done at the Latvian State Forest research Institute „Silava”

For the determination of **chill units (CU)** during the wintering season in 2010/2011 the Utah model (Richardson, Seeley, Walker, 1974) was used.

Highbush blueberry cultivars were assessed for the following characteristics:

Phenology (assessment done from 2009 to 2011)

- **flower buds development time** measured in number of days after the first of January;
- **beginning of flowering time** measured in number of days after the first of January;
- **flowering duration** measured in days, counting from the beginning of

- flowering till dropping off petals;
- **berry ripening time** evaluated in days from the first of January till the first harvest when 50 – 75% berries had changed their colour;
- **duration of production** evaluated in days from the first harvest till the last.

Berry ripening time and duration of production was observed in the years 2008 – 2011.

Yield and quality of yield (assessment done from 2008 to 2011):

- **yield**, defined as total yield, kg per bush;
- **average weight of berry**, taken weight of 100 berries and divided by 100, in grams.
- **size of fruit**; presented as 6 groups, where a sample of 100 berries was divided in groups according to their size. Group 1: very small berries (< 9 mm); group 2: 9.1 – 12 mm, group 3: 12.1 – 15 mm, group 4: 15.1 – 18 mm, group 5 – large berries, 18.1 – 20 mm, group 6: very large berries (> 20 mm).

Biochemical composition (assessment done in 2008, 2010 and 2011) determined in frozen berries (after harvesting berries were frozen, stored at a temperature of $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and analyzed after 5 months):

- **the total anthocyanin content** (AC) in berries was determined using the spectrophotometer UV-1650 at a light wavelength of 535 nm, $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ (Moore, Karp; poldma et al., 2005);
- **the content of ascorbic acids** (AA) was determined by titration with a 0.05 M iodine solution (Moore, Karp; poldma et al., 2005), $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$;
- **the content of soluble solids** (SS) of fruit juice was determined with a digital refractometer ATAGO N20 (instrument error of $\pm 0.1\%$) at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{Brix}$;
- **the content of titrable acidity** (TA) was determined by the titration method (LVS EN 12147:2001 A), $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$;
- **the total phenolic content** (PC) was determined using the spectrophotometer UV-1650-PC at a wavelength of 765 nm, with Folin-Denis reagent (Singleton Orthofer, Lamuela-Raventos, 1999), $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$.

Biochemical analyses were carried out in the laboratory of Latvia State Institute of Fruit-Growing.

The observation of morphological characteristics of plants was evaluated when plants were dormant:

- **bush height** measured in meters from the soil surface to the top of the highest branch;

- **bush width** measured in meters from one bush lateral branches ending to the opposite lateral branches apex;
- **amount of shoots** counted in whole numbers according to the age groups;
- **bush volume** (m³) calculated as for a cone shaped figure, using plants height and bush width;
- **bush habit** evaluated in points from 1 to 3, where 1 – upright (reference cultivar ‘Bluecrop’), 2 – semi upright, 3 – spreading (reference cultivar ‘Northblue’).

Registration of meteorological data. From year 2008 to 2010 the meteorological data from the Jelgava Hydrology and Meteorology Station were used. Since 2010 the data of air temperature had been obtained with a portable MicroLite USB recorder; placed in the middle of the plantation. The data were recorded in digital format every hour. Daily mean temperature, sum of effective temperatures (ETS), monthly and decades amount of precipitation were calculated.

Mathematical data processing. Descriptive statistics and analysis of variance performed for quantitative factors were evaluated in metric or ordinals scale. For correlation between observations, the analyses of correlation and regression were applied using MS Excel and SPSS data processing programs.

RESULTS

HIGHBUSH BLUEBERRY WINTER HARDINESS

Winter hardiness. During the trial winter conditions were quite various, consequently, highbush winter hardiness was very different each year. The highbush blueberry cultivars showed the highest winter hardiness of flower buds and shoots in 2009 (9 points), but the lowest for flower buds (3.6 points average) and shoots (4.3 points average) for all cultivars in the trial was in 2008, however during the winters of 2010 and 2011 highbush blueberry cultivars reacted differently to wintering conditions. Winter hardiness during these years ranged from 3.0 to 9.0 points.

From half - highbush blueberry cultivars the highest winter hardiness of shoots was shown by ‘Chippewa’ (7.9 points average) and ‘Northblue’ (7.7 points average) and highbush blueberry cultivar ‘Jersey’ (7.8 points average). Furthermore in 2007, when other cultivars showed damage even to three year old shoots (winter hardiness ranged from 2 to 5.3 points) ‘Chippewa’ and ‘Jersey’ had just mild damage to their two year old shoots. The most

affected cultivar by winter conditions in 2007, 2010 and 2011 was 'Duke'. In those years the shoot's winter hardiness ranged from 2 to 6 points, nonetheless 'Duke' showed middle winter hardiness (5.9 points over the years). High flower buds' winter hardiness was observed in half - highbush blueberry cultivars 'Chippewa' and 'Northblue' (an average of 7.7 points) and highbush blueberry cultivar 'Patriot' (7.5 points), but low winter hardiness was observed in the cultivar 'Duke', only 5.4 points (Fig. 1.). From half - highbush blueberry cultivars 'Northland' showed the lowest winter hardiness (averaged 6.5 points), which was the lowest of all the other cultivars of this type. Among the highbush blueberry cultivar 'Duke' had the most sensitive flower buds (average flower bud winter hardiness 5.4 points), but the most cold resistant flower buds (an average of 7.0 points) were observed in the cultivar 'Patriot' (Fig. 1.).

The cultivar 'Chippewa' showed the highest and less changeable flower buds' winter hardiness during the research period, while 'Duke' had most varying flower buds' winter hardiness over the years and in three years of observation showed the lowest winter hardiness. Even in the years of favourable winter conditions 'Duke' showed the lowest flower buds' winter hardiness. Compared to the rest of cultivars in the trial 'Jersey' and 'Chippewa' had most stable winter hardiness of shoots over the years, but the most varying winter hardiness of shoots over the years were observed in 'Duke' and 'Northland'.

The results showed the significant ($p = 0.00$) influence of meteorological factors on winter hardiness in flower buds and shoots of blueberry cultivars. Well demonstrated statistically significant ($p = 0.00$) difference in winter hardiness in flower buds also within blueberry cultivars, indicating a significant role of genetic characteristics of varieties in winter hardiness.

Close positive ($r_{yx} = 0.92$; $p < 0.01$) significant correlation between blueberry shoots and flower buds' in winter hardiness was found, which means – the higher the winter hardiness of shoots, the higher the flower buds' winter hardiness will be. All factors of the year in observation and cultivar's influence proportion in winter hardiness of blueberry comparison indicate that the set of weather conditions in winter period has a very significant impact on the flower buds and shoots' winter hardiness ($\eta^2_{fb} = 75.89$ and $\eta^2_{sh} = 77.68$), moreover meteorology factor's effect on formation of shoots' winter hardiness was higher than on flower buds' winter hardiness. Blueberry cultivars as a factor had significant, but small effect ($\eta^2_{fb} = 7.45$ and $\eta^2_{sh} = 7.65$) on blueberry winter hardiness. Blueberry winter hardiness is influenced not only by meteorological conditions, but also cultivar's ability to withstand temperature fluctuations during the winter, as shown by the cultivars and wintering conditions interaction effect's ($\eta^2_{fb} = 12.57$ un $\eta^2_{sh} = 12.61$) influence on blueberry winter hardiness.

The half - highbush cultivars 'Chippewa' and 'Northblue' were distinguished as cultivars with high winter hardiness and its stability over the

years. In three years research period, highbush blueberry cultivar 'Patriot' and half – highbush blueberry cultivar 'Northland' showed a high level of winter hardiness. The cultivar 'Duke' showed the lowest overall winter hardiness.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING Highbush BLUEBERRY WINTER HARDINESS

Content of dry matter. In wintering of the 2010 – 2011 differences in dry matter content of blueberry cultivars were not statistically verifiable ($p = 0.42$). Significant differences ($p = 0.00$) of the shoots' dry matter content was found between sampling times (Fig. 2.). In the first sampling time (in October), the average dry matter content of shoots was $56.8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, which was significantly higher than in November, January and February. However in February dry matter was significantly lower than in October and March. The low content of dry matter in February shows that due to the period of increased air temperature in late January and first decade of February free water content in the cells increased, subsequent rapid drops in temperature affected the Blueberry shoots frost tolerance.

The results suggest that during wintering of 2010 – 2011, the highest winter hardiness was shown by cultivars 'Chippewa', 'Patriot' and 'Northblue'. These cultivars begin and end dormancy with a high dry matter content of shoots, and are able to rapidly start vegetation, which shows the variety's suitability for varying weather conditions.

Content of reducing sugars in blueberry shoots in wintering of 2010/2011 significantly differed between cultivars ($p = 0.00$) and between samples ($p = 0.00$). Reducing sugar content in blueberry shoots at the end of the growing season (26.10.2010.) was lower than during the winter, on average, 2.3 g of reducing sugars per 100 g^{-1} of dry matter. During wintering time, it gradually increased, reaching a peak in the third and fourth sampling time (27.12.2010. and 01.27.2011.). During this time, mean reducing sugar content was unchanged. At the fifth sampling time (24.02.2011.) reducing sugar content was significantly reduced. By the end of March there were only 2.5 g of reducing sugars per 100 g^{-1} of dry matter in the shoots (Fig. 3.). When comparing the speed of reducing sugars content's change with the first sampling time, the fastest increase in the content was during the second sampling time (in November), later the changes were smaller.

In cultivars 'Patriot', 'Northblue', 'Chippewa' and 'Jersey' with high and 'Spartan' and 'Polaris' with medium winter hardiness of shoots, reducing sugar content variations in shoots were less pronounced than in the other five blueberry cultivars. The results showed that the cultivars which sharply

increased their reducing sugar content when wintering temperature fell, had high winter hardiness.

When assessing interaction between plant frost tolerance characterizing indicators, a significant medium close linear negative ($r_{yx} = -0.46$; $p < 0.05$) correlation was found between the content of reducing sugars and dry matter in shoots, which might indicate a trend for an increase in dry matter content, when reducing sugar content is decreasing. Weak ($r_{yx} = 0.26$; $p < 0.05$) significant relationship between accumulated chill units (CU) and dry matter content was found, as well as weak negative ($r_{yx} = -0.38$; $p < 0.05$) significant correlation between accumulated CU and reducing sugar content were found. Weak correlations showed a trend for a plant at the end of dormancy to increase dry matter content in shoots, while decreasing reducing sugar content.

Weather conditions during sampling had a major impact ($\eta^2\% = 38.3$) on a dry matter content in the Blueberry shoots, and it was significant ($p = 0.000$). Reducing sugar content during overwintering was significantly influenced by the cultivar's factor ($\eta^2\% = 31.5$), and a set of meteorological factors ($\eta^2\% = 43.5$).

Expression of 14 kDa and 60 kDa dehydrin. Statistical analysis of the results shows that the 14 kDa dehydrin expression levels between cultivars are not significantly different ($p = 0.187$), but they are significantly different ($p = 0.005$) depending on the number of accumulated chill units, however 60 kDa dehydrin expression was found significantly ($p = 0.003$) varying between the cultivars of blueberry, and on the total number of accumulated chill units ($p = 0.001$).

The highest expression of 14 kDa dehydrin level in blueberry shoots and flower buds was observed at accumulated 712 CU, when the temperature dropped below 0 °C. During a continuous 45-day period of frost, the expression levels of 14 kDa dehydrin decreased (plants showed high levels of frost tolerance), but in 'Northblue', 'Bluejay', 'Bluecrop' and 'Duke' shoots 14 kDa expression levels increased immediately after the continuous frost period (accumulated 714 CU), reaching the lowest accumulation level at the end of March (1109 CU). 60 kDa dehydrin expressions was observed during lowering of the temperature, but the highest expression levels were observed after the continuous periods of frost, while at the end of March the accumulation levels rose sharply (Fig. 4.).

Expression of 14 kDa dehydrin in blueberry shoots is affected by the number of accumulated chill units ($r_{yx} = -0.33$; $p < 0.05$) and the mean daily air temperature ($r_{yx} = 0.29$; $p < 0.05$). 14 kDa dehydrin expression levels decreased during the wintering period, thus the observed correlations suggest a tendency that accumulation of dehydrin-like proteins in early stages of low temperature is associated with the acclimatization process.

Effects of reducing sugars and dry matter content in shoots on 14 kDa dehydrin expression level could not be identified, but 60 kDa dehydrin expression was affected by the dry matter content in shoots ($r_{yx} = 0.30$; $p < 0.05$), indicating a tendency that drought stress can potentially influence 60 kDa dehydrin gene expression. When comparing the 60 kDa dehydrin gene expression levels with a dry matter content in blueberry shoots, it can be concluded that the cultivars ‘Northland’, ‘Duke’ and ‘Northblue’ with higher 60 kDa dehydrin expression levels at 1109 CU had a higher dry matter content. 60 kDa dehydrin expression is affected by low air temperatures ($r_{yx} = 0.33$; $p < 0.05$). In contrast to the 14 kDa dehydrin expression, total accumulated chill units had no effect on the level of 60 kDa dehydrin expression. The established relationships indicate a trend that the 60 kDa dehydrin expression level is directly affected by low temperatures (Table 1).

The results show that in most winter hardy varieties ‘Patriot’, ‘Chippewa’, ‘Northblue’ and ‘Jersey’ 14 kDa and 60 kDa dehydrin gene expression levels in the shoots and flower buds were higher than in the less winter hardy cultivars. The differences between the levels of expressions in two dehydrins suggest that dehydrin gene expression is influenced by air temperature; the number of accumulated chill units and 60 kDa dehydrin gene expressions is also affected by drought stress.

TEMPERATURE INFLUENCE ON HIGHBUSH BLUEBERRY PHENOLOGY

Significant differences in the initial phase of blooming, fruit ripening time and duration of harvest period were identified not only in different blueberry cultivars, but also in the same cultivar in a different year of trial. Differences in bud swelling time and blooming duration in different cultivars over the years of trial were found insignificant.

Bud swelling time. The blueberry flower-buds started to swell at the end of March till the beginning of April depending on the year, when the average air temperature was higher than 2.4 °C and the sum of the effective temperature (ETS) ranged from 0.4 to 21°C. In the highbush blueberry cultivars ‘Blueray’ and ‘Bluejay’ and half - highbush cultivar ‘Northblue’ the variations in duration of bud swelling from year to year were most pronounced.

Duration of bud swelling was significantly affected by the accumulated ETS ($r_{yx} = 0.93$; $p < 0.05$) and by the number of days from the beginning of the year when the average air temperature was above 5 °C ($r_{yx} = 0.95$; $p < 0.05$), indicating forced end of plants’ dormancy and forced readiness for vegetation.

Weak, negative, but significant correlation ($r_{yx} = -0.26$; $p < 0.05$) between bud swelling time and buds' winter hardiness confirms that when flower bud hardiness decreases, the bud swelling time can be delayed.

Beginning of blooming time. Highbush blueberry varieties start to bloom on 126th – 134th day (middle of the first decade of May – middle of May's second decade) when ETS has reached 127 to 198 °C. Beginning of blooming is significantly affected by the amount of sum of effective temperature stored ($r_{yx} = 0.88$; $p < 0.05$), as well as by the number of days since the start of bud swelling till the beginning of blooming in which daily the air temperature exceeded 5 °C ($r_{yx} = 0.89$; $p < 0.05$). There was no significant correlation between the beginning of blueberry blooming time and ETS during flower bud swelling.

No significant differences were observed in the beginning of bloom time in half-highbush cultivars (such cultivars begin to bloom at the same time). Significant differences in the beginning of blooming time were observed in highbush varieties; moreover highbush blueberry variety 'Jersey' bloomed last when compared with other varieties included in the trial.

Duration of blooming is an important factor, the longer the blooming, the better the chance to save at least part of the yield in case of frost. In the observed years the duration of blueberry blooming period was 9 – 23 days (first decade of May till middle of June).

The duration of blooming was significantly influenced by the accumulated ETS by the end of blooming ($r_{yx} = 0.46$; $p < 0.05$) and during the blooming ($r_{yx} = 0.65$; $p < 0.05$), but ETS at the beginning of blooming and daily temperature during the blooming had no effect on its duration. The existence of correlation proves that ETS has a significant role in the duration of blooming period, because in 2010 ETS at the beginning of blooming was higher than 2009 and 2011, but daily temperature during blooming in 2011 was higher than 2009 and 2010.

Berry ripening time assessed for four years from 2008 to 2011, differed significantly between cultivars, with 10 to 37 days difference between the early season genotypes and late season genotypes. Also, differences over the years were significant ($p = 0.00$), which indicates the weather conditions influence on the phenological development of blueberries. It takes 59 to 79 days from the beginning of blooming till fruit ripening (from early season varieties till late season varieties). Cultivar 'Duke' had the shortest period (average 59 days), while 'Jersey' had the longest (average 79 days). First blueberries were harvested from late July to first decade of August (depending on cultivar).

Blueberry fruit ripening time is significantly affected by ETS at the end of the blooming phase ($r_{yx} = 0.46$; $p < 0.05$) and ETS during berry ripening

($r_{yx} = 0.38$; $p < 0.05$). Contrary to expectations, the average daily temperature for the period from the beginning of blooming till berry ripening time did not significantly affect the first berry harvest time.

In all four years of the research, the berries of cultivars ‘Patriot’, ‘Polaris’, ‘Northblue’, ‘Northland’ and ‘Chippewa’ ripened fairly early, and at the same time. Also the berries of ‘Duke’ in both years ripened fairly early. The cultivars ‘Blueray’ and ‘Bluecrop’ had a medium late berry ripening time. In all the years of research berries from ‘Jersey’ variety ripened late.

Production period between the cultivars varied significantly ($p = 0.00$) with 13 to 27 days distinction, depending on the year and cultivars. Production period of highbush blueberry cultivars in the years of research was 1 to 27 days. The cultivar ‘Jersey’ had the shortest period of production in three of the four years of research (in 2009 – 6 days, in 2010 and 2011 all berries of this cultivar ripened at the same time and were harvested at once).

The cultivar ‘Patriot’ had the longest period of production for highbush blueberry cultivar group (average 24 days). Half – highbush blueberry cultivars presented duration of production in all the years of observation from 18 to 30 days, the average duration of production was from 23 (‘Northland’, ‘Polaris’) to 27 days (‘Northblue’) depending on the year (Table 2.).

The ETS during berry ripening ($r_{yx} = -0.65$; $p < 0.05$) and the average daily temperature during the production period ($r_{yx} = -0.32$; $p < 0.05$) have significant impact on the duration of the production period, suggesting that the production period is increased if less ETS has been accumulated by the time berries ripen and the average daily temperature during the production period is lower. It was found that the accumulation of ETS during production, significantly reduced the duration of production ($r_{yx} = 0.84$; $p < 0.05$).

HIGHBUSH BLUEBERRY YIELD AND ITS QUALITY

Yield. In all blueberry cultivars the berries ripened at separate times. Yield, depending on the year and blueberry cultivars, were picked 1 to 6 times. The cultivars ‘Chippewa’ and ‘Northland’ in two years of the research had a high yield, whereas ‘Blueray’ in two years of the research had a low yield (0.70 and 0.76 kg per bush).

In the 2010 low yield was obtained from ‘Jersey’ and ‘Bluecrop’ (0.45 kg and 0.32 kg per bush, respectively). The cultivar ‘Patriot’ stood out with high performance in all the years of observation, in spite of the fact that the average yield over the years ranged from 2.55 to 6.00 kg per bush. Other cultivars in the whole period of the research showed an average productivity (Table 3.).

Due to low shoot and flower bud winter hardiness, in 2008 ‘Duke’ and in

2011 'Blueray' yields were not registered. Despite the fact that in 2008 'Duke' showed high winter hardiness (8 points), signs of previous years overwintering conditions after-effects could be observed (no formation of flower buds were observed in 2007).

In 2011 'Duke' showed low winter hardiness too, the development of flower buds was disturbed and all flowers fell off. In 2010 'Blueray' had up to 80% of buds damaged, the development of the remaining buds was disturbed and, as a result of that, all flowers fell off. The winter hardiness of the previous year's shoots and buds did not affect the yield of the particular year, but it was established that the yield of 2010 and 2011 was significantly affected by the winter hardiness of buds in that production year ($r_{yx} = 0.59$ and $r_{yx} = 0.66$; $p < 0.05$, respectively).

Blueberry yields were significantly different between the three observation years, no significant differences between yields were found between the 2010 and 2011.

The cultivar factor ($\eta^2\% = 47.7$) had the highest effect on blueberry yield, also significant was the whole year's weather factor ($\eta^2\% = 23.2$).

The number of picks during blueberry harvest was significantly affected by the ETS ($r_{yx} = 0.69$; $p < 0.05$) and mean daily temperature ($r_{yx} = -0.44$; $p < 0.05$) during the production period, as well as ETS at the beginning of the fruit ripening ($r_{yx} = -0.79$; $p < 0.05$). The number of picks during harvest reduces if ETS rises at the beginning of berry ripening period and when the average daily temperature increases during the production period. The number of picks increases with a higher accumulation of ETS in the period of production.

The average weight and size of berries. The average weight of berries differed significantly over the years and between cultivars ($p = 0.00$). Most of blueberry cultivars were assessed as having medium berry weight (from 1.5 to 1.9 g). It should be noted that the cultivar's 'Northland' average berry weight ranged from large (2010) to small (2009) (Table 4).

The impact of the yield on the average fruit weight over individual years was not found to be significant, however, a negative weak but significant ($r_{yx} = -0.21$; $p < 0.05$) correlation between the amount of yield and average berry weight over the years showed a tendency that if there was an increase in the yield, berry average weight would still fall, but just slightly.

None of the cultivars could be placed into group 6th of berry size (very large berries, > 20 mm) or in group 1 (very small berries, < 9 mm). Blueberry cultivars 'Bluejay', 'Jersey', 'Blueray', 'Spartan', 'Polaris', 'Bluecrop' and 'Northblue' berries are medium – sized, 12.1 – 15 mm (3rd group), but 'Patriot' and 'Duke' berries fall into the 4th group, because the average berry size was 15.1 – 18 mm.

Contrary to expectations, in none of the observation years significant

correlation between blueberry yield and berry size could be proved. In 2008 and 2010 from a significant weak ($r_{yx} = 0.412$; $p < 0.05$) to an average of close ($r_{yx} = 0.678$; $p < 0.01$) correlation was found between the average berry weight and berry size, indicating that larger berries have more mass.

TEMPERATURE INFLUENCE ON BLUEBERRY BIOCHEMICAL COMPOSITION

Content of total anthocyanins in berries (AC). The content of total anthocyanins in blueberry fruit was significantly different between cultivars ($p < 0.00$). In the year 2008 the content of total anthocyanins was affected by the average daily temperature ($r_{yx} = 0.21$; $p < 0.01$) and the sum of effective temperatures in production period ($r_{yx} = 0.77$; $p < 0.01$). In the year 2010 the content of total anthocyanins was affected by the sum of effective temperatures in production period ($r_{yx} = 0.69$; $p < 0.05$), but in the year 2011 the daily temperature and the sum of effective temperature did not affect the total anthocyanins in berry (it can be explained by another factor influence).

Content of total phenolic in berries (PC) was significantly different between blueberry cultivars ($p < 0.00$). The average daily temperature and accumulated SET in production period had a significant effect on the content of total phenols in 2008 only ($r_{yx} = 0.22$ and $r_{yx} = 0.76$; $p < 0.05$, respectively) that indicates a tendency – the lower the average daily temperature and the lower the sum of effective temperatures accumulated, the higher the phenolic content in the berries.

Ascorbic acid (AA). The content of ascorbic acid was higher than $13 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ in some blueberry cultivars, and showed significant differences between cultivars ($p = 0.04$). The correlation analysis showed the significant effect of the sum of effective temperatures on the ascorbic acid content in the berries in all of the years, moreover in the year 2008 it was negative ($r_{yx} = -0.50$; $p < 0.05$). In the berries of cultivars ‘Jersey’, ‘Northblue’ and ‘Patriot’ the content of ascorbic acid was more stable than in other cultivars.

Content of soluble solids (SS) in berries of blueberry cultivars were significantly different ($p = 0.04$), although these differences were smaller compared with those of anthocyanins; phenolic, and ascorbic acid contents. Stable content of soluble solids over the years was identified in the cultivars ‘Blueray’, ‘Bluejay’ and ‘Bluecrop’. In other cultivars this parameter was less stable, but in the berries of the cultivars ‘Northblue’ and ‘Polaris’ over the years the content of soluble solids ranged from a high to a low content. The

soluble solids content of the year 2008 were significantly affected by both the average temperature ($r_{yx} = -0.22$), and the sum of effective temperatures in the production period ($r_{yx} = -0.34$), with a significance of $p < 0.05$, while the correlation between the studied factors was weak and negative. In 2010 the content of soluble solids was significantly affected by the sum of effective temperatures during the production period ($r_{yx} = 0.79$; $p < 0.05$), but in 2011 – the average daily temperature during the production period ($r_{yx} = -0.42$; $p < 0.05$).

Titration acidity (TA) content was significantly different ($p < 0.00$) in berries. The results showed the sum of effective temperature had a significant effect on the content of titrable acid in the years 2008 and 2010 ($r_{yx} = -0.63$ and $r_{yx} = -0.61$, respectively; $p < 0.05$), a weak positive correlation between the factor observed in 2011 ($r_{yx} = 0.46$; $p < 0.05$). In 2011 the content of titrable acid was significantly negatively affected by the average daily temperature ($r_{yx} = -0.35$; $p < 0.05$).

The sum of the effective temperature in production period had a significant effect on the biochemical composition of the berries over the year (especially on the content of ascorbic acid). Significant negative correlations indicated that with the increase in the sum of effective temperatures the content of ascorbic acid, soluble solids and titrable acid in berries decreased. In certain observation years ascorbic acid, soluble solids and titrable acid content in berries was affected also by the average daily temperature in the production period.

Difference of biochemical composition. The biochemical composition shows significant differences between the cultivars. The highest content of total anthocyanins was found in the cultivars ‘Jersey’, ‘Northland’ and ‘Northblue’ (from 123.7 to 133.5 mg 100 g⁻¹), high content of total phenolic was observed in berries of half-highbush blueberry cultivars ‘Northland’ and ‘Northblue’, 312.4 and 297.8 mg 100 g⁻¹, respectively. The highest content of ascorbic acid was found in berries of cultivars ‘Blueray’, ‘Northland’ and ‘Spartan’ (from 14.5 to 13.5 mg 100 g⁻¹), the lowest – in ‘Bluecrop’ berries. High content of soluble solids was found in cultivars ‘Jersey’ and ‘Spartan’ (12.5 and 12.2 mg 100 g⁻¹) (Table 5).

Contrary to expectations, the average weight of berries has no correlation with any of the biochemical parameters, but the fruit size is correlated with the content of ascorbic acid. It could be explained by the fact that the highest content of ascorbic acid is found in the skin of the berry – the smaller the berry, the greater the proportion of the total skin, the higher the ascorbic acid content. The non-existing correlation between berry weight and biochemical composition indicators shows that the cultivar ‘Blueberry’ with large berries has a high value biochemical composition.

INTEGRATED ASSESSMENT OF BLUEBERRY CULTIVARS

The assessment by 16 traits suggests that the cultivars ‘Patriot’, ‘Chippewa’ and ‘Northblue’ stand out if assessed by 7 significant traits: upright bush habit (‘Chippewa’), high winter hardiness of shoots (‘Patriot’ and ‘Chippewa’), middle berry ripening time (‘Patriot’ and ‘Chippewa’), long ripening period (‘Patriot’ and ‘Chippewa’), high productivity (except ‘Northblue’), uniform size of berries (except ‘Chippewa’) and high content of ascorbic acid in berries (except ‘Northblue’). The cultivar ‘Northblue’ stands out with 7 traits too; the most significant is high winter hardiness of flower buds and shoots. The cultivars ‘Northland’ succeeds in 6 traits, the most significant being its high productivity and uniform size of berries. The cultivar ‘Jersey’ succeeds in 5 traits, most significant being its high winter hardiness of shoots, late start of blossoming and berry ripening (Table 6).

The cultivars ‘Patriot’ and ‘Northblue’ have one significant weakness—they develop a wide spreading crown, thus requiring more care in shaping the bush. The advantage is that the crown can absorb more sunlight, but in snowy winters, this type of plant habit will protect the plants from winter frost damages, however at the end of winter they can foment.

The cultivar ‘Duke’ stands out with a large berry weight, but it has a very important weakness – low winter hardiness of flower buds and shoots, which makes this cultivar suitable for growing only in a particularly good place, but the variety ‘Bluecrop’ stands out with an upright bush shape, which is an important characteristic feature, since it will be easier to harvest crops and berries will be clean (Table 6).

CONCLUSIONS

1. The winter hardiness of flower buds and shoots is significantly affected by meteorological conditions during the wintering period. In developing the winter hardiness of shoots the impact of meteorological factors is higher than with the winter hardiness of flower buds. The Blueberry cultivar as a factor has little effect on the formation on winter hardiness.
2. Accumulated chill units in wintering period affect the content of dry matter and reducing sugars in blueberry one-year old shoots.
3. The preliminary results under field conditions show that drought stress and air temperature in wintering period affected 60 kDa dehydrin expressions, but accumulated chill units significantly affected 14 kDa dehydrin expressions.
4. The sum of effective temperatures affected the beginning of phenological phase and its duration.
5. Winter hardiness of flower buds in the year of production has a significant effect on the yield. The number of blueberry harvesting times is significantly affected by the accumulated sum of effective temperatures during berry ripening time, and the average daily temperature during the production period.
6. The cultivars 'Patriot', 'Chippewa' and 'Northland' are more productive than other cultivars; furthermore 'Patriot' has large berries. The cultivar 'Duke' has large berries but low winter hardiness.
7. The sum of effective temperatures has a significant effect on the content of biochemical parameters (especially on the content of ascorbic acid). An increase of the sum of effective temperature, leads to decrease in the contents of ascorbic acid, soluble solids and titrable acid in berries.
8. The winter hardiness of Blueberry flower buds and shoots is affected by the habit and height of the blueberry bush, which indicates that the bushes with a greater height will have reduced shoot and flower bud winter hardiness in adverse winter conditions.
9. Blueberry cultivars 'Patriot', 'Chippewa' and 'Northblue' are the best by 7 assessed parameters. The cultivar 'Northland' comes second with high scores by 6 parameters, but 'Jersey' by 5 parameters. The cultivars 'Bluecrop' and 'Polaris' are good only by 2 assessed parameters.