



Latvijas Lauksaimniecības universitāte  
Lauksaimniecības fakultāte

Latvia University of Agriculture  
Faculty of Agriculture

**JĀNIS LEPSIS**

**ĀBEĻU VEGETATĪVĀS UN GENERATĪVĀS  
PRODUKTIVITĀTES VĒRTĒJUMS DAŽĀDOS  
DĀRZA TIPOS**

EVALUATION OF THE VEGETATIVE AND  
GENERATIVE PRODUCTIVITY OF APPLE  
TREES IN DIFFERENT TYPES OF ORCHARDS

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

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

paraksts/ signature

Jelgava 2013

**Darba zinātniskā vadītāja / Scientific supervisor:**  
**asoc. prof., Dr. biol. Ina Alsiņa**

**Darba recenzenti / Reviewers:**

**Dr. agr. Māra Skrīvele**  
**Prof., Dr. agr. Dainis Lapīņš**  
**Asoc. prof., Dr. biol. Uldis Kondratovičs**

**Promocijas darba aizstāvēšana** paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2013. gada 22. maijā, plkst. 9:00, LLU 123. auditorijā, Lielā iela 2, Jelgavā.

**The defence of thesis** in open session of the Promotion board of Agriculture will be held on May 22, 2013, at 9.00 in the room 123 Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava, Latvia.

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

**Atsauksmes lūdzu sūtīt** Lauksaimniecības zinātnu nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr. agr. Maijai Ausmanei, Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001, fakss +371 63027258

**The thesis is available** at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava.

**References are welcome to send** to Dr.agr. Maija Ausmane, the Secretary of the Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001, Latvia, fax +371 63027258.

ISBN 978-9984-861-38-8 (online)

## SATURS

IEVADS .....	4
IZMĒGINĀJUMA APSTĀKĻI UN METODES .....	6
IZMĒGINĀJUMA REZULTĀTI UN TO ANALĪZE .....	10
Koku veģetatīvā produktivitāte .....	10
Koku izdzīvošana .....	16
Koku ģeneratīvā produktivitāte .....	18
SECINĀJUMI .....	23
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA .....	43

## CONTENT

INTRODUCTION.....	25
MATERIALS AND METHODS .....	27
RESULTS AND ANALYSIS .....	32
Vegetative productivity of trees .....	32
Tree survival.....	36
Generative productivity of trees.....	37
CONCLUSIONS .....	41
APPROBATION OF THE SCIENTIFIC ACTIVITIES .....	43

## IEVADS

Plašāk audzētā augļkoku suga Latvijā vienmēr bijusi ābele (*Malus domestica* Bork.). Dārzos galvenokārt tika izmantoti spēcīgi augoši potcelmi (šķirnes `Antonovka` sēklaudži). Šādu dārzu būtiskākie trūkumi bija samērā vēlas pirmās ražas, sabiezināts un liela apjoma koka vainags pilnražas periodā, kas apgrūtina kopšanas darbus un samazina augļu kvalitāti.

1990-tajos gados attīstoties tirgus ekonomikai, arī augļkopības nozarē mainījās attieksme pret dārzu kā ražošanas objektu. Kopumā ābeļdārzu platība samazinājās, jo daudzi vecie dārzi tika likvidēti vai pamesti novārtā, savukārt jauno dārzu platības bija relatīvi nelielas. Tā 2001. gadā pēc lauksamniecības skaitīšanas datiem ābeļdārzu (lielāki par 0.5 ha) platība bija 5 965 ha. Šādā līmenī ābeļdārzu platība bija arī 2008. gadā – 5 100 ha. Latvijas ābolu tirgus apjoms naudas izteiksmē ir 10 līdz 14 miljoni Ls gadā, no kuriem 30 – 65% aizņem importētie āboli. Par nozares attīstības iespējām norāda gan importēto ābolu daudzums (pēc statistikas datiem 12 000 – 17 000 tonnas gadā), kurus var aizstāt ar vietējiem, gan ābolu eksporta apjomu pieaugums pēdējos gados (pēc statistikas datiem eksporta pieaugums 5 gadu laikā ir 1 200 tonnas).

Lai iegūtu augstākas un kvalitatīvākas ražas, tika meklēti uzlabojumi gan audzēšanas tehnoloģijās, gan šķirņu un potcelmu sortimentā. Jaunos ābeļu stādījumus sāka ierīkot, izmantojot vidēja un vāja auguma potcelmus, līdz ar to stādījumu biezība sasniedza 500 līdz 1500 koki ha<sup>-1</sup>. Jaunie stādījumi ar mazāku auguma kokiem paātrināja pilnražas perioda iestāšanos, palielināja kvalitatīvo augļu īpatsvaru, atviegloja ražas novākšanu, taču radīja arī neskaidrības par piemērotāko stādīšanas attālumu un vainaga veida izvēli. Sabiezinātos stādījumos samazinās augļu koku adaptācijas spējas apkārtējās vides apstākļiem, līdz ar to vēl nozīmīgāki kļuva audzēšanas tehnoloģiju jautājumi.

Kaut arī aktīvi tiek pārņemta citu valstu dārzkopju pieredze, tomēr ir virkne jautājumu, kuri jāprecīzē tieši Latvijas apstākļos – daudzas no mūsu komercšķirnēm un potcelmiem netiek audzēti Rietumeiropā, sava ietekme ir gan apgaismojuma un temperatūras režīmam vasarā, gan ziemēšanas apstākļiem ziemā. Vairāki audzēšanas tehnoloģiju jautājumi jāizlēm vēl pirms augļu dārza ierīkošanas – šķirnes un potcelma izvēle, stādīšanas shēma, plānotais vainaga veids u.c. Šo jautājumu izlemšanai nepieciešami vietējos apstākļos pārbaudīti fakti un likumsakarības, jo šie lēmumi būtiski ietekmēs turpmākos darba rezultātus.

Pārmaiņu nepieciešamība augļu koku audzēšanas tehnoloģijās nosaka promocijas darba aktualitāti – darbā ir pētīta dažādu stādīšanas shēmu, stādīšanas blīvumu un vainaga tipu ietekme uz koku

produktivitāti, kā arī izvērtēti divi maza auguma potcelmi, tajā skaitā jaunais Pūres Dārzkopības izmēģinājumu stacijā selekcionētais potcelms Pure 1.

### **Darba hipotēze**

1. Dārza tips ietekmē koku veģetatīvo un ģeneratīvo produktivitāti.
2. Potcelms Pure 1 ir vairāk piemērots izmantošanai intensīvos ābeļdārzos, salīdzinot ar līdz šim plašāk lietoto B.9.

### **Darba mērķis**

1. Izdalīt dārza tipu, kas nodrošina sabalansētu veģetatīvo un ģeneratīvo produktivitāti mainīgos agrometeoroloģiskajos apstākļos.
2. Novērtēt potcelma Pure 1 ietekmi uz koku veģetatīvo un ģeneratīvo produktivitāti.

### **Darba uzdevumi:**

1. Noteikt dārzu tipu ietekmi uz koku veģetatīvās produktivitātes parametriem:
  - stumbra šķērsgrīzuma laukumu;
  - koka augstumu;
  - vainaga tilpumu;
  - vainaga projekcijas laukumu;
  - koka lapu virsmas kopējo laukumu.
2. Noteikt dārzu tipu ietekmi uz koku ģeneratīvās produktivitātes parametriem:
  - ziedkopu skaitu kokā;
  - ziedēšanas intensitāti;
  - augļu skaitu kokā;
  - ražu no koka;
  - ražu no dārza platības.
3. Salīdzināt divu potcelmu ietekmi uz ābeļu veģetatīvo un ģeneratīvo produktivitāti.

Latvijā un Baltijas valstīs ir veikti daudzi pētījumi par ekstensīvu dārza tipu elementiem. Ir iegūta diezgan plaša informācija par vāji un vidēji augošu klona potcelmu piemērotību vietējiem apstākļiem, taču samērā maz ir pētījumu par intensīviem dārza tipiem kā sistēmu kopumā. **Darba novitāte** ir ilggadīgu datu apkopojums par maza auguma ābelēm, ietverot stādīšanas attālumus un vainagu veidus, kā arī pirmo reizi dārza apstākļos novērtēts jaunais potcelms Pure 1.

## **IZMĒGINĀJUMA APSTĀKLI UN METODIKA**

Izmēginājums ierīkots 1996. gada pavasarī Pūres Dārzkopības izmēginājumu stacijā pēc starptautiskas izmēginājumu programmas metodikas, kas izstrādāta profesora Dr. agr. A. S. Devyatova (Baltkrievija) un profesora Dr. sc. A. Sadovska (Polija) vadībā. Programmā piedalās Latvijas, Lietuvas, Baltkrievijas un Polijas pētnieciskās iestādes.

Iekārtots trīs faktoru izmēginājums, kur:

1) faktors A ir ābeļu šķirne:

A<sub>1</sub> – `Spartan`;

A<sub>2</sub> – `Belorusskoje Maļinovoje`;

2) faktors B ir dārza tips:

B<sub>1</sub> – vienrindas stādījums 4×2 m, 1250 koki ha<sup>-1</sup>, telpiskais vainags;

B<sub>2</sub> – vienrindas stādījums 4×1.5 m, 1667 koki ha<sup>-1</sup>, slaidās vārpstas vainags;

B<sub>3</sub> – vienrindas stādījums 4×1 m, 2500 koki ha<sup>-1</sup>, franču ass vainags;

B<sub>4</sub> – divrindu šahveida stādījums (4+1)×2.4 m, 1667 koki ha<sup>-1</sup>, plakanās vārpstas vainags;

B<sub>5</sub> – divrindu šahveida stādījums (4+1)×1.6 m, 2500 koki ha<sup>-1</sup>, slaidās vārpstas vainags;

B<sub>6</sub> – trīsrindu stādījums (4+1.25+1.25)×1.5 m, 3075 koki ha<sup>-1</sup>, Ziemeļholandes vārpstas vainags;

3) faktors C ir potcelms:

C<sub>1</sub> – B.9;

C<sub>2</sub> – Pure 1.

Šajā darbā ar jēdzienu „dārza tips” tiek apzīmēts augļu dārza raksturojums, kas ietver stādīšanas shēmu un koku vainaga veidu.

Koku vainagu veidošana izmēginājumā veikta pēc šādiem principiem.

Telpiskais vainags. Šā tipa vainaga veidošanai nav izvirzīti stingri likumi, galvenais, lai vainags nav sabiezināts, ir labi izgaismots un raža ērti novācama. Izveidotā vainagā ir izteikta galotne ar 7 līdz 9 skeletzariem, vainaga forma ovāli apaļa vai pyramidāla, koka garums ap 2.5 m. Galotne tika īsināta, ja bija nepieciešams veicināt sānzaru attīstību. Sānzarus pirmajos gados neīsināja, vēlāk īsināja līdz zarojuma vietai. Galvenais veidošanas paņēmiens bija apgriešana pavasarī, zaru atliekšanu neizmantoja.

Slaidā vārpsta. Šim vainagam ir raksturīga konusveida forma, izteikta centrālā ass, 4 līdz 6 skeletzari vainaga pamatdalā un labi attīstīti

klājzari pārējā vainaga daļā, koka augstums ap 2.5 m. Sānzarus pirmajos gados neīsina, vēlāk īsina līdz zarojuma vietai. Galotni īsina, ja nepieciešams veicināt sānzaru veidošanos. Pēc iestādīšanas sānzari tika atliekti 60 – 90° leņķi un nostiprināti ar auklu vai atsvaru. Turpmāk jaunos sānzarus atlieca horizontāli.

Plakanā vārpsta. Šī vainaga veidošana ir līdzīga slaidajai vārpstai, tikai atšķiras ar to, ka vainaga pamatdaļā ir 5 līdz 7 skeletzari, kas virzīti rindas virzienā (izmantojot apgriešanu un atliekšanu), klājzari ir garāki kā slaidajai vārpstai, izveidotam vainagam ir saplacināta konusa forma. Sānzaru atliekšanu un galotnes īsināšanu veica kā slaidajai vārpstai.

Ziemeļholandes vārpsta. Vainags līdzīgs slaidās vārpstas vainagam, bet ir mazāks skeletzaru skaits vainaga pamatdaļā un vainagu pamatdaļas diametrs ir mazāks. Vainagu veidošanā izmantota sānzaru atliekšana.

Franču ass. Vainagam pēc iestādīšanas sānzarus īsina, atstājot 3 līdz 4 labi attīstītus pumpurus, no kuriem vēlāk veido augļzaru grupu. Arī turpmākos gados jaunie sānzari tika īsināti atstājot 3 līdz 4 labi attīstītus pumpurus. Kokam ir izteikts vadzars un klājzari, vainagā nav skeletzaru vai spēcīgi attīstītu sānzaru. Raža pamatā veidojas uz divgadīgiem augļzariem. Pirms pavasara veidošanas katrā klājzārā ir triju vecumu augļzari – viens trīsgadīgs, viens divgadīgs un divi viengadīgi. Pavasarī, veidojot vainagu, izgriezts noražojušais trīsgadīgais zars, divgadīgajam dzinumam nogriezts viengadīgais pieaugums, viens viengadīgais dzinums saīsināts, atstājot divus labi attīstītus pumpurus, otrs atstāts, lai no tā izveidotos augļzars. Galotne netiek īsināta līdz koks nav sasniedzis apmēram 2.5 – 3 m garumu.

Potcelmu B.9 izveidojis V.I. Budagovskis Mičurinskā (Krievija), krustojot potcelmu M.8 ar šķirni `Krasnij Standart`. Potcelmam raksturīga ir lapu un koksnes sarkanā krāsa. Mātesaugu plantācijā tam vērtējums ir labs. Sakņu salcītība vidēja (-10 līdz -12 °C), saknes nav trauslas. Potcelma B.9 ietekme uz koku veģetatīvo augumu tiek vērtēta kā līdzvērtīga Eiropā plaši lietotajam potcelmam M.9. Potcelms B.9 rekomendēts kā viens no piemērotākajiem pundurpotcelmiem Latvijas apstākļos.

Potcelmu Pure 1 izveidojis A. Bite Pūres Dārzkopības izmēģinājumu stacijā kā B.9 brīvas apputes sēklaudzi. No vecākauga B.9 ir saglabājies koksnes un lapu sarkanais krāsojums. Mātesaugu plantācijā sakņu veidošanās aprausumiem novērtēta labāka kā B.9 un arī no viena mātesauga iegūto potcelmu daudzums ir lielāks.

Izmēģinājuma atrašanās vieta pēc augšu rajonu iedalījuma – Kurzemes pauguraines un līdzenuma rajons, Dundagas pacēluma un Vanemas pauguraines apakšrajons. Izmēģinājuma vietā, ir reliktkarbonātiskā brūnaugsne. Brīvie karbonāti ir dziļāk par 70 cm. Pēc

granulometriskā sastāva tā ir mālsmilts augsne. Agroķīmiskās iekultivēšanas pakāpe vērtēta kā vidēja,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6.1 – 6.7, organiskās vielas saturs 16 – 21 g kg<sup>-1</sup>, kālijs ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 141 – 220 mg kg<sup>-1</sup>, fosfors ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 250 – 340 mg kg<sup>-1</sup> (agroķīmiskās analīzes veica Agroķīmisko pētījumu centrs). Izmēģinājuma vietā vērojams neliels mikroreljefa pacēlums lauka vidusdaļā.

Atbilstoši J. Kārkliņa izstrādātajam Latvija augkopības zonējumam, Pūre atrodas Rietumu zonā uz Ziemeļkurzemes augstienes un Ventas ieplakas apakšzonu robežas. Ziemeļkurzemes augstienes apakšzona raksturojas ar labāku koku ziemcietību, šai zonā ir zināma jūras ietekme uz klimatu un pauguru nogāzēs ir vietas, kas labi piemērotas dārzu ierīkošanai. Ventas ieplakas apakšzona atrodas Ventas un Abavas senlejā, šeit ziemās biežāk novērojams spēcīgāks sals un pavasarī salnas, jo ielejās saplūst aukstās gaisa masas.

Izmēģinājuma periodā vairākos gados bija nelabvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi, kas negatīvi ietekmēja gan koku veģetatīvo, gan ģeneratīvo produktivitāti. Izmēģinājuma periodā maz nokrišņu vai ļoti nevienmērīgs to sadalījums ir bijis 1999., 2000., 2002., 2005. un 2006. gadā. Ziemas periodā sala bojājumi ir bijuši 2004./2005. gada ziemā. Izmēģinājuma laikā lielāki pavasara salnu bojājumi bija 2002. un 2004. gadā, savukārt nelieli pavasara salnu bojājumi bija 1998., 2001. un 2006. gadā. 2003. gada jūnijā bija ļoti spēcīga krusa, kas bojāja praktiski visus auglaizmetņus, no kuriem lielākā daļa bojājumu dēļ nobira. Krusa bojāja arī lapas un dzinumus. Bojājumu radītais stress negatīvi ietekmēja arī ziedpumpuru ieriešanos nākamā gada ražai.

Augsnes ielabošanai kā priekšsaugs 1995. gada vasarā audzētas baltās sinepes, kas ziedēšanas laikā ieertas kā zaļmēslojums. 1996. gada pavasarī lauks sagatavots 2 reizes kultivējot. Stādīšanas bedrēs dots kūdras – kūtsmēslu komposts 12 līdz 15 kg. Koku balstam izmatoti impregnēti skuju koku mieti. Pēc stādīšanas koki laistīti 2 reizes pavasarī un 1 reizi augustā, vienā laistīšanas reizē izlietojot 15 līdz 20 L ūdens uz koku. Pirmajā gadā visi ziedi izgriezti.

Nezāļu ierobežošanai pirmajā gadā apdobes tika ravētas, turpmākajos gados lietoti glifosātu grupas herbicīdi 1 vai 2 reizes sezona. Vienrindas stādījumos apdobes platums bija 1 m (0.5 m no koka uz abām pusēm), divrindas stādījumā 2 m (0.5 m no katras malējās rindas un 1 m starp rindām) un 3.5 m trīsrindu stādījumā (0.5 m no katras malējās rindas un 2×1.25 m starp rindām). Rindstarpas pirmos 2 gadus ar kultivēšanu un diskosanu uzturētas melnajā papuvē. 3. gadā pēc stādīšanas rindstarpās iesets zālājs. Turpmākos gadus rindstarpas plautas 4 līdz 6 reizes sezona.

No slimībām galvenā uzmanība veltīta kraupja (ieros. *Venturia inaequalis*) ierobežošanai, no kaitēkļiem – ābeļu ziedu smecernieka (*Anthomus pomorum* L.) un tinēja (*Capsicum pomonana* L.)

ierobežošanai. Pesticīdi lietoti pēc šādas shēmas: 1. miglojums zaļā konusa fāzē, varu saturošs fungicīds kombinācijā ar insekticīdu ar mērķi ierobežot primāro kraupja infekciju un ābeļu ziedu smecernieka bojājumus; 2. līdz 4. miglojumā pirms un pēc ziedēšanas ar mērķi ierobežot kraupja primāro infekciju un kaitēkļus pēc reālas situācijas, lietoti gan sistēmas, gan pieskares iedarbības fungicīdi, atkarībā no konkrētās situācijas.

Dārza mēslošanai norma noteikta vadoties pēc augsnē analīzēm un A. Grosa, I. Dimzas ieteikumiem. Fosfora saturs augsnē bija pietiek;oši augsts, taču, ņemot vērā augsnēs neitrālo reakciju, fosfora mēslojums tika dots nelielās devās. Kālija saturs augsnē bija zemāks kā optimālais, tāpēc kālija mēslojums dots katru gadu  $5 - 6 \text{ g m}^{-2}$  (tūrvielā). Pirmajā gadā pēc stādīšanas dots slāpekļa papildmēslojums  $5 \text{ g m}^{-2}$ . Otrajā gadā pirms veģetācijas sākuma dots kālija hlorīda un komplekso minerālmēslu (NPK 10:10:20 un mikroelementi) mēslojums, slāpekļa mēslojums dots arī maija beigās. Kopā 2. gadā iedots  $N - 8 \text{ g m}^{-2}$ ,  $P_2O_5 - 5 \text{ g m}^{-2}$ ,  $K_2O - 21 \text{ g m}^{-2}$ . Trešajā un ceturtajā gadā dots tikai slāpekļa un kālija mēslojums  $N - 5 \text{ g m}^{-2}$  un  $K_2O - 6 \text{ g m}^{-2}$ . Turpmākajos gados mēslojums dots visā dārza platībā  $N - 5 \text{ g m}^{-2}$ ,  $P_2O_5 - 2.5 \text{ g m}^{-2}$ ,  $K_2O - 5 \text{ g m}^{-2}$ .

Koku veģetatīvā produktivitātes raksturošanai izmantoti šādi parametri:

- stumbra šķērsgriezuma laukums – aprēķināts no stumbra diametra, kas mērīts 0.20 līdz 0.25 m virs acojuma vietas;
- koka garums – mērīts no augsnēs virskārtas līdz koka galotnei;
- vainaga tilpums – aprēķināts kā konusam, izmantojot koka garumu un vainaga diametru (mērīts rindas virzienā un perpendikulāri rindas virzienam);
- vainaga projekcijas laukums – aprēķināts kā riņķa laukums izmantojot abus vainaga diametra mērījumu;
- koka lapu virsmas kopējais laukums – noteikts pirmajos piecos gados. Lietota trafaretu metode.

Veģetatīvās produktivitātes izmaiņu raksturošanai pa gadiem, aprēķināti:

- ikgadējais stumbra šķērsgriezuma laukuma pieaugums;
- stumbra šķērsgriezuma relatīvais pieauguma temps;
- koka garuma ikgadējās izmaiņas;
- vainaga tilpuma ikgadējās izmaiņas.

Koku ģeneratīvās produktivitātes raksturošanai izmantoti šādi parametri:

- ziedkopu skaits kokā – uzskaitīts ziedēšanas laikā;
- ziedēšanas intensitāte – ziedkopu skaits uz  $1 \text{ m}^3$  vainaga tilpuma;
- ziedēšanas intensitātes periodiskums – aprēķināts izmantojot ražošanas periodiskuma indeksu;

- augļu skaits kokā – lietots pirmajos ražas gados, kad raža ir neliela;
- raža no koka – augļi svērti atsevišķi katram uzskaites kokam;
- raža no dārza platības.

Augšanas apstākļu raksturošanai izmantots vainaga relatīvais izgaismojums.

Koku izdzīvošana aprēķināta kā dzīvo koku procentuālā attiecība no iestādīto koku skaita.

Lai novērtētu meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz koku veģetatīvo augumu, tika pārbaudīta stumbra šķērsgriezuma laukuma absolūtā pieauguma un relatīvā pieauguma tempa saistība ar hidrotermisko koeficientu šādos periodos: maijs; jūnijs; jūlijs; augusts; maijs – jūlijs; maijs – augusts; jūnijs – jūlijs; jūnijs – augusts.

Datu matemātiskajai apstrādei izmantotas vispārpieņemtās statistikas metodes – paraugkopas atbilstība normālajam sadalījumam (Kolmogorova-Smirnova tests), dispersijas analīze, korelācijas analīze. Dispersijas analīze veikta kā trīsfaktoru izmēģinājumam, starpību būtiskuma novērtēšanai izmantots Tukey kritērijs. Koku veģetatīvās un ģeneratīvās produktivitātes rezultātu vērtējumam izmantoti lauciņu vidējie lielumi. Analizējot koku izdzīvošanu un stumbra šķērsgriezuma laukuma relatīvo pieaugumu, veikta datu transformācija. Datu apstrādei izmantota datorprogrammas MS Excel un Statistika.

## PĒTĪJUMA REZULTĀTI UN ANALĪZE

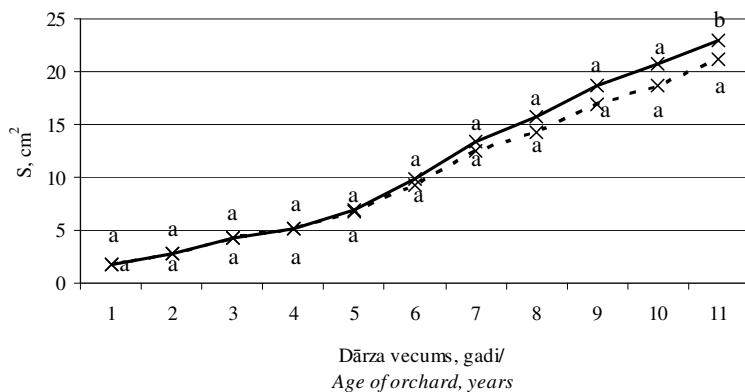
### Koku veģetatīvā produktivitāte

**Dārza tipa un potcelma ietekme uz koku stumbra šķērsgriezuma laukumu.** Stumbra šķērsgriezuma laukums ( $S$ ) ir visbiežāk lietotais parametrs, lai novērtētu kāda faktora ietekmi uz koku veģetatīvo augumu. Tas raksturojas ar pozitīvu ikgadējo pieaugumu un to tieši neietekmē koka vainaga veidošana. Dārza tipu ietekme uz  $S$  bija statistiski pierādāma sākot no 4. gada pēc stādīšanas. Vērtējot dārzu tipu ietekmi uz  $S$  visā izmēģinājuma laikā, bija redzamas vairākas tendences. Līdz 10. gadam visos vienrindu stādījumos  $S$  bija mazāks kā vairākrindu stādījumos. Sākot ar 4. gadu mazākais  $S$  bija vienrindu stādījumā ar blīvumu  $2500 \text{ koki ha}^{-1}$ , savukārt lielākais  $S$  no 6. gada bija divrindu stādījumā ar blīvumu  $1667 \text{ koki ha}^{-1}$ . Jāatzīmē, ka dārza tipā ar lielāko blīvumu (trīsrindu stādījums,  $3075 \text{ koki ha}^{-1}$ ) līdz pat 10. gadam bija viens no lielākajiem  $S$ . Tas norāda, ka izmēģinājumā Pūrē koku stumbra šķērsgriezuma laukumu ietekmējis ne tikai koku stādīšanas blīvums, bet arī stādīšanas shēma. Statistiski pierādāmas atšķirības starp  $S$  vienrindu un

divrindu stādījumiem ar vienādu stādīšanas blīvumu bija tikai 4. un 6. gadā pēc izmēģinājuma iekārtošanas stādījumos ar stādīšanas blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ , taču tendeince, ka vienrindas stādījumā bija mazāks S kā divrindu stādījumā ar tādu pašu stādīšanas blīvumu, saglabājas katru gadu. Šī tendeince izskaidrojama gan ar to, ka vairākrindu stādījumos koki iegūst lielāku augšanas telpu, gan ar to, ka vairākrindu stādījumos ir platāka apdobe un līdz ar to ābelēm ir mazāka konkurence ar rindstarpu zālāju augsnē esošā mitruma un barības vielu izmantošanā.

Analizējot stumbra šķērsgrīzuma laukuma ikgadējo absolūtu pieaugumu, konstatētas līdzīgas tendences kā S. Statistiski pierādāmas absolūtā pieauguma atšķirības starp dārza tipiem konstatētas 5 no 10 novērojumu gadiem, kamēr S tās bija 7 gados. Mazākais absolūtais pieaugums, praktiski, visos gados bija vienrindas stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Pirms 6 gadus bija tendeince, ka vienrindu stādījumos absolūtais pieaugums bija mazāks kā vairākrindu stādījumos.

Potcelmu Pure 1 un B.9 ietekme uz koku stumbra šķērsgrīzuma laukumu pirmos 5 gados praktiski vienāda (1. att.). No 6. gada pēc stādīšanas bija vērojama vāji izteikta tendeince kokiem uz Pure 1 veidot nedaudz mazāku S kā uz B.9. Laika gaitā šī tendeince kļuva izteiktāka un 11. gadā kokiem uz potcelma Pure 1 S bija statistiski ticami mazāks kā uz B.9 (attiecīgi 20.3 un  $22.9 \text{ cm}^2$ ).



1. att. Potcelmu ietekme uz stumbra šķērsgrīzuma laukumu:  
Fig. 1. The influence of rootstocks on the trunk cross section area:

—×— B.9 - -×- Pure 1

\* starp lielumiem, kas apzīmēti ar dažādiem burtiem, ir statistiski pierādāma starpība (Tukey kritērijs,  $p=0.05$ ), lielumi salīdzināmi gada robežās / values marked by different letters have significant difference (Tukey criteria,  $p=0.05$ ), values are comparable within the year.

Tomēr jāatzīst, ka reāli atšķirība starp potcelmiem bija ļoti maza – starpība stumbra diametrā bija tikai 3 mm. Līdz ar to var uzskatīt, ka potcelma Pure 1 ietekme uz koku stumbra šķērsgriezuma laukumu bija līdzīga kā potcelmam B.9, kaut arī sākotnēji tika prognozēts, ka potcelms Pure 1 būs spēcīgāk augošs kā B.9.

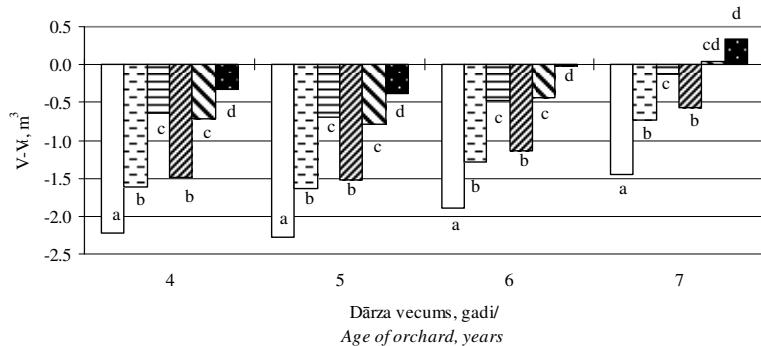
**Dārza tipa un potcelma ietekme uz koku garumu.** Dārza tips koku garumu vairāk ietekmēja pirmajos gados pēc stādīšanas. Statistiski pierādāmas atšķirības starp dārza tipiem bija 2., 3., 4., un 6. gadā. Visos šajos gados garākie koki bija vienrindu stādījumā ar koku blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  un mazākie koki – vienrindu stādījumā ar blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Koku augstumu būtiski ietekmē vainaga veidošanas principi. Vienrindu stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  tiek veidots franču ass tipa vainags – šim vainagam galotne netika ūsināta pirms 3 gadus, kamēr citiem vainaga tipiem galotnes tika ūsinātas, lai veicinātu sānzaru veidošanos. Sākot ar 7. gadu atšķirības koku augstumā starp dārza tipiem nav statistiski būtiskas, jo garākie koki jau pārsniedz plānoto koku garumu un, veidojot vainagus, tiek veikta koku garuma ierobežošana. Tomēr trīsrindu stādījumā vajadzētu pārskatīt plānoto koku garumu un palielināt to līdz 2.5 m.

Koku garums starp potcelmiem statistiski ticami atšķirās 1. un 11. gadā pēc stādīšanas. 1. gadā koku garumu vēl galvenokārt noteica koku lielums stādīšanas brīdī. Vidējais koku garums 11. gadā kokiem uz potcelma Pure 1 bija 2.91 m, uz potcelma B.9 – 3.03 m. Arī citos pētījumos konstatēts, ka potcelms Pure 1 koku garumu ietekmē līdzīgi kā B.9, atsevišķos gadījumos koki uz potcelma Pure 1 ir mazāki kā uz B.9.

**Dārza tipa un potcelma ietekme uz koku vainaga tilpumu.** Koku vainaga tilpuma atšķirības dažādos dārza tipos vērojamas jau 2. gadā pēc stādīšanas. No 3. gada bija vērojama tendence, ka mazākie vainagi bija vienrindas stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  (franču ass vainags). Savukārt lielākie vainagi līdz 5. gadam bija trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  (Ziemeļholandes vārpstas vainags), bet no 6. gada divrindu stādījumā ar blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$  (plakanās vārpstas vainags) un no 8. gada arī vienrindu stādījumā ar blīvumu 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$  (telpiskais vainags). Pēdējos divos dārzu tipos kokiem arī pēc metodikas bija plānoti koku vainagi ar lielāko tilpumu.

Salīdzinot faktiskā vainaga tilpuma novirzi no teorētiskā lieluma, bija konstatētas atšķirības starp dārza tipiem. Teorētisko vainaga tilpumu visātrāk sasniedza koki trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  – 6. gadā pēc stādīšanas (2. att.). 7. gadā teorētisko vainaga tilpumu praktiski sasniedza arī koki vienrindu un divrindu stādījumos ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Visvēlāk teorētisko vainaga tilpumu sasniedza koki vienrindu stādījumā ar blīvumu 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$  – 11. gadā pēc stādīšanas. Salīdzinot gadus, kad koku vainaga vidējais tilpums sasniedza teorētisko,

iezīmējas tendence, ka galvenā ietekme bija koku stādīšanas blīvumam. Faktiskais vainaga tilpums 11. gadā pēc stādīšanas visos dārza tipos pārsniedza teorētisko lielumu, lielākā novirze bija trīsrindu stādījums ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$ .



2. att. Vainaga tilpuma novirze no teorētiskā vainaga tilpuma:  
*Fig. 2. Deviation of crown volume from theoretically calculated:*

- 1 rinda, 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$  / 1 row, 1200 trees  $\text{ha}^{-1}$
- 1 rinda, 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$  / 1 row, 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$
- 1 rinda, 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  / 1 row, 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$
- 2 rindas, 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$  / 2 rows, 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$
- 2 rindas, 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  / 2 rows, 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$
- 3 rindas, 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  / 3 rows, 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$

\* starp lielumiem, kas apzīmēti ar dažādiem burtiem, ir statistiski pierādāma starpība (Tukey kritērijs,  $p=0.05$ ), lielumi salīdzināmi gada robežās /  
*values marked by different letters have significant difference (Tukey criteria,  $p=0.05$ ), values are comparable within the year.*

Potcelmu ietekme uz koku vainagu tilpumu bija praktiski vienāda pirmos 5 gadus pēc stādīšanas, bet no 6. gada lielāks vainaga tilpums bija kokiem uz potcelma B.9. Kopumā var secināt, ka abi potcelmi vainaga tilpumu ietekmēja līdzīgi, tomēr, ar tendenci, ka vecākiem kokiem uz potcelma Pure 1 vainaga tilpums bija mazāks kā uz B.9. Koki uz abiem potcelmiem plānoto vainaga tilpumu bija sasnieguši 8. gadā pēc stādīšanas.

**Dārza tipa un potcelma ietekme uz koku vainaga projekcijas laukumu.** Jau otrajā gadā pēc stādīšanas bija vērojamas vainaga projekcijas laukumu atšķirības dažādos dārza tipos. Vismazākais vainaga projekcijas laukums gandrīz visos gados bija kokiem vienrindas stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Tas bija saistīts ar franču ass vainaga veidošanas īpatnībām – sānzaru regulāra īsināšana. Pirmajos gados lielākais vainaga projekcijas laukums bija trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  un divrindu stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Sākot ar

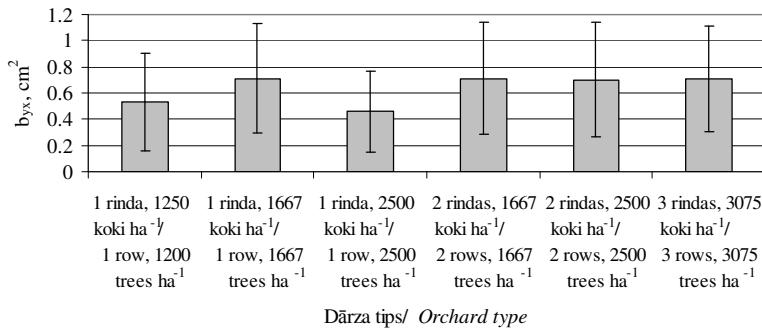
8. gadu vainaga projekcijas laukums trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki ha<sup>-1</sup> būtiski neatšķirās no vienrindas stādījuma ar blīvumu 2500 koki ha<sup>-1</sup>. 11. gadā teorētisko vainaga projekcijas laukumu sasniedza arī vienrindas stādījums ar blīvumu 1250 koki ha<sup>-1</sup>, jāsecina, ka šis stādīšanas attālums dotajām šķirnes/potcelma kombinācijām pie esošajiem agroekoloģiskajiem apstākļiem bija pārāk liels.

Vienrindas stādījumos tika saīdzināti koku vainaga diametra starpība rindas virzienā un perpendikulāri rindai. Statistiski pierādāma atšķirība konstatēta starp stādījumu ar blīvumu 2500 koki ha<sup>-1</sup> (vainaga diametrs rindas virzienā bija par 0.38 m mazāks kā perpendikulāri rindai) un stādījumiem ar blīvumu 1250 un 1667 koki ha<sup>-1</sup> (attiecīgi 0.00 un 0.04 m). Tas, ka vienrindas stādījumos ar blīvumu 1250 un 1667 koki ha<sup>-1</sup> vainaga diametrs abos virzienos praktiski neatšķiras, norāda, ka šajos stādījumos kokiem bija pietiekoša augšanas telpa.

Potcelmu ietekmei uz vainaga projekcijas laukumu bija līdzīga tendence kā vainaga tilpumam – pirmajos gados starpība starp potcelmiem nav statistiski ticama. Sākot no 6. gada statistiski pierādāmi lielāks projekcijas laukums bija kokiem uz potcelma B.9.

**Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz koku veģetatīvo produktivitāti.** Stumbra šķērsgriezuma laukuma ikgadējā absolūtā pieauguma novirzei no teorētiskā pieauguma visciešākā sakarība bija ar hidrotermisko koeficientu (Hk) jūlijā. Tas norāda, ka dotajā izmēģinājumā kritiski metroloģiskie apstākļi koku veģetatīvajai augšanai bijuši tieši jūlijā mēnesī un šim periodam jāpievērt galvenā uzmanība plānojot dārza laistīšanu. Lineāra regresija bija statistiski ticama visiem dārza tipiem, tās koriģētais determinācijas koeficients bija 0.52 – 0.63. Regresijas koeficienti Hk ietekmei uz absolūtā pieauguma novirzi no teorētiskā starp dārza tipiem atšķiras kļūdu robežās (3. att.).

Meteoroloģiskie apstākļi ietekmēja arī koku garuma ikgadējo pieaugumu. Taču, atšķirībā no stumbra pieauguma, koku garuma ikgadējo pieaugumu saistība ar jūlijā Hk nebija statistiski ticama, savukārt statistiski ticama sakarība koku garuma ikgadējam pieaugumam bija ar maija – jūnija Hk. Regresijas koeficientu starpības starp dārza tipiem bija kļūdu robežās.



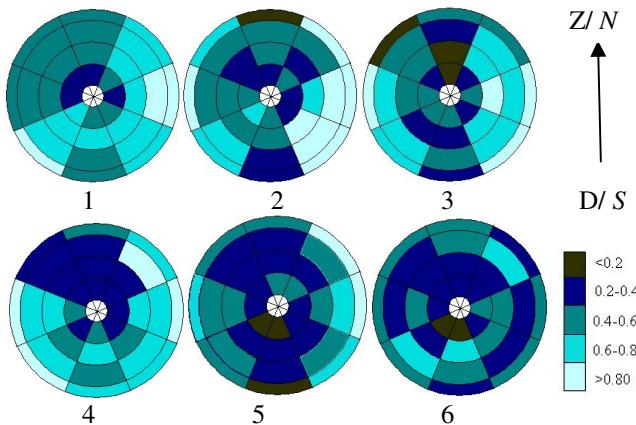
3. att. Hidrotermiskā koeficienta ietekme uz stumbra šķērsgriezuma laukuma absolūtā pieauguma novirzi,  $b_{yx}$ .

Fig. 3. The influence of the hydrothermal coefficient on the deviation of the absolute increase of the trunk cross section area  $b_{yx}$ .

Analizējot potcelmu ietekmei uz koku veģetaīvo augšanu dažādos meteoroloģiskajos apstākļos, starp potcelmiem netika konstatētas būtiskas atšķirības.

**Dārza tipa ietekme uz koku vainagu izgaismojumu.** Viens no galvenajiem koku produktivitāti ietekmējošajiem faktoriem ir apgaismojums. Vainaga relatīvais izgaismojums ( $L_r$ ) raksturo, cik daudz gaismas iziet cauri koka vainagam. No vienas puses tā ir saules enerģija, kas nav izmantota fotosintēzē, bet no otras puses, lai iegūtu labas kvalitātes augļus arī vainaga pamatdalā, tur ir jānonāk pietiekošam gaismas daudzumam.

Salīdzinot  $L_r$  vainagam kopumā, konstatēta būtiska dārza tipu ietekme. Augstākais  $L_r$  bija vienrindas stādījumā ar stādīšanas blīvumu 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$  ( $L_r=0.54$ ). Zemākais  $L_r$  bija trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  ( $L_r=0.33$ ). Galvenā nozīme bija stādīšanas blīvumam, bet stādīšanas shēmai (vienrindas vai divrindu) bija mazāka ietekme.



4. att. Koka vainaga relatīvais izgaismojums dažādos dārza tipos, šķirne `Spartan`:

*Fig 4. Relative light distribution in the crown in different orchard types, cv. `Spartan`:*

- 1 – vienrindas stādījums, 1250 koki  $ha^{-1}$  / one-row, 1250 trees  $ha^{-1}$ ;
- 2 – vienrindas stādījums, 1667 koki  $ha^{-1}$  / one-row, 1667 trees  $ha^{-1}$ ;
- 3 – vienrindas stādījums, 2500 koki  $ha^{-1}$  / one-row, 2500 trees  $ha^{-1}$ ;
- 4 – divrindu stādījums, 1667 koki  $ha^{-1}$  / two-rows, 1667 trees  $ha^{-1}$ ;
- 5 – divrindu stādījums, 2500 koki  $ha^{-1}$  / two-rows, 2500 trees  $ha^{-1}$ ;
- 6 – trīsrindu stādījums, 3075 koki  $ha^{-1}$  / three-rows, 3075 trees  $ha^{-1}$ .

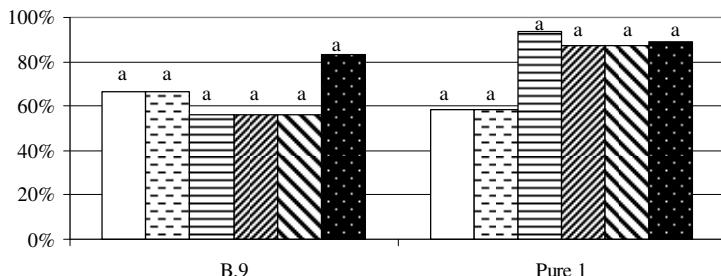
Apskatot Lr rezultātus pa vainaga sektoriem un attālumiem no koka stumbra (4. att.), redzams, ka vienrindas stādījumos bija labāk izgaismotas vainaga malas R un A virzienā (rindu sāni). Arī divrindu stādījumā ar blīvumu 1667 koki  $ha^{-1}$  vainagu sānu malas bija labi izgaismotas, jo šajā stādījumā koku vainagi bija plakani. Visiem dārza tipiem zemāks Lr bija vainaga iekšpusē, kur bija lielāks noēnojums no mērāmā koka vainaga un tas summējās arī ar blakus esošā koka radīto noēnojumu.

### Koku izdzīvošana

Viens no dārzu tipa ilgtspējības rādītājiem ir koku izdzīvošana. Lai nodrošinātu augstu ražas potenciālu stādījumā ir jābūt maksimālajam dzīvotspējīgo un ražojošo koku daudzumam. Vērtējot izdzīvojušo koku skaitu izmēģinājumā, īemts vērā, ka dažādos dārza tipos ir iestādīts atšķirīgs koku skaits, tāpēc salīdzināja izdzīvojušo koku īpatsvaru no iestādītajiem, kas izteikts procentos. Šķirnei `Belorusskoje Maļinovoje`

11 gadu laikā bojā gājušo koku ir maz – kopumā vidēji izdzīvojuši 97% no iestādītajiem. Šai šķirnei abiem potcelmiem ir vienāds izdzīvojušo koku īpatsvars. Zemākais izdzīvošanas rādītājs bija vairākrindu dārza tipos – 91 līdz 97% no iestādītajiem.

Šķirnei `Spartan` koku izdzīvošanas rādītājs bija zemāks – dārza tipiem tas bija no 63 līdz 86%. Statistiski pierādāmas atšķirības starp dārza tipiem netika konstatētas, jo izdzīvošanas rādītājam bija liela datu izkliede. Lai precīzāk novērtētu dārzu tipu ietekmi uz koku izdzīvošanu, dispersijas analīze dārzu tipiem tika veikta katram potcelmam atsevišķi (5. att.). Iegūtie rezultāti uzrādīja nedaudz augstāku ticamības līmeni, tomēr atšķirības starp dārzu tipiem nebija statistiski pierādāmas ( $p=0.51 - 0.52$ ). Kokiem ar potcelmu B.9 nedaudz labāka izdzīvošana bija trīsrindu stādījumam ar blīvumu 3075 koki  $ha^{-1}$ . Savukārt uz potcelma Pure 1 labākā izdzīvošana bija vienrindu stādījumam ar blīvumu 2500 koki  $ha^{-1}$  un visiem vairākrindu stādījumiem. Šādi rezultāti neapstiprina pieņēmumu, ka sabiezinātos stādījumos sagaidāma zemāka koku izdzīvošana.



5. att. Koku izdzīvošana 11. gadā pēc stādīšanas, šķirne `Spartan`:  
Fig. 5. Tree survival rate at the 11<sup>th</sup> year after planting for cv. `Spartan`:

- 1 rinda, 1250 koki  $ha^{-1}$  / 1 row, 1200 trees  $ha^{-1}$
- ▨ 1 rinda, 1667 koki  $ha^{-1}$  / 1 row, 1667 trees  $ha^{-1}$
- ▨ 1 rinda, 2500 koki  $ha^{-1}$  / 1 row, 2500 trees  $ha^{-1}$
- ▨ 2 rindas, 1667 koki  $ha^{-1}$  / 2 rows, 1667 trees  $ha^{-1}$
- ▨ 2 rindas, 2500 koki  $ha^{-1}$  / 2 rows, 2500 trees  $ha^{-1}$
- 3 rindas, 3075 koki  $ha^{-1}$  / 3 rows, 3075 trees  $ha^{-1}$

\* stāp lielumiem, kas apzīmēti ar dažadiem burtiem, ir statistiski pierādāma starpība (Tukey kritērijs,  $p=0.05$ ), lielumi salīdzināmi potcelma robežas / values marked by different letters have significant difference (Tukey criteria,  $p=0.05$ ), values are comparable within the rootstock.

Potcelmu ietekme uz koku izdzīvošanu šķirnei `Spartan` bija statistiski pierādāma. Labāka izdzīvošana bija uz potcelma Pure 1, kur tā bija 82%, bet uz potcelma B.9 – 67% ( $p=0.022$ ). Atšķirība starp potcelmiem bija 15 procentpunkti, kas vērtējama kā saimnieciski nozīmīga. Šķirnei

‘Belorusskoje Maļinovoje’ potcelmu ietekmei šāda tendence nebija vērojama – koku izdzīvošana uz abiem potcelmiem bija 97%.

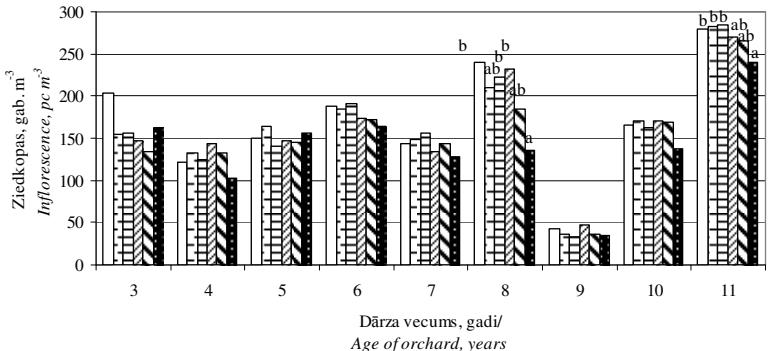
## Koku ģeneratīvā produktivitāte

**Dārza tipa un potcelma ietekme uz ziedu veidošanos.** Sākot ar 5. gadu ziedkopu skaits kokā būtiski atšķirās starp dārza tipiem. Mazākais ziedkopu skaits šajā un turpmākajos gados bija vienrindas stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $ha^{-1}$ . Visvairāk ziedkopu no 6. gada bija kokiem divrindu stādījumā ar stādīšanas blīvumu 1667 koki  $ha^{-1}$ . Otrs lielākais ziedkopu skaits bija kokiem vienrindas stādījumā ar blīvumu 1250 koki  $ha^{-1}$ . Apskatot ziedkopu skaitu kokā kopumā, vērojama tendence, ka vairāk ziedu bija dārza tipos ar lielāku vainagu. To apstiprināja korelācijas analīze starp uzskaites gada ziedkopu skaitu un iepriekšējā gada rudenī noteikto vainaga tilpumu – visos gados konstatēta cieša, statistiski ticama korelācija ( $R^2=0.67 - 0.98$ ).

Ziedēšanas intensitāti dārza tips ietekmēja tikai atsevišķos gados (kopumā faktora ietekmes īpatsvars nepārsniedza 3%). Ziedēšanas intensitāte maz mainījās dārza vecuma ietekmē – vairumā gados tā bija ap 150 gab.  $m^{-3}$  (6. att.). Ziedēšanas intensitātes samazinājums bija vērojams 9. gadā pēc stādīšanas, kad pēc ļoti spēcīgas krusas bojājumiem 8. gadā tika traucēta ziedpumpuru veidošanās. Savukārt augstākā ziedēšanas intensitāte bija 8. un 11. gadā pēc stādīšanas, kad bija ļoti bagātīga ziedēšana.

Ražošanas periodiskuma vērtēšanai piemērots bija ziedēšanas intensitāte, jo šo rādītāju maz ietekmē koku vecums. Dārza tipu ietekme uz ražošanas periodiskumu ir statistiski ticama – mazākais periodiskums bija divrindu stādījumā ar blīvumu 1667 koki  $ha^{-1}$ , bet lielākais vienrindu stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $ha^{-1}$ . Starpības starp pārējiem dārza tipiem nebija statistiski būtiskas. Vienrindas stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $ha^{-1}$  ražošanas periodiskums izpaudās spēcīgāk, jo šajā dārza tipā kokiem bija mazāka augšanas telpa.

Ražu no dārza platības dārza tipam vajadzētu vairāk ietekmēt tieši pirmajos gados pēc stādīšanas. Jo, kamēr atšķirības koku augumā ir nelielas, galvenā nozīme ir koku stādīšanas blīvumam. Šis pieņēmums dalēji apstiprinās, analizējot ziedkopu skaitu no dārza platības. Ziedkopu skaits kokā līdz 5. gadam pēc stādīšanas būtiski neatšķirās, taču ziedkopu skaitā no dārza platības bija statistiski pierādāmas atšķirības. Lielākais ziedkopu skaits no dārza platības līdz 8. gadam pēc stādīšanas bija trīsrindu stādījumā ar koku blīvumu 3075 koki  $ha^{-1}$ . Mazākais ziedkopu skaits bija vienrindas stādījumā ar blīvumu 1250 koki  $ha^{-1}$ .



6 att. Ziedēšanas intensitāte:  
Fig. 6. Intensity of flowering:

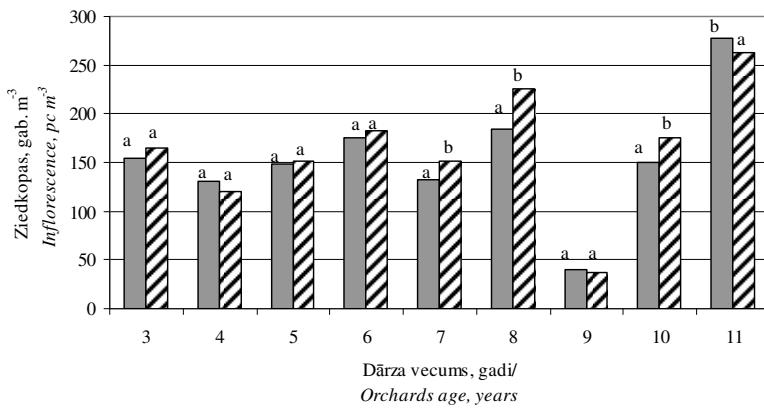
- |  |  |
|--|--|
| □ 1 rinda, 1250 koki $\text{ha}^{-1}$ / 1 row, 1200 trees $\text{ha}^{-1}$   | □ 1 rinda, 1667 koki $\text{ha}^{-1}$ / 1 row, 1667 trees $\text{ha}^{-1}$   |
| ▨ 1 rinda, 2500 koki $\text{ha}^{-1}$ / 1 row, 2500 trees $\text{ha}^{-1}$   | ▨ 2 rindas, 1667 koki $\text{ha}^{-1}$ / 2 rows, 1667 trees $\text{ha}^{-1}$ |
| ■ 2 rindas, 2500 koki $\text{ha}^{-1}$ / 2 rows, 2500 trees $\text{ha}^{-1}$ | ■ 3 rindas, 3075 koki $\text{ha}^{-1}$ / 3 rows, 3075 trees $\text{ha}^{-1}$ |

\* starp lielumiem, kas apzīmēti ar dažādiem burtiem, ir statistiski pierādāma starpība (Tukey kritērijs,  $p=0.05$ ), lielumi salīdzināmi gada robežās /  
values marked by different letters have significant difference (Tukey criteria,  
 $p=0.05$ ), values are comparable within the year.

Pieņemot, ka ziedkopu skaita un novākto ābolu skaita attiecība bija apmēram no 3:1 līdz 4:1 (izmēģinājumā 4. gadā šī attiecība bija 2.2:1 šķirnei `Belorusskoje Maļinovoje` un 4.4:1 šķirnei `Spartan`), var aprēķināt nepieciešamo ziedkopu skaitu kokā, lai sasniegtu ražību 20 līdz 25 t  $\text{ha}^{-1}$ . Ja augļa vidējā masa būtu 125 g (šāda bija augļa vidējā masa izmēģinājumā kopumā), tad vajadzīgais ziedkopu skaits kokā bija 380 – 640 stādījumā ar blīvumu 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$ ; 290 – 480 stādījumā ar blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$ ; 190 – 320 stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  un 160 – 260 stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Apskatot izmēģinājuma rezultātus, redzams, ka nepieciešamais ziedkopu daudzums 8. gadā pēc stādīšanas bija vienrindas stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ , divrindu stādījumos ar blīvumu 1667 un 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$ , kā arī trīsrindu stādījumā. Vienrindu stādījumi ar blīvumu 1250 un 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$  teorētiski nepieciešamo ziedkopu skaitu sasniedza 10. gadā pēc stādīšanas.

Analizējot ziedēšanas intensitāti, tika konstatēts, ka šo parametru maz ietekmēja dārza vecums un vainaga lielums. Tātad, izmantojot aprēķināto vēlamo ziedkopu skaitu kokā un izmēģinājumā konstatēto vidējo ziedēšanas intensitāti, katram dārza tipam var aprēķināt nepieciešamu vainaga tilpumu, kas nodrošinātu ražību 20 līdz 25 t  $\text{ha}^{-1}$ . Minimālais nepieciešamais vainaga tilpums bija 1.1 – 2.2  $\text{m}^3$ , maksimālais

nepieciešamais vainaga tilpums bija  $1.9 - 3.8 \text{ m}^3$ . Minimālo nepieciešamo vainaga tilpumu ātrāk sasniedza koki divrindu stādījumā ar blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  un trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  – 7. gadā pēc stādīšanas. Nākamā gadā minimālo nepieciešamo vainaga tilpumu sasniedza vienrindu stādījumi ar blīvumu 1667 un 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  un divrindu stādījums ar blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Vienrindu stādījums ar blīvumu 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$  minimālo nepieciešamo vainaga tilpumu sasniedza tikai 9. gadā pēc stādīšanas.



7. att. Potcelmu ietekme uz ziedēšanas intensitāti:  
Fig. 7. Influence of rootstocks on the flowering intensity:

■ B.9 ■ Pure 1

\* starp lielumiem, kas apzīmēti ar dažādiem burtiem, ir statistiski pierādāma starpība (Tukey kritērijs,  $p=0.05$ ), lielumi salīdzināmi gada robežās / values marked by different letters have significant difference (Tukey criteria,  $p=0.05$ ), values are comparable within the year.

Abu potcelmu ietekmei uz ziedkopu skaitu kokā statistiski būtiskas atšķirības netika konstatētas. Savukārt ziedēšanas intensitātei vairākos gados starp potcelmiem bija statistiski pierādāmas atšķirības (7. att.), kokiem uz potcelma Pure 1 ziedēšanas intensitāte bija būtiski augstāka 7., 8. un 10. gadā, kokiem uz B.9 – 11. gadā. Ziedēšanas intensitātes rādītājā summējās potcelmu ietekme uz ziedkopu skaitu kokā un koka vainaga tilpumu.

**Dārza tipa ietekme uz ražu un ražas periodiskumu.** Dažādu apstākļu dēļ iegūtās augļu ražas bija mazas un pilnībā neraksturo dārzu tipu iespējas. Tomēr zināmas atšķirības starp dārzu tipiem tika konstatētas.

Raža no koka ir uzskaņīta sākot ar 3. gadu pēc stādīšanas. Līdz 10. gadam statistiski ticamas atšķirības starp dārzu tipiem netika

konstatētas. Nepietiekošu ražu iemesls bija mitruma deficīta periodi 4. un 5. gadā pēc stādīšanas, sala bojājumi 6. gadā, salnas 7. gadā, krusa 8. gadā (krusas radītais stress stipri samazināja ziedpumpuru veidošanos arī nākamā gada ražai). Labāka raža bija 10. gadā pēc stādīšanas, kaut arī ziemas beigās apsala ziedpumpuru pamatnes. Starpības starp dārza tipiem nebija statistiski pierādāmas. Statistiski pierādāma dārza tipu ietekme bija 11. gadā pēc stādīšanas, kad lielākās ražas bija vienrindu un divrindu stādījumos ar blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$  – 5.33 un 5.25 kg no koka, bet mazākā raža trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$  – 2.59 kg. Jāatzīmē, ka ražu būtiski samazināja mitruma deficīts jūlijā un augstā.

Raža no dārza platības dažādos dārza tipos atšķirās jau ar pirmajām ražām – 3. un 4. gadā lielākā raža no dārza platības bija trīsrindu stādījumā ar blīvumu 3075 koki  $\text{ha}^{-1}$ . Arī turpmākos gadus līdz 10. gadam šai stādījumā bija viena no augstākajām ražām.

Dārza tipu ietekme uz augļu kvalitāti tika novērtēta, analizējot augļa vidējo masu. Statistiski pierādāma dārza tipa ietekme konstatēta tikai 4. gadā. Apskatot augļa vidējo masu izmēģinājumā kopumā, bija vērojama tendence, ka lielāka augļa vidējā masa ir vairākrindu stādījumos. 4., 5., 7. un 11. gadā to varēja pamatot ar platāku apdobju labvēlīgu ietekmi mitruma deficīta apstākļos (šais gados vasarā bija periodi ar mazu nokrišņu daudzumu). Tomēr augļa vidējo masu ietekmējuši arī citi faktori, jo, piemēram, 5. gadā mazākā augļa vidējā masa ir divrindu stādījumā ar stādīšanas blīvumu 2500 koki  $\text{ha}^{-1}$  un 6. gadā divrindu stādījumā ar stādīšanas blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$ .

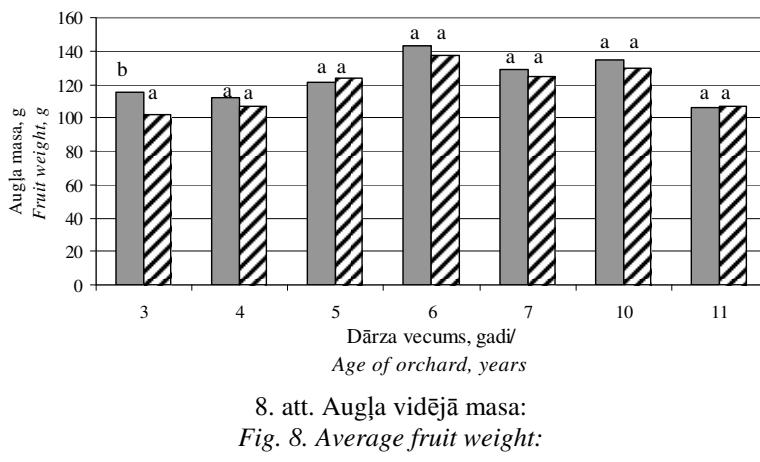
Lai novērtētu augļa vidējās masas saistību ar ražas lielumu, tika veikta korelācijas analīze. Lai izslēgtu šķirnes ietekmi, korelācijas analīze veikta katrai šķirnei atsevišķi.

Šķirnei `Belorusskoje Maļinovoje` kopumā bija vērojama tendence, ka gados ar nelielu ražu starp ražu un augļa vidējo masu bija pozitīva korelācija, bet, ja vidējā raža no koka sasniedza 4 līdz 6 kg, korelācija ar augļa vidējo masu bija negatīva. Dārza tipa ietekme nepierādījās.

Šķirnei `Spartan` korelācija starp ražu un augļa vidējo masu bija mazāk izteikta kā šķirnei `Belorusskoje Maļinovoje` – statistiski pierādāma tā ir 6 gadījumos šķirnei `Spartan` un 22 gadījumos šķirnei `Belorusskoje Maļinovoje`.

Augļu raža no koka līdz 10. gadam bija 0 – 3 kg, kas ir nepietiekoši, lai spriestu par potcelma ietekmi. Statistiski ticamas atšķirības starp potcelmiem bija 5. un 7. gadā, kad abos gados lielāka raža bija kokiem uz potcelma Pure 1. Tomēr raža šajos gados bija ļoti zema (0.2 līdz 1.0 kg no koka) un vispārējus secinājumus par potcelmu ietekmi izdarīt nevar.

Potcelma ietekme uz augļu kvalitāti novērtēta, analizējot augļa vidējo masu. Vairākos gados lielāka augļa vidējā masa bija kokiem uz potcelma B.9, bet statistiski pierādāma starpība konstatēta tikai 3. gadā pēc stādīšanas (8. att.), kad kokiem uz potcelma B.9 augļa vidējā masa bija par 13 g lielākā kā kokiem uz potcelma Pure 1. Turpmākajos gados augļa vidējāmas masas atšķirības starp potcelmiem nepārsniedza 6 g un nebija statistiski pierādāmas. Kopumā no 7 ražas gadiem 5 gados augļa vidējā masa bija lielāka kokiem uz potcelma B.9 un 2 gados kokiem uz potcelma Pure 1.



8. att. Augļa vidējā masa:  
Fig. 8. Average fruit weight:

■ B.9 □ Pure 1

\* starp lielumiem, kas apzīmēti ar dažādiem burtiem, ir statistiski pierādāma starpība (Tukey kritērijs,  $p=0.05$ ), lielumi salīdzināmi gada robežās /  
*values marked by different letters have significant difference (Tukey criteria,  $p=0.05$ ), values are comparable within the year.*

Kopumā var secināt, ka potcelmi līdzīgi ietekmē augļa vidējo masu, taču ar tendenci kokiem uz potcelma Pure 1 atsevišķos gados veidot nedaudz mazākus augļus.

## **SECINĀJUMI**

1. Dārza tips būtiski ietekmē koku veģetatīvo produktivitāti. Stādīšanas blīvuma palielināšana koka stumbra šķērsgrīzuma laukumu ietekmēja negatīvi, bet vairākrindu stādījumos koka stumbra šķērsgrīzuma laukums bija lielāks. Koku vainaga parametrus galvenokārt noteica stādīšanas shēma (augšanas telpa) un vainaga veidošana (zaru atliekšana, galotnes īsināšana). Gaismas izmantojumu galvenokārt ietekmēja stādījuma blīvums.
2. Izvēlētie stādīšanas attālumi un vainagu tipi bija savstarpēji atbilstoši konkrētajos augšanas apstākļos. Korekcijas ieteicamas stādījumā ar stādīšanas blīvumu 1250 koki  $\text{ha}^{-1}$ , kur attālumu starp kokiem var samazināt, un trīsrindu stādījumā, kur būtu jāparedz lielāks koku garums – ap 2.5 m.
3. Meteoroloģiskie apstākļi ietekmē koku veģetatīvo produktivitāti. Koku stumbra šķērsgrīzuma laukuma izmaiņas visvairāk ietekmēja jūlijā hidrotermiskais koeficients, bet koku garuma ikgadējo pieaugumu visvairāk ietekmēja maija – jūnija hidrotermiskais koeficients. Pēc aprēķiniem vēlamais hidrotermiskā koeficenta lielums jūlijā bija 1.7 līdz 2.0, tā nodrošināšanai laistīšana būtu nepieciešama 7 no 11 veģetācijas periodiem.
4. Dārza tips būtiski ietekmē koku ģeneratīvo produktivitāti. Ziedkopu daudzums kokā bija tieši saistīts ar koka vainaga tilpumu. Sabiezināts stādījums un intensīva vainaga veidošana (franču ass vainags) veicināja ziedēšanas periodiskumu. Dārza tips būtiski ietekmēja potenciālo ražību no dārza platība jaunā dārzā, taču pilnražas periodā šīs atšķirības samazinājās. Dārza tips maz ietekmēja augļu kvalitāti.
5. Katram dārza tipam aprēķināts vēlamais koku vainaga tilpums, lai nodrošinātu ražību 20 līdz 25 t  $\text{ha}^{-1}$ . Visos dārza tipos koki nepieciešamo vainaga tilpumu sasniedza pārāk vēlu, tāpēc jaunos dārzos svarīga ir koku veģetatīvās produktivitātes nodrošināšana.
6. Līdzvērtīgos augšanas apstākļos, komerciālos stādījumos ieteicams vienrindu stādījums ar stādīšanas blīvumu 1667 koki  $\text{ha}^{-1}$  un slaidās vārpstas vainagu.
7. Potcelma Pure 1 ietekme uz koku veģetatīvo produktivitāti bija līdzvērtīga kā potcelmam B.9 ar tendenci, ka Pure 1 vairāk ierobežo veģetatīvo produktivitāti. Abiem potcelmiem konstatētas analogas

sakarības starp veģetafīvās augšanas parametriem un meteoroloģiskajiem apstākļiem.

8. Koku izdzīvošana šķirnei `Spartan` uz potcelma Pure 1 bija labāka kā uz potcelma B.9. Šķirnei `Belorusskoje Maļinovoje` potcelmi Pure 1 un B.9 koku izdzīvošanu ietekmēja vienādi.
9. Potcelma Pure 1 ietekme uz koku ģeneratīvo produktivitāti bija līdzīga kā potcelmam B.9. Potcelmi Pure 1 un B.9 vienādi ietekmēja ziedkopu skaitu kokā, taču atsevišķos gados bija atšķirības ziedēšanas intensitātē.
10. Potcelms Pure 1 ir rekomendējams izmantošanai komercdārzos, izmantojot kombinācijās ar lielauglainām šķirnēm.

## INTRODUCTION

Apple (*Malus domestica* Bork.) is the most broadly grown fruit tree in Latvia ever. Mainly the vigorous rootstocks (seedlings of 'Antonovka') have been used in Latvian orchards. The drawback of such orchards is the late beginning of the period of yielding and a dense and big volume crown during the period of maximum yielding. This encumbers pruning and decreases the fruit quality.

In the 1990ies with the development of commercialisation in Latvia, the attitude to the orchard as a production unit was changing. The total area of apple orchards decreased due to the winding up of old orchards, but areas of newly planted orchards were relatively small. In 2001 according to the agricultural data of the agricultural census the total area of orchards exceeding 0.5 ha was 5 965 ha. Almost the same area was also registered in 2008 – 5 100 ha. The market share of apples in Latvia is around 10 – 14 million LVL per year, 30 – 65% of which consist of imported apples. Amount of imported apples (12 000 – 17 000 tons per year according to statistics) and increasing amounts of exported apples (a yearly increase of 12000 tons during the last five years) indicates excellent possibilities of development in the sector.

There was sought about improvement of growing technologies, new assortment of cultivars and rootstocks for obtaining higher yields of good quality were introduced. New plantations were established on dwarfing and semi-dwarfing rootstocks. Therefore the planting density reached 500 to 1500 trees  $\text{ha}^{-1}$ . New plantings with more dwarf trees hastened the beginning of the yielding period, increased the amount of high quality apples, facilitate harvesting, but at the same time raised questions about the most appropriate planting density and crown type. Technological questions became more and more urgent because the adaptation abilities of trees to environmental conditions worsened in plantings of increased tree density.

There are a whole host of questions that need to be solved in Latvia although experience exchange with other countries takes place. Many of the commercial cultivars and rootstocks grown in West Europe are not grown in Latvia and vice versa. Also there are differences in light and temperature conditions, overwintering conditions are more severe. Several technological questions have to be decided prior to orchard planting – the right choice of cultivar and rootstock, the planting system, crown type etc. These conditions have a significant influence on the outcome of further work.

The necessity to change the technologies of fruit growing determines the actuality of the Thesis. The influence of different planting

schemes, tree density and crown type on the tree productivity is evaluated; two dwarfing rootstocks are evaluated in orchard conditions, including rootstock Pure 1, released by Pūre Horticultural Research Station.

### **The hypothesis of the research**

1. Orchard type has an influence on the vegetative and generative productivity of apple trees.
2. Rootstock Pure 1 is more appropriate for growing in intensive orchards than until now broadly used rootstock B.9.

### **The objective of the research**

1. To find out an orchard type ensuring well balanced vegetative and generative productivity of trees in changing agrometeorological conditions.
2. To evaluate the influence of rootstock Pure 1 on the vegetative and generative productivity of trees.

### **The tasks of the research**

1. To detect the influence of the orchard type on the parameters of the vegetative productivity of trees:
  - trunk cross section area;
  - tree height;
  - crown volume;
  - crown projection area;
  - total area of foliage surface.
2. To detect the influence of the orchard type on the parameters of the generative productivity of trees:
  - number of inflorescences per tree;
  - flowering intensity;
  - the number of fruits per tree;
  - yield per tree;
  - yield per orchard area.
3. To compare the influence of two rootstocks on the vegetative and generative productivity of the trees.

There have been many investigations carried out in Latvia and the Baltic States on the elements of extensive orchards. Rather broad information has been obtained about the suitability of dwarfing and semi dwarfing rootstocks for growing in local conditions. Nevertheless there is a lack of research on intensive orchards as system in general. The summarization of long term results of the investigations on dwarf apple tree growing, including increased density planting and different crown types, and the evaluation data on new rootstock Pure 1 in orchard conditions should be considered as a **novelty** of the research.

## MATERIALS AND METHODS

The investigation was established in 1996 at the Pūre Horticultural Research Station in the frame of the international collaborative project lead by prof. Dr. A. Sadovsky (Poland) according to methodologies elaborated by Dr. A. S. Devyatov (Belorussia). Horticultural research institutions from Latvia, Lithuania, Belorussia and Poland took part in the programme.

Three factorial investigation was established, where:

1) factor A is the apple cultivar:

A<sub>1</sub> – `Spartan`;

A<sub>2</sub> – `Belorusskoje Maļinovoje`;

2) factor B is the orchard type:

B<sub>1</sub> – one-row planting at 4×2 m spacing, where 1250 trees ha<sup>-1</sup>, spatial crown;

B<sub>2</sub> – one-row planting at 4×1.5 m spacing, where 1667 trees ha<sup>-1</sup>, slender spindle crown;

B<sub>3</sub> – one-row planting at 4×1 m spacing, where 2500 trees ha<sup>-1</sup>, French axis crown;

B<sub>4</sub> – two-rows chequered planting at (4+1)×2.4 m spacing, where 1667 trees ha<sup>-1</sup>, flattened spindle crown;

B<sub>5</sub> – two-rows chequered planting at (4+1)×1.6 m spacing, where 2500 trees ha<sup>-1</sup>, slender spindle crown;

B<sub>6</sub> – three-row planting at (4+1.25+1.25)×1.5 m spacing, where 3075 trees ha<sup>-1</sup>, North-Holland spindle crown;

3) factor C is rootstock:

C<sub>1</sub> – B.9;

C<sub>2</sub> – Pure 1.

The planting scheme and tree crown type are joined in the concept “orchard type” in the current research.

Tree pruning in the investigation was performed according to following principles:

Spatial crown. There are no strict rules for pruning. The main point is to avoid a dense crown, but to have good light distribution in the crown and easy access to the fruits in the crown. The marked top of the crown consists of 7 – 9 carcass branches, the crown has oval – round or pyramidal shape and tree height is around 2.5 m. The top of the tree was shortened when the development of the side branches was necessary. Side branches were not shortened during the first years of growing, later they were shortened till the branching point. The main pruning was performed in the spring by cutting. The bending of branches was not used.

Slender spindle. A conical shape, a sharply expressed central axis, 4 – 6 carcass branches at the base of crown and well developed fruiting laterals at the upper part of the crown are characteristic for this crown type. Tree height is 2.5 m. Side branches were not pruned during the first years of growing, later they were shortened till the branching point. The top of the tree was shortened when the development of side branches was necessary. Side branches were bent in a 60 – 90° angle after tree planting and fixed by cord or weight. In the following years young side branches were bent horizontally.

Flattened spindle. The pruning of this crown type is similar to slender spindle. The difference is in the position of the 5 – 7 carcass branches at the base of the crown – they are trained towards the row direction by using pruning and bending; fruiting laterals are longer than for slender spindle and the crown has a flattened conical shape. The bending of side branches and the cutting of the tree top shoots was performed as for slender spindle.

North-Holland spindle. The crown is similar to slender spindle, but there are less carcass branches at the base of the crown and the diameter of the base of the crown is smaller. Bending of side branches is used for crown forming.

French axis. Side branches are cut until 3 – 4 well developed buds from which a group of fruit twigs develops. Also over time young side branches were shortened up to 3 – 4 well developed buds. Sharply marked leader and fruiting laterals were developed in the crown. Carcass branches and well developed side branches were absent in this type of crown. The yield develops mostly on the two year old fruit twigs. There are fruit twigs of three ages on the tree before spring pruning – one three years old, one two years old and two one year old twigs. During the spring pruning three year old shoots are cut down, one year offsprings are cut from the two year old shoot, the one one-year shoot is shortened until two well developed buds and a second one-year old shoot is left for the development of fruit twigs. The top of the tree is not shortened until the tree has reached 2.5 – 3 m height.

Rootstock B.9 is bred by V.I. Budagovskiy at Mitchurinsk (Russia) by crossing rootstock M.8 with the cultivar 'Krasniy Standart'. The red colour of the leaves and wood is characteristic for this rootstock. Its evaluation in rootstock stoolbeds is good. The roots winter hardiness is average (-10 to -12 °C) and the roots are not easy breakable. The influence of rootstock B.9 is assumed to be similar to M.9 which is a broadly used rootstock in Europe. Rootstock B.9 is recommended as one of the most suitable rootstocks in Latvian agroclimatical conditions.

Rootstock Pure 1 has been selected by A. Bite at the Pūre Horticultural Research Station as the seedling of free pollination from B.9.

The red colouring of the leaves and wood is retained from the parent. The rooting of shoots of Pure 1 in stoolbeds has been evaluated as better than for B.9 and also the number of rootstocks per mother plant is higher than for B.9.

According to the division of soils the investigation was established at the highland and plain of Kurzeme and the sub region of the Dundaga elevation and Vanema upland. Trial was established on brown soil with residual carbonates. Free carbonates are located deeper than 0.7 m. According to the granulometrical content the soil is sandy loam. The degree of soil improvement was evaluated as moderate,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6.1 – 6.7, content of organic matter 16 – 21 g kg<sup>-1</sup>, potassium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 141 – 220 mg kg<sup>-1</sup>, phosphorus ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 250 – 340 mg kg<sup>-1</sup> (Agrochemical analyses were performed by Centre of Agrochemical Investigations). An insignificant uplift in the micro-relief was observed in the middle part of the orchard.

Pūre is located at the Western zone, on the border of the highland of North Kurzeme and the lowland of the Venta river in accordance with the division of Latvia in horticultural zones created by J. Kārkliņš. The highland of North Kurzeme is characterized by better tree wintering conditions due to the influence of the Baltic sea and there are appropriate places for orchard establishment on the slopes of the hills. The lowland of the Venta river is located at the Venta and Abava valleys. Often severe frosts are occurring in this zone during the winter and spring due to the inflow of cold air into the valleys.

During the period of investigation several years of unfavourable meteorological conditions were observed. This negatively influenced the vegetative and generative productivity of the trees. An insufficient amount of precipitation or an uneven division of precipitation within the season was observed in 1999, 2000, 2002, 2005 and 2006. Frost damage on trees was observed during the winter of 2004/2005. Severe spring frost damage was observed in 2002 and 2004. Less severe spring damage was observed in 1998, 2001 and 2006. During June of 2003 there was very severe hail. It damaged almost all the fruit sets. The biggest part of damaged fruit sets dropped down. Hail damaged the leaves and shoots also. Stress caused by the hail also negatively influenced the setting of the flower buds of the coming year.

White mustard was grown as a forecrop in the summer of 1995. It was plugged in as green manure. Cultivation was done two times in the spring of 1996. 12 – 15 kg of turf-organic manure compost was applied in the planting beds. Impregnated conifer stakes were used for tree support. Trees were irrigated after planting two times in the spring and one time in August. 15 – 20 L of water per tree was used each irrigation time. All flowers were eliminated during the 1<sup>st</sup> year of growing.

The strip under the trees was weeded during the 1<sup>st</sup> year. Glifosate application was used in the following years 1 or 2 times per vegetation season. The width of the herbicide strip under the trees in the one row planting system was 1 m (0.5 m to both sides from the tree); in two row planting it was 2 m (0.5 m from the trees in the direction of the grass strip between the rows and 1 m between rows); 3.5 m in the three row planting system (0.5 m from the side rows and 2×1.25 m between rows). Strips between rows were kept in black fallow during the first two years. Grassland was sown during the 3<sup>rd</sup> year. Grass was moved from strips between rows 4 to 6 times per season.

Scab (*Venturia inaequalis*), apple blossom weevil (*Anthonomus pomorum* L.) and codling moth (*Carpocapsa pomonana* L.) were the main pests which were controlled by plant protection means. Pesticides were applied according to the following scheme: the 1<sup>st</sup> spraying was applied at the phase of green cone with a fungicide consisting of copper in combination with insecticide to control primary infection of scab and blossom weevil damages; the 2<sup>nd</sup> till 4<sup>th</sup> sprayings were performed to control scab and insects depending on the situation.

The fertilization rate was calculated according to the soil analyses and the recommendations of A. Gross and I. Dimza. The content of phosphorus was satisfactory high, but taking into account the neutral reaction of the soil, phosphorus fertilization was applied in small amounts. The content of potassium was lower than optimal therefore potassium fertilizers were applied 5 – 6 g m<sup>-2</sup> (pure ingredient) every year. Nitrogen fertilization was applied during the 1<sup>st</sup> year after planting at the rate of 5 g m<sup>-2</sup>. Potassium chloride and complex fertilizer (NPK 10:10:20 and microelements) were applied during the 2<sup>nd</sup> year before the vegetation period. Nitrogen fertilizer was also used at the end of May of the 2<sup>nd</sup> year. In total N – 8 g m<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 5 g m<sup>-2</sup>, K<sub>2</sub>O – 21 g m<sup>-2</sup> were applied during the 2<sup>nd</sup> year. Only nitrogen and potassium fertilizers were applied during the third and fourth year at the rate N – 5 g m<sup>-2</sup> and K<sub>2</sub>O – 6 g m<sup>-2</sup>. In the following years fertilization was applied in the whole orchard area at the rate N – 5 g m<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2.5 g m<sup>-2</sup>, K<sub>2</sub>O – 5 g m<sup>-2</sup>.

The following parameters were used for the characterisation of the vegetative productivity of trees:

- trunk cross section area – calculated from the trunk diameter at the 0.20 – 0.25 m level above the grafting place;
- tree height – measured from ground level to the tree top;
- crown volume – calculated as for the cone by using the tree height and the crown diameter (measured in the row direction and perpendicularly to the row);

- crown projection area – calculated as area of the circle for both directions of the crown;
- total area of tree leaves – calculated in the first 5 years. Stencil method used.

For changes of vegetative productivity by years calculated:

- increase of the annual trunk cross section area;
- relative rate of the increase of the trunk cross section area;
- annual changes of the tree height;
- annual changes of the crown volume.

For changes of generative productivity by years calculated:

- the number of inflorescences per tree – calculated at the blossoming;
- blossom intensity – number of inflorescences per 1 m<sup>3</sup> crown volume;
- periodicity of blossoming – calculated by using index of periodicity;
- the number of fruits per tree – during the first years of the yielding when the yield is not high;
- yield from tree – fruits weighed for each recording tree;
- yield from orchard area.

Growing conditions characterised by using light distribution in the crown.

Survival rate of trees calculated as the percentage of living trees from the number of planted trees.

The relation of the trunk cross section area and the relative rate of the increase of the trunk cross section area with the hydrothermal coefficient was calculated to evaluate the influence of meteorological conditions on the vegetative growth of the trees. It was calculated for the following periods: May, June, July, August; May – July; May – August; June – July; June – August.

Generally accepted statistical methods used for data analysis – correspondence of the sampled population to the normal division (Kolmogorov-Smirnov test), ANOVA and correlation. ANOVA was used as for three factorial trials, Tukey's test used for the evaluation of the significance of the differences. Mean values per plot were used for the evaluation of the vegetative and generative productivity of the trees. Data transforming was performed in the analysis of tree survival rate and relative increase of trunk cross section. Data analysis was performed by using MS Excel and Statistic.

## **RESULTS AND ANALYSIS**

### **Vegetative productivity of trees**

#### **Influence of the orchard type on the trunk cross section area.**

The area of the trunk cross section ( $S$ ) is the most broadly used parameter to evaluate the influence of some of the factors on the vegetative growth of trees. It is characterized with a positive annual increase and it is not influenced by the type of crown pruning. The influence of the orchard type on the  $S$  was statistically proved starting with the 4<sup>th</sup> year after the planting of the orchard. Several tendencies were observed when the influence of the orchard type on  $S$  was analysed for all period of the investigation.  $S$  was less for one row planting than for multi-row plantings until the 10<sup>th</sup> year after planting. Starting with the 4<sup>th</sup> year the less  $S$  was observed in one-row planting with 2500 tree  $ha^{-1}$ . In its turn the biggest  $S$  was in the two-row planting with a tree density of 1667 trees  $ha^{-1}$  starting from the 6<sup>th</sup> year of the investigation. It should be stressed that in the orchard type with the most dense planting (three-row planting with 3075 trees  $ha^{-1}$ ) the biggest  $S$  was observed until the 10<sup>th</sup> year of investigation. This indicates that in Püre  $S$  was influenced not only by tree planting density but also by the planting scheme. Statistically significant differences between  $S$  in one-row and in double-row plantings with the same tree density were observed only at the year 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> after planting in the density of 2500 trees  $ha^{-1}$ . Nevertheless every year there was an observed tendency for a smaller  $S$  to exist in the one-row planting than in double-row planting with the same tree density. This can be explained by the fact that in multi-row planting trees have more space for growth and in multi-row plantings trees have broader strips along the tree line and therefore there is no competition with the grassland between the rows for moisture and nutrition.

Analysis of the annual absolute increase of the trunk cross section area shows similar tendencies as for  $S$ . Statistically shown differences between orchard types in the annual absolute increasing of trunk cross section areas are stated in 5 years out of 10, whereas for  $S$  they are stated for 7 years. Less increase in practically all of the years of the investigation was found for one-row planting type with a tree density 2500 trees  $ha^{-1}$ . There was an observed tendency during the first 6 years, that an absolute increase in one-row plantings was less than in multi-row plantings.

The influence of rootstocks Pure 1 and B.9 on the trunk cross section area during the first 5 years was practically similar (Fig 1). Starting from the 6<sup>th</sup> year after the planting of the orchard the tendency

was observed for trees grafted on Pure 1 to have insignificantly smaller S than for trees grafted on B.9. This tendency became more expressed with the years and at the 11<sup>th</sup> year it reached a statistically significant difference. S for trees on Pure 1 was 20.3 cm<sup>2</sup> and on B.9 it was 22.9 cm<sup>2</sup>.

Nevertheless it should be noted that actual differences between rootstocks were insignificant – only a 3mm difference in trunk diameter. Therefore it can be assumed that the influence of rootstock Pure 1 on the trunk cross section area is similar to rootstock B.9, although it was foreseen that trees on rootstock Pure 1 will have a more vigorous growth than B.9.

#### **Influence of orchard type and rootstock on the tree length.**

Orchard type had an influence on the tree height mostly during the first years after planting. Statistically provable differences between the orchard types were registered only in the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> year. In all these years, the highest trees were registered in one-row planting with a tree density of 2500 trees ha<sup>-1</sup> and the shortest trees were in one-row planting with a tree density 1667 trees ha<sup>-1</sup>. The tree pruning type has a significant influence on the tree height. In one-row planting with a tree density of 2500 trees ha<sup>-1</sup> the French axis crown is pruned – the top of the crown was not cut for the first three years, whereas in other crown types the top of the trees was cut with the aim to promote the development of side branches. There were no statistically significant differences in tree height between orchard types starting with the 7<sup>th</sup> year after planting because the highest trees exceed the planned height and their tops are cut at the pruning. It was found that the tree height in three-row planting should be revised and it is suggested to enlarge it up to 2.5 m.

Statistically significant differences for tree length between trees on different rootstocks were found during the 1<sup>st</sup> year and 11<sup>th</sup> after planting. At the 1<sup>st</sup> year tree size at the planting moment determined tree length. The average tree length during the 11<sup>th</sup> year after planting on the rootstock Pure 1 was 2.91 m, but on B.9 – 3.03 m. Also in other investigations it was noted that the influence of rootstock Pure 1 on the tree height is similar to the rootstock B.9. In some cases trees on rootstock Pure 1 are shorter than on B.9.

**The influence of the orchard type and rootstock on the crown volume.** Differences in the crown volume between orchard types were observed already during the 2<sup>nd</sup> year after planting. Starting with the 3<sup>rd</sup> year a tendency was observed that shorter trees are in the one-row planting with a tree density of 2500 trees ha<sup>-1</sup> (French axis crown). The biggest crowns were on trees in the three-row planting of North-Holland spindle crown with a tree density of 3075 trees ha<sup>-1</sup> until the 5<sup>th</sup> year after planting; but starting with the 6<sup>th</sup> year in the two-row planting of Flattened spindle crown with a tree density of 1667 trees ha<sup>-1</sup>; from the 8<sup>th</sup> year in the one-row

planting of spatial crown with tree a density of 1250 trees  $\text{ha}^{-1}$ . It was planned also according to the methodology to have the most volume crowns for the two last orchard types.

Differences between orchard types were found if the deviation of actual crown volume from the theoretical was compared. Trees in three-row planting with a tree density of 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$  reached the theoretical crown volume in the shortest time period – already during the 6<sup>th</sup> year after planting (Fig.2). During the 7<sup>th</sup> year also trees planted in one-row planting with a tree density of 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$  reached the theoretical crown volume. Trees of one-row planting with a tree density of 1250 trees  $\text{ha}^{-1}$  reached the theoretical crown volume only during the 11<sup>th</sup> year after planting. A comparison of the years, when the tree crown reached the theoretically expected size, marks the clearly visible tendency that the planting density has the main influence on this parameter. In fact the tree crown volume during the 11<sup>th</sup> year after planting reached the theoretical size in all orchard types. The highest deviation was found for the trees in the three-row plantings with 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$ .

The influence of both rootstocks on the tree crown volume was similar during the first 5 years after planting, but bigger crown volume was found for trees on B.9 starting from the 6<sup>th</sup> year after planting. In general, it can be stated that both rootstocks had a similar influence on the crown volume. Nevertheless there was an observed tendency for a smaller crown to develop on the rootstock Pure 1 than on B.9. Trees reached the planned crown volume during the 8<sup>th</sup> year after planting on both rootstocks.

**The influence of the orchard type and rootstock on the projection area of tree crown.** Differences in the crown projection area between different orchard types were observed already during the 2<sup>nd</sup> year after tree planting. The least crown projection area almost in all the years of the investigation was observed for trees planted in one-row planting with a tree density of 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$ . This is related with the particularities of the pruning of the French axis crown – a regular shortening of the side branches. The largest tree crown projection area during the first years of investigation was found for trees planted in three-rows planting with a tree density of 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$  and two-rows planting with a tree density of 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$ . Starting with the 8<sup>th</sup> year crown projection area in tree-rows planting with a tree density of 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$  does not significantly differ from one-row planting with 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$ . During the 11<sup>th</sup> year after planting the theoretical crown projection area was reached in the one-row planting with 1250 trees  $\text{ha}^{-1}$ . It can be concluded that this planting density was too sparse for particular agroecological conditions and the rootstock/cultivar combination.

The differences between tree crown diameters in the direction of the row and perpendicularly to row direction were compared in one-row plantings. Statistically provable differences were found for trees planted at the density of 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$  (crown diameter in the direction of the row was for 0.38 m less than perpendicularly) and for trees planted at the density of 1250 and 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$  (correspondingly 0.00 and 0.04 m). The fact that tree crown diameter does not differ in both directions for trees in one-row planting at the density of 1250 and 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$  shows that trees had sufficient growing space in these plantings.

The influence of the rootstocks on the crown projection area was similar to the influence on crown volume – the difference between rootstocks was not statistically provable during the first years after planting. Starting with the 6<sup>th</sup> year a statistically bigger projection area was found for trees on rootstock B.9.

**The influence of meteorological conditions on the vegetative productivity of trees.** The deviation of the actual increase of the annual trunk cross section area from the theoretically calculated figures was closely related with the hydrothermal coefficient (Hk) in July. This indicates that the critical meteorological conditions for tree growth in the investigation have been exactly in July and especial attention should be paid to this period when the irrigation of the orchard is planned. Linear regression is statistically reliable for all orchard types, its adjusted coefficient of determination is 0.52 – 0.63. The coefficient of regression for the influence of Hk on the deviation of absolute increase from theoretical differed between the orchard types, but it fits within the margins of error (Fig 3).

The meteorological conditions had an influence on the annual growth of the trees. Nevertheless there was no statistically reliable relation of Hk in July with the annual growth of trees in length, as it was found for trunk cross section area. A statistically reliable relation was found between the annual growth of trees in length and Hk in May – June. The difference between coefficients of regression for all orchard types was within the limits of error.

A significant influence of rootstocks on the vegetative growth of trees in different meteorological conditions not found.

**The influence of the orchard type on the light distribution in the tree crow.** One of the main factors influencing tree productivity is light distribution in the crown. Relative light distribution in the crown (Lr) determines the amount of light going through the tree crown. It is unused solar energy for photosynthesis on the one hand, but sufficient light at the base part of the crown is necessary for obtaining high quality fruits on the other hand.

The significant influence of the orchard type on the Lr was found. The highest Lr was found in the trees of one-row planting with 1250 trees  $\text{ha}^{-1}$  ( $Lr=0.54$ ). The lowest Lr was found in three-rows planting with 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$  ( $Lr=0.33$ ). The planting density had the most significant influence on this parameter, but the planting scheme (one-row, two-rows or three rows) had less influence.

It was observed that better illumination in one-row plantings was for the sides of crown in the E and W parts (sides of row) if results obtained from measurements in different sectors of crown are compared (Fig 4). It was also found that in two-row planting with 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$  side-parts of the crown were better illuminated because the crowns in this planting type were of a flattened shape. The central part of the crown was less illuminated for all orchard types. This was caused by the shade from the crown itself and also from the crown of neighbouring trees.

### Tree survival rate

Tree survival is one of the parameters characterising the sustainability of the orchard. There has to be a maximal amount of alive and yielding trees in the orchard to ensure a high yield potential. Different numbers of trees were planted in different orchard types and this was taken into account when the survival rate was calculated. This was expressed as the percentage of living trees per orchard type. A small amount of dead trees were observed for the cv. `Belorusskoje Malinovoje` – after 11 years 97% of trees were survived. A similar amount of living trees was found for this cultivar on both rootstocks. Less tree survival was observed in the orchard types of multi-row plantings – 91 to 97%.

The tree survival rates for cv. `Spartan` was less – from 63 to 86% in different orchard types. A statistically reliable difference between the orchard types was not found due to high dispersion of data. An analysis of variation was performed for each rootstock separately to evaluate the influence of the orchard type on tree survival for this cultivar (Fig 5). The obtained results had a slight higher level of reliability, but the differences were not statistically significant ( $p=0.51 - 0.52$ ). A better survival rate was found for trees on B.9 rootstock in three-rows planting with 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$ . The best survival rate on the rootstock Pure 1 was observed in one-row planting with 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$  and in all multi-row plantings. These results do not confirm the assumption that there is a lower tree survival rate for trees in more dense plantings.

The influence of rootstocks on the tree survival rate for cv. `Spartan` was statistically reliable. A better survival was observed for trees on Pure 1, where it was 82%, but on B.9 it was 67% ( $p=0.022$ ). Difference between the rootstocks was 15 present points. This fact has to

be evaluated as being economically important. For cv. 'Belorusskoje Mal'jinovoje' such a strong influence of the rootstock was not observed – the tree survival rate for both rootstocks was 97%.

### Generative productivity of trees

**The influence of the orchard type and rootstock on flower development.** Starting with the 5<sup>th</sup> year after planting, a significant difference in the amount of inflorescences per tree was observed in the different orchard types. A lesser number of inflorescences was observed on the trees of one-row planting with a tree density of 2500 trees ha<sup>-1</sup>. The highest number of inflorescences was observed on the trees in two-row plantings with 1667 trees ha<sup>-1</sup> starting from the 6<sup>th</sup> year after the planting. The second biggest amount of inflorescences per tree was observed in the one-row planting with 1250 trees ha<sup>-1</sup>. More inflorescences were observed on the trees in the orchard types with bigger tree crowns. This was confirmed by the analysis of the correlation between the inflorescences number of the current year and crown volume detected during the previous autumn. A close, statistically reliable correlation was found for all the years of the investigation ( $R^2=0.67 - 0.98$ ).

The influence of orchard type on the flowering intensity was observed only for some years (the total factorial impact did not exceed 3%). The flowering intensity was not influenced by the age of the orchard – mostly it was around 150 pieces m<sup>-3</sup> (Fig 6). Flowering intensity decreased during the 9<sup>th</sup> year after orchard planting when flower bud development was negatively influenced by hail damage during the 8<sup>th</sup> year. The most intense blossoming was observed in the 8<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> years after the planting.

The flowering intensity was a suitable parameter for the evaluation of yielding periodicity because this parameter is not influenced by tree age. The influence of the orchard type on the yielding periodicity was statistically reliable – the less marked periodicity was observed in the two-row planting with 1667 trees ha<sup>-1</sup>, but the most marked – on the trees of one-row planting with 2500 trees ha<sup>-1</sup>. Differences between the other orchard types were not significant. Yielding periodicity was sharply expressed in one row planting with a tree density of 2500 trees ha<sup>-1</sup> due to less growing space for trees in this orchard type.

The orchard type influence on the yield should be more expressed at the first years after planting because the tree density has the biggest role on the yield while the differences in tree size are not big. This assumption partly was vindicated according to the inflorescences number per orchard area. The number of inflorescences per tree does not significantly differ until the 5<sup>th</sup> year after planting, but there are

statistically reliable differences between orchard types in the number of inflorescences per orchard area. The highest amount of inflorescences per orchard area until the 8<sup>th</sup> year after planting were in the three-rows planting with 3075 trees ha<sup>-1</sup>. The least number of inflorescences was observed on the trees of one-row planting with 1250 trees ha<sup>-1</sup>.

It is possible to count the necessary number of inflorescences per tree to reach the yield of 20 – 25 t ha<sup>-1</sup> by taking into account that the ratio between inflorescences and harvested apples is 3:1 to 4:1 (at the 4<sup>th</sup> year of the investigation this ratio was 2.2:1 for cv. 'Belorusskoje Maļinovoje' and 4.4:1 for cv. 'Spartan'). The necessary number of inflorescences with a planting density of 1250 trees ha<sup>-1</sup> is 380 – 640; with 1667 trees ha<sup>-1</sup> – 290 – 480; with 2500 trees ha<sup>-1</sup> – 190 – 320; and with density of 3075 trees ha<sup>-1</sup> – 160 – 260 inflorescences, if the average fruit weight is 125 g (this is the average fruit weight in the investigation in total). The necessary number of inflorescences per tree in the 8<sup>th</sup> year was reached in one-row planting with the density of 2500 trees ha<sup>-1</sup>; two-row planting with the density of 1667 and 2500 trees ha<sup>-1</sup>, and in three-row planting. Trees of one-row planting with a density of 1250 and 1667 trees ha<sup>-1</sup> had a theoretically necessary number of inflorescences for a good yield reached only in the 10<sup>th</sup> year after planting.

It was stated that the flowering intensity is weakly influenced by the orchard age and crown size. Therefore it is possible to calculate necessary crown volume for each orchard type to obtain the yield 20 – 25 t ha<sup>-1</sup> by using necessary number of inflorescences per tree and average registered flowering intensity. The minimal necessary crown volume was calculated as 1.1 – 2.2 m<sup>3</sup>, the maximal necessary crown volume was calculated as 1.9 – 3.8 m<sup>3</sup>. The minimal necessary crown volume was reached first by the trees in the two-row planting with 2500 trees ha<sup>-1</sup> and by trees in three-row planting with 3075 trees ha<sup>-1</sup> during the 7<sup>th</sup> year after planting. During the next year the minimal necessary crown volume was reached by the trees in the one-row plantings with 1667 and 2500 trees ha<sup>-1</sup> and two-row planting with the density of 1667 trees ha<sup>-1</sup>. The one-row planting with a tree density of 1250 trees ha<sup>-1</sup> the minimal crown volume was reached in the 9<sup>th</sup> year after planting.

Statistically reliable differences were not found for the number of inflorescences per tree between trees on different rootstocks. Statistically significant differences were found for flowering intensity during several years of the investigation (Fig 7). Trees on rootstock Pure 1 had significantly intense flowering in 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> years, but for trees on rootstock B.9 – in the 11<sup>th</sup> year. The influence of rootstock on the inflorescences number per tree and crown volume can be seen in the intensity of the flowering.

**The influence of the orchard type on the periodicity of the yielding.** Due to different reasons yields obtained during the investigation period were low and do not properly characterize the potential of the orchard type. Nevertheless some differences between orchard types were found.

The yield was counted starting with the 3<sup>rd</sup> year after planting. Until the 10<sup>th</sup> year statistically significant differences in yield were not found between orchard types. The reasons for unsatisfactory yields were moisture deficiency in the 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> years, winter frost damage in the 6<sup>th</sup> year, spring frost damage in 7<sup>th</sup> year and hail in the 8<sup>th</sup> year (stress caused by hail had an influence on the yield also in the 9<sup>th</sup> year). The highest yield was obtained in the 10<sup>th</sup> year after planting, although at the end of the winter frost damaged the flower bud bases. The differences between the orchard types were not significant. A statistically reliable influence of the orchard type was observed during the 11<sup>th</sup> year after planting when the highest yields were obtained in the one-row and two-row plantings with a tree density of 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$  – 5.33 and 5.25 kg per tree correspondingly, but the lowest yield was in the tree-row planting with 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$  – 2.59 kg per tree. It should be stressed that the yield was significantly decreased by drought periods in July and August.

The yield from the orchard area in different orchard types differed from the beginning of the yielding. Already in the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> years the highest yield was harvested from three-row planting with a tree density of 3075 trees  $\text{ha}^{-1}$ . Also during the following years until the 10<sup>th</sup> year the highest yields from the orchard area were harvested in this orchard type.

The influence of the orchard type on the fruit quality was evaluated by analysis of the average fruit weight. A statistically significant influence was observed only during the 4<sup>th</sup> year after planting. A tendency was observed that the highest average fruit weight was for fruits harvested from the multi-row plantings. This can be explained by the influence of the broader lines below the trees in conditions of limited moisture during the 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> years caused by insufficient precipitation. However the average fruit weight is influenced also by other factors because during the 5<sup>th</sup> year the lowest fruit weight was observed for fruits from two-row planting with 2500 trees  $\text{ha}^{-1}$  and in the 6<sup>th</sup> year from two-row planting with 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$ .

The correlation was calculated to evaluate the relation of the fruit weight with the yield. It was performed for each cultivar separately to exclude the impact of the cultivar.

There was an observed tendency for cv. 'Belorusskoje Maljinovoje' during the years of low yields to have a positive correlation between the yield and the average fruit weight. In the cases when the

average fruit yield from a tree reached 4 – 6 kg the correlation was negative. Orchard type influence was not found.

For cv. `Spartan` the correlation between the yield and average fruit weight was less than for cv. `Beloruskoje Mažinovoje` – it was statistically reliable only in 6 cases for cv. `Spartan` and in 22 cases for cv. `Beloruskoje Mažinovoje`.

The fruit yield from tree until the 10<sup>th</sup> year was 0 – 3 kg. This is unsatisfactory for the evaluation of the rootstock influence on the parameter. Statistically reliable differences between rootstocks were obtained in the 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> years when the highest yield was obtained from trees on rootstock Pure 1. Nevertheless the yield was too low (0.2 – 1.0 kg per tree) and a general conclusion about the influence of the rootstock on the yield can not be made.

The influence of the rootstocks on the fruit quality was evaluated by an analysis of the average fruit weight. For several years the highest fruit weight was observed for fruits harvested from trees grafted on B.9, but statistically provable differences were found only in the 3<sup>rd</sup> year after planting (Fig 8) when the fruit weight from the trees on B.9 exceeded the fruit weight from the trees on Pure 1 for 13 g. During the following years the fruit weight difference did not exceed 6 g and was not statistically significant. In total it was observed that in 5 years of the 7 the fruit weight was higher from trees on B.9 and in 2 years for fruits from trees on Pure 1.

It can be stated in general that the rootstocks have a similar influence on the average fruit weight. Nevertheless the tendency for the development of slightly smaller fruits on rootstock Pure 1 should be noted.

## CONCLUSIONS

1. The orchard type has a significant influence on the vegetative productivity of the tree. The increase of the planting density had a negative influence on the tree cross section area, but the trunk cross section area in multi-row plantings was found to be bigger than in one-row plantings. Crown parameters were mostly influenced by the orchard planting scheme (growing space) and crown pruning (bending and shortening of shoots). The planting density determined the light utilisation by the trees.
2. The chosen planting distances and crown types were mutually consistent to particular growing conditions. There can be some corrections performed in the planting with density of 1250 trees  $\text{ha}^{-1}$ , where the distance between the trees can be diminished, and in three-row planting the tree height can be increased up to 2.5 m.
3. Meteorological conditions have an influence on tree productivity. The hydrothermal coefficient in July had the most significant influence on the tree cross section area, but the annual increase of the vegetative growth for trees was mostly influenced by the hydrothermal coefficient of May – June. According to calculations, the desirable hydrothermal coefficient in June should be 1.7 – 2.0. Irrigation in 7 from 11 vegetation periods would ensure such a coefficient.
4. Generative productivity of the trees is influenced mostly by the orchard type. The number of inflorescences per tree was closely related with the crown volume. Dense planting and intensively pruned crown (French axis) promoted the periodicity of flowering. The orchard type had a significant influence on the potential yield from orchard area in a newly planted orchard, but this influence diminished with the age of the orchard. Fruit quality was slightly influenced by the orchard type.
5. The desirable crown volume was calculated for each orchard type to ensure the yield 20 – 25  $\text{t ha}^{-1}$ . In all orchard types trees reached the desirable crown volume too late, therefore the ensuring of tree vegetative productivity is essential in new orchards.
6. One-row planting with a density of 1667 trees  $\text{ha}^{-1}$  and Slender spindle crown type is the advisable orchard system for commercial production in particular conditions.

7. The influence of the rootstock Pure 1 on the vegetative productivity of trees was similar to B.9, with a tendency to have more restricted vegetative growth for trees on Pure 1. Analogue connections are stated for both rootstocks regarding the parameters of vegetative growth and meteorological conditions.
8. The tree survival rate for the trees of cv. `Spartan` on rootstock Pure 1 was better than on B.9. A similar survival rate for the trees of cv. `Belorusskoje Mažinovoje` was found for both rootstocks Pure 1 and B.9.
9. A similar influence on the generative productivity of the trees was found for both rootstocks Pure 1 and B.9. Both rootstocks had a similar influence on the number of inflorescences per tree, but a difference in the flowering intensity was found in some years.
10. Rootstock Pure 1 is recommended for commercial orchards in combination with cultivars producing large fruits.

## ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA APPROBATION OF SCIENTIFIC ACTIVITIES

**Zinātniskās publikācijas** par promocijas darba tēmu starptautiski citējamos, recenzētos izdevumos:/

**Scientific publications** related with the topic in the internationally cited, peer-reviewed journals:

1. Lepsis J., Bite A. (2000). The Evaluation of Apple Rootstock Pure 1 in the Orchard and Mothertree Plantation. **In:** *Proceedings of the International Conference Fruit Production and Fruit breedings.* Tartu, 15 – 19.
2. Lepsis J. (2004). The evaluation of apple clonal rootstock Pure 1 orchard with different crown types. **In:** First International Symposium on Rootstocks for deciduous fruit tree species. *Acta Horticulturae.* Vol. 658, p. 173 – 176.
3. Lepsis J., Blanke M. (2004). Forecast of Trunk Cross Section in the Intensive Apple Orchards as a Basis for Modelling of Fruit Yield. **In:** International Workshop on models for plant growth and control of product quality in horticultural production. *Acta Horticulturae.* Vol. 654, p. 205 – 212.
4. Bite A., Lepsis J.(2004). The results of extended duration testing of apple rootstocks in Latvia. **In:** First International Symposium on Rootstocks for deciduous fruit tree species. *Acta Horticulturae.* Vol. 658, p. 115 – 118.
5. Blanke M., Lepsis J. (2006). The Trunk Cross-Section Area as a Basis for Fruit Yield Modelling in Intensive Apple Orchards. **In:** Seventh International Symposium on Modelling in Fruit Research. *Acta Horticulturae.* Vol. 707, p. 231 – 235. (iekļauts SCOPUS datu bāzē)
6. Bite A., Lepsis J. (2007). Preliminary evaluation of new apple clonal rootstocks in Latvia. **In:** Eighth international symposium on canopy, rootstocks and environmental physiology in orchard systems. *Acta Horticulturae.* Vol. 732, p. 177 – 179. (iekļauts SCOPUS datu bāzē)
7. Kviklys D., Kviklienē N., Bite A. et al. (2012). Baltic fruit rootstock studies: evaluation of 12 apple rootstocks in North-East Europe. *Horticultural Science* (Prague), Vol. 39, No 1, p. 1 – 7. (iekļauts SCOPUS datu bāzē)

Citas zinātniskās publikācijas par promocijas darba tēmu:/ Other scientific publication related to the topic:

1. Lepsis J. (1999). Intensīvu ābeļdārzu modeļu novērtējums. **No:** *Zinātnes nākotne mūsu rokās*: Latvijas Lauksaimniecības universitātes doktorantu konferences referāti. Jelgava, LLU. 59. – 65. lpp.
2. Lepsis J. (1999). Development of apple tree in the different models of intensive orchard. **In:** *2<sup>nd</sup> international conference of PhD students*. Section proceedings Agriculture. University of Miskolc 8–14 August 1999. p. 35 – 40.
3. Lepsis J. (1999). Evaluation of apple rootstocks B9 and Pure 1 in a modern orchard in Latvia. **In:** *Apple rootstocks for intensive orchards*. Proceedings of the International Seminar Warsaw-Ursynow. Warszawa. p. 69 – 70.
4. Lepsis J. (1999). The influence of the crown type on the number of inflorescences of the new apple tree. **In:** *Youth seeks progress '99*, 11 November 1999 Lithuanian University of Agriculture. Paper collection of scientific conference of Ph.D. students. Kaunas. p. 32 – 34.
5. Лепсис Я. (1999). Первые результаты изучения высокоплотных садов в Латвии. **В кн.:** *Слаборослое садоводство*. Международная научно-практическая конференция 23-24 июня 1999 года Мичуринский ГАУ. Сборник докладов, часть 1. Мичуринск. 76. – 77.с.
6. Lepsis J. (2000). Vainaga tipa ietekme intensīva ābeļdārza pirmajos gados. *Agronomijas Vēstis*, Nr.2, Jelgava, 125. – 127. lpp.
7. Лепсис Я., Бите А. (2000). Оценка типов высокоплотных садов яблони в Латвии. **В кн.:** *Плодоводство на рубеже 21 века*. Материалы международной научной конференции. Минск, 119. – 120. с.
8. Lepsis J. (2001). Growing systems evaluation in the intensive apple orchard. **In:** *9<sup>th</sup> International Conference of Horticulture*. Proceedings. Lednice, p. 106 – 110.
9. Lepsis, J., Blanke, M. (2001). Light utilisation and Trunk cross section as a parameter to relate vegetative and reproductive growth of apple. *Erwerbsobstbau*, Vol. 43, No. 5, p. 142 – 150.
10. Лепсис Я. (2001). Прогнозирование роста и урожая яблони при различных схемах посадки интенсивного сада. **В кн.:** *Интенсивное садоводство*. Материалы международной научно-практической конференции. Мичуринск, с. 51 – 53.
11. Lepsis J. (2002). Koku veģētātīvā auguma prognoze intensīvā ābeļdārzā. *Agronomijas Vēstis*, Nr 4. Jelgava, LLU, 93. – 96. lpp.

12. Lepsis J. (2006). Evaluation of apple rootstock Pure 1. *Latvian Journal of Agronomy*. No 9. Jelgava, LLU. p. 75 – 79.
13. Lepsis J. (2007). Evaluation of apple rootstock Pure 1. In: *Trends and Perspectives in Agriculture*. NJF 23<sup>rd</sup> Congress, Copenhagen. p. 416 – 417.

#### **Mutiskie referāti konferencēs / Oral presentation in the conferences:**

1. Lepsis J. (1999). Intensīvu ābeļdārzu modeļu novērtējums. Latvijas Lauksaimniecības universitātes doktorantu konferences „Zinātnes nākotne mūsu rokās”. Jelgava, 1999. gada 22. – 24. maijā.
2. Lepsis J. (1999). Development of apple tree in the different models of intensive orchard. 2<sup>nd</sup> international conference of PhD students. Agriculture. Miskolc, Hungary 8 – 14 August 1999.
3. Lepsis J. (1999). The influence of the crown type on the number of inflorescences of the new apple tree. Paper collection of scientific conference of Ph.D. students „Youth seeks progress '99”. Lithuanian University of Agriculture, Kaunas, Lithuania. 11 November 1999.
4. Lepsis J. (2001). Growing systems evaluation in the intensive apple orchard. 9<sup>th</sup> International Conference of Horticulture. Lednice, Czech Republic. 4 – 7 September 2001.
5. Lepsis J. (2002). Koku veģetatīvā auguma prognoze intensīvā ābeļdārzā. LLU starptautiskā zinātniskā conference. Jelgava, 2002. gada 7. – 8. februāri.
6. Lepsis J. (2005). Evaluation of apple rootstock Pure 1. International scientific conference “Propagation and nurseries of fruit trees and soft fruits– from theory to practice. Pūre. 27 – 30 June 2005.
7. Lepsis J. (2007). Evaluation of apple rootstock Pure 1. Trends and Perspectives in Agriculture. NJF 23<sup>rd</sup> Congress, Copenhagen Denmark. 26 – 29 June 2007.

#### **Stenda referāti konferencēs / Poster presentations in the conferences:**

1. Lepsis J., Bite A. (1997). Potcelma Pure 1 novērtējums ābeļdārza stādīšanas gadā. LLU zinātniskā konference, Jelgava. 1997. gada 13. – 14. februāris.
2. Lepsis J. (1998). The influence of growing systems on development of apple trees. 1<sup>st</sup> international meeting of young scientists in horticulture. Lednice, Czech Republic. 8 – 10 September 1998.
3. Лепсис Я. (1999). Первые результаты изучения высокоплотных садов в Латвии. Международная научно-практическая конференция „Слаборослое садоводство”. Мичуринск, Россия. 23 – 24 июня 1999 года.

4. Lepsis J. (1999). Evaluation of apple rootstocks B9 and Pure 1 in a modern orchard in Latvia. International seminar „Apple rootstocks for intensive orchards”. Warszawa, Poland. 18 – 21 August 1999.
5. Lepsis J. (2000). Vainaga tipa ietekme intensīva ābeļdārza pirmajos gados. LLU zinātniskā konference, Jelgava, 2000. gada 10. un 11. februārī.
6. Lepsis J., Bite A. (2000). The Evaluation of Apple Rootstock Pure 1 in the Orchard and Mothertree Plantation. International Conference “Fruit Production and Fruit breedings”. Polli, Estonia 12 – 13 September, 2000.
7. Lepsis J. (2002). The evaluation of apple clonal rootstock Pure 1 orchard with different crown types. First International Symposium on Rootstocks for deciduous fruit tree species. Zaragoza, Spain. 11 – 14 June 2002.
8. Lepsis J., Blanke M. (2003). Forecast of Trunk Cross Section in the Intensive Apple Orchards as a Basis for Modelling of Fruit Yield. International Workshop on models for plant growth and control of product quality in horticultural production. Potsdam, Germany. 25 – 28 August 2003.
9. Bite A., Lepsis J. (2004). Preliminary evaluation of new apple clonal rootstocks in Latvia. Eighth international symposium on canopy, rootstocks and environmental physiology in orchard systems. Budapest, Hungary. 13 – 18 June 2004.
10. Blanke M., Lepsis J. (2004). The Trunk Cross-Section Area as a Basis for Fruit Yield Modelling in Intensive Apple Orchards. Seventh International Symposium on Modelling in Fruit Research. Copenhagen, Denmark. 20 – 24 June 2004.
11. Lepsis J. (2011). The apple rootstocks influence on tree growth and survival. Internationa Scientific Conference "Climate Change: Agro- and Forest Systems Sustainability" Babtai, Lithuania. 21 – 22 June 2011.
12. Lepsis J., Alsiņa I. (2012). Influence of meteorological conditions on the vegetative growth of apple trees. Stara Lesna, Slovakia. 24-28 September 2012.